

POLITECNICO DI TORINO

A.A. 2018/2019



Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città

Dipartimento di Architettura e Design

Tesi di Laurea Magistrale

Riqualificazione tecnologica, energetica ed ambientale di un edificio
scolastico: il caso della Scuola Secondaria di Primo Grado "Martiri della
Libertà" a Brandizzo

Relatore:

Prof. Valentino Manni

Correlatori:

Prof.ssa Silvia Gron

Arch. Maria Cristina Azzolino

Candidato:

Federico Giuseppin

“Ma poi, è proprio obbligatorio essere qualcuno?”

Ugo Tognazzi in *“Amici miei”*,
Mario Monicelli, Italia, 1975

INDICE

Introduzione	6
1. Il tema della riqualificazione	8
1.1 Il patrimonio edilizio esistente	10
2. Il patrimonio edilizio scolastico italiano	14
2.1 Il dossier di Legambiente, 2018	16
2.2 Dati di interesse	21
3. Il tema della sostenibilità	27
3.1 La crisi energetica	28
3.2 L'attenzione verso l'ecosistema ambientale	32
3.3 Tre stati emblematici in esempi sostenibili	36
3.4 Progetti italiani su scuola e sostenibilità	41
4. Incentivi e finanziamenti per interventi di riqualificazione	43
4.1 Livello europeo	45
4.2 Livello nazionale	47
4.2.1 PON	47
4.2.2 Mutui BEI	49
4.2.3 Decreto legge 28 settembre 2018	50
4.2.4 Legge di Bilancio 2019	50
4.2.5 Fondo nazionale per l'efficienza energetica	53
4.2.6 Conto termico 2019 GSE	53
5. Quadro normativo di riferimento e buone norme in ambito scolastico	54
5.1 Buone norme per la collocazione e servizi annessi	55
5.2 Indicazioni dimensionali	57
5.3 Comfort luminoso	61
5.4 Comfort acustico	65
5.5 Qualità dell'aria	67
5.6 Risparmio energetico	69
6. Strategia per la progettazione	73
6.1 La vegetazione	74
6.2 Schermature solari	78
7. Caso studio: istituto "Martiri della Libertà"	81
7.1 Andamento demografico del Comune di Brandizzo	81
7.2 Inquadramento territoriale	87
7.3 Analisi SWOT	90
7.4 Il questionario ai cittadini	93

7.4.1	Risultati del questionario	94
7.4.2	Considerazioni sui risultati ottenuti	99
7.5	La scuola: descrizione architettonica	100
7.6	Documentazione fotografica	108
8.	Analisi dello stato di fatto	115
8.1	Definizione delle zone termiche	115
8.2	Aggetti ed ostruzioni esterne	117
8.3	Abaco delle chiusure opache	118
8.4	Abaco dei serramenti	125
8.5	Abaco dei ponti termici	134
9.	Analisi energetica dello stato di fatto	137
9.1	Descrizione del sistema impiantistico	137
9.1.1	Sottosistema di emissione	138
9.1.2	Sottosistema di regolazione	139
9.1.3	Sottosistema di distribuzione	140
9.1.4	Sottosistema di generazione	141
9.2	Impianto di illuminazione e movimentazione meccanica	144
9.3	Simulazione del modello energetico	145
9.4	Consumi energetici ed indicatori	147
10.	Progetto	153
10.1	Obiettivi progettuali	155
10.2	Il quadro esigenziale	157
10.2.1	Quadro esigenziale interno, studente	157
10.2.2	Quadro esigenziale esterno, cittadino	159
10.3	L'idea progettuale	160
10.4	Accessibilità e collegamenti esterni	162
10.5	L'involucro edilizio	163
10.6	Il progetto degli interni	165
10.6.1	Modifiche delle aperture su corridoi comuni	165
10.6.2	Recupero volumetrico	166
10.6.3	Ambienti di servizio e integrazione asse	166
10.6.4	Spogliatoi e spazio palestra	167
10.6.5	Biblioteca	167
10.7	Sistemi per il raffrescamento passivo	168
10.8	Strutturazione del giardino	169
10.8.1	Area libera	171
10.8.2	Area sportiva	171

10.8.3	Giardino per la fitodepurazione e aule all'aperto	171
10.8.4	Verde naturale	172
10.9	Integrazione delle fonti rinnovabili	173
10.9.1	Solare termico	173
10.9.2	Solare fotovoltaico	174
10.10	Illuminazione su ambienti tipo	175
10.10.1	Aula tipo	176
10.10.2	Biblioteca	178
10.11	Interventi migliorativi	180
10.11.1	Cappotto termico	180
10.11.2	Sostituzione dei serramenti	182
10.11.3	Sistema ombreggiante a frangisole	182
10.11.4	Sistema di fitodepurazione e di recupero delle acque	183
10.12	Analisi energetica del progetto	184
10.12.1	Requisiti richiesti da normativa	184
10.12.2	Verifica dei requisiti richiesti da normativa	191
10.13	Confronto stato di fatto e progetto	194
10.14	Fattibilità dell'intervento di riqualificazione	198
Conclusioni e ringraziamenti		202
Allegati		206
A.	Essenze arboree selezionate	206
B.	Schede chiusure opache post intervento	207
C.	Schede chiusure trasparenti post intervento	226
D.	Elaborazione dei ponti termici corretti	229
E.	Elaborati grafici (formato A3)	230
Bibliografia		240
Sitografia		241

Introduzione

La riqualificazione dell'istituto scolastico "Martiri della Libertà" interessa il Comune di Brandizzo e i suoi cittadini da diversi anni; il lavoro della tesi viene sviluppato come risposta a tale esigenza trasformando la scuola secondaria in un nuovo luogo di aggregazione a servizio della comunità. Esigenza constatata in seguito ad un processo di analisi effettuato a scala urbana, che, insieme alle necessità dell'Amministrazione Comunale, ha determinato la creazione di una precisa soluzione progettuale; realizzare una scuola che sia in grado, da un lato, di accogliere gli studenti in ambienti consoni allo svolgimento dell'attività didattica e offrire dall'altro la possibilità di accogliere un nuovo bacino di utenza introducendo funzioni di carattere pubblico. Ciò permetterebbe una maggiore fruizione del manufatto edilizio nel suo complesso ed una rigenerazione dell'intero quartiere.

A sostegno della scelta dell'oggetto della tesi, riguardante l'intervento su di un edificio pubblico, è stato opportuno effettuare un'analisi a livello nazionale evidenziando la consistenza e lo stato di manutenzione delle scuole; le strutture pubbliche scolastiche risultano ad oggi avere necessità di interventi in ambito energetico e tecnologico. Questi infatti, sono gli ambiti sui quali si è intervenuto all'interno progetto. Lo stato dell'arte analizzato ha inoltre dimostrato come il caso studio selezionato possa essere una rappresentanza delle scuole pubbliche italiane.

La scuola risulta essere il luogo adatto in cui introdurre temi volti alla salvaguardia ambientale, al fine di sensibilizzare gli studenti. Questa può essere inoltre un'occasione per l'accrescimento del senso civico.

Durante le fasi della stesura della tesi ci si è interfacciati con tre figure: è risultato fondamentale il ruolo dei docenti del Politecnico di Torino come guida nelle scelte apportate; in secondo luogo, la mansione del personale tecnico del Comune di Brandizzo, che ha permesso di fornire informazioni di natura

tecnica ed esigenziale, utili a capire quale fosse la strada da seguire per una corretta progettazione; infine ci si è relazionati con i reali futuri fruitori della struttura scolastica. Mediante l'ausilio di un questionario somministrato ai cittadini, si è cercato di comprendere quale potesse essere il loro interesse verso la struttura. Nell'ottica di un intervento di riqualificazione i nuovi utenti hanno considerato la scuola come un ambiente multifunzionale.

Occorre specificare che per la stesura della tesi e per la proposta progettuale è stata consultata la normativa tecnica vigente in ambito scolastico, con particolare riguardo nei confronti degli aspetti legati al risparmio energetico, considerati elementi essenziali per l'ottenimento di una maggiore sostenibilità del patrimonio costruito.

Per rispondere a tutti gli aspetti progettuali, sono stati determinati gli ipotetici costi di massima da affrontare per realizzare l'intervento, andando a chiarificare quelli che potrebbero essere gli incentivi fiscali e le diverse agevolazioni economiche a livello nazionale ed europeo.

1. Il tema della riqualificazione

Il patrimonio edilizio italiano è uno dei temi ricorrenti e di fondamentale importanza negli ambiti progettuali degli ultimi decenni. Si tratta soprattutto di progetti volti alla riqualificazione dei manufatti edilizi, sia in termini qualitativo architettonico che in termini di rigenerazione legata ad un ambito più vasto, come quello urbano. Spesso infatti i progetti vengono attuati in caso di ampi interventi urbanistici, i quali interessano interi quartieri. Generalmente si trattano di progetti pubblici o privati, supportati da ingenti somme di denaro.

“Oggi, in un periodo di profonda crisi economica, è senza dubbio preferibile prevedere operazioni di ammodernamento del patrimonio edilizio esistente, siano esse di piccolo e media scala, piuttosto che ipotizzare grandi piani edilizi di nuova concezione”¹.

La riqualificazione del patrimonio esistente è un tema che negli anni si sta sempre più sviluppando, soprattutto nei casi in cui vi sia la possibilità di attuare progetti di ampia entità. Questa strategia risulta essere positiva, non solo per quanto riguarda la materia economica, ambientale e architettonica, ma anche per quanto riguarda quella umanistica; in termini di rapporti sociali la riqualificazione di edifici esistenti all'interno di un tessuto urbano da anni consolidato, dà modo ai cittadini di non perdere quei capi saldi sui quali la loro memoria si poggia e sui quali spesso fanno affidamento tramite semplici accostamenti visivi.

Questo tipo di intervento non ha unicamente la capacità di conservare un elemento della città, ma offre altresì la possibilità di accrescere il valore degli edifici ai quali si applica; i cittadini hanno la possibilità di mantenere il legame consolidato nel tempo e soprattutto di crearne uno nuovo, dato dal modo rinnovato di gestire l'edificio.

Con la corretta progettazione gli architetti sono in grado di mantenere e mettere in risalto l'edificio esistente dando modo agli aspetti culturali che ricoprono, di emergere ed essere

¹ Annarita Ferrante, A. A. A. *adeguamento, adattabilità, architettura. Teorie e metodi per la riqualificazione architettonica, energetica ed ambientale del patrimonio edilizio esistente*, Milano, Bruno Mondadori, 2012, p. 3.

ricordati non solo dai più anziani, ma da tutti coloro i quali gravitano intorno all'opera.

Operando in questa direzione, è possibile recuperare spazi già esistenti e di conseguenza consolidati, senza quindi il bisogno di creare nuove aree antropizzate, intaccando sempre meno il mondo naturale.

Questo comporta il continuo utilizzo nel tempo dell'architettura e soprattutto il suo mantenimento, permettendole così di esistere senza subire l'azione del deterioramento o, peggio ancora, dell'abbandono.

1.1 Il patrimonio edilizio esistente

Risulta importante chiarire quale sia la situazione attuale delle scuole italiane e delle loro condizioni di adeguatezza e mantenimento. Di seguito vengono riportati i principali dati reperiti da Istituti nazionali di ricerca. Grazie ad essi, si vuole evidenziare l'attuale stato dell'arte dell'edilizia italiana e di come sia legata ad elevati livelli di consumi energetici.

In particolare, in Italia, i dati riguardanti la consistenza del parco edilizio sono emblematici: circa il 15% dei manufatti è risalente agli anni precedenti al primo conflitto mondiale, mentre il 65% circa risulta essere anteriore rispetto all'entrata in vigore della prima legge riguardante il tema del risparmio energetico, nel 1976².

L'ultimo censimento del 2011 fornito dall'ISTAT³, che riporta la consistenza numerica degli edifici, la loro tipologia e la loro funzione, registra una popolazione di edifici che ammonta a 14.515.795 manufatti edilizi. Il dato dimostra come l'edilizia in Italia sia cresciuta rispetto all'ultimo censimento fornito, quello del 2001, con una crescita percentuale pari a 13,1%, pari a circa 1 milione e mezzo di edifici realizzati nell'arco di dieci anni: si tratta di un dato che si rivela di grande importanza se si considera il consumo di suolo che ne deriva. Ad oggi, seguendo questo trend, gli edifici realizzati a partire dal 2001 ammonterebbero a più di 2 milioni e mezzo⁴.

Gli edifici residenziali risultano essere la tipologia edilizia più diffusa sul territorio italiano: si contano infatti ad oggi circa 31 milioni di abitazioni⁵.

Gli edifici non residenziali, vengono suddivisi per funzioni: il settore commerciale grava su di un terzo del totale, mentre la restante parte si suddivide poi in ospedali e attività sanitarie, come case di cura, uffici e scuole. La tipologia edilizia scolastica,

² Dati ISTAT, fonte: www.portale4e.it

³ Istituto Nazionale di Statistica, un ente di ricerca pubblico italiano che esegue censimenti sulla popolazione, sull'industria, sui servizi e sull'agricoltura, indagini campionarie sulle famiglie, economiche e sul patrimonio edilizio.

⁴ Dati ISTAT, fonte: www.istat.it

⁵ Dati ISTAT, fonte: www.portale4e.it

⁶ Dati ISTAT, fonte: www.portale4e.it

ricopre una buona parte degli edifici non residenziali, pari a circa il 15% del totale⁶.

In particolare gli edifici a servizio presenti sul territorio nazionale risultano essere 178.356 manufatti e 14.971 complessi di edifici⁷, dei quali 57.831 risultano essere strutture scolastiche pubbliche, suddivise in:

- **22.797** Scuole dell'Infanzia.
- **17.369** Scuole Primarie.
- **8.797** Scuola Secondarie di primo grado.
- **8.868** Scuole Secondario di secondo grado, suddivise in licei, istituti tecnici e istituti professionali⁸.

Di esse, **44.896** risultano essere statali.

È chiaro come il patrimonio edilizio italiano sia ampio e ben consolidato. In particolare, buona parte di esso, è stato costruito in anni in cui non vi era alcuna attenzione verso il risparmio energetico.

“All'interno del patrimonio edilizio esistente, che rappresenta più del 40% del consumo globale di energia negli stati membri dell'Unione Europea (EU), il settore residenziale costituisce il 63% del consumo totale di energia nel settore delle costruzioni”⁹.

L'Italia si allinea perfettamente al contesto europeo ed infatti il quadro dei consumi restituisce una situazione che va ad attestare la maggior parte di essi all'edilizia residenziale privata, utilizzando nella maggior parte dei casi del gas naturale come fonte energetica: l'odierna ricerca di comfort negli ambienti abitativi e le installazioni di nuovi impianti di climatizzazione estiva, portano ad un accrescimento sempre maggiore di utilizzazione delle risorse energetiche.

I consumi degli edifici non residenziali si attestano a circa i due terzi di quelli residenziali, con un'importante frenata durante il periodo di crisi economica del 2008 che ha portato ad un

⁷ Dati ISTAT, fonte: dati-censimentopopolazione.istat.it

⁸ Fonte: quifinanza.it

⁹ Annarita Ferrante, A. A. A. *adeguamento, adattabilità, architettura. Teorie e metodi per la riqualificazione architettonica, energetica ed ambientale del patrimonio edilizio esistente*, Milano, Bruno Mondadori, 2012, p. 4.

generale ripensamento della gestione degli impianti di climatizzazione nell'ottica del risparmio energetico.

Il tema della riduzione e del miglioramento delle caratteristiche energetiche degli edifici risulta essere di estrema importanza; in questo campo l'ENEA¹⁰ ha svolto un'analisi sul possibile risparmio energetico che si potrebbe ottenere attuando le normative vigenti entro il 2020, tramite interventi di efficientamento energetico sull'edilizia residenziale e non residenziale. A fronte di un consumo energetico annuo medio pari a circa **299.215 GWh/anno** sul territorio nazionale, si potrebbe ottenere un risparmio energetico per le due tipologie edilizie, che si attesta su valori pari a **48.888 GWh/anno** di energia primaria per il residenziale e **17.229 GWh/anno** di energia primaria per quanto riguarda il comparto non residenziale. Tali valori vengono calcolati tenendo conto degli standard prestazionali vigenti e della fattibilità economica dei possibili interventi in termini di costi/benefici. Si parlerebbe quindi di un risparmio energetico pari a circa il **22%** del fabbisogno nazionale¹¹.

L'efficientamento energetico ed il potenziale che ne deriva è molto ampio, spesso raggiungibile tramite interventi caratterizzati da tempi di ritorni economici relativamente brevi; nelle piccole realtà, quali ad esempio piccoli edifici residenziali, la sostituzione di serramenti o la realizzazione di cappotti termici, determinerebbe un tempo di ritorno dai 15 ai 25 anni, che rapportati alla vita utile dell'edificio ne rappresentano una minima parte.

Ad avvalorare questa tesi, oggi, sono presenti le numerose ed ormai economiche soluzioni tecnologiche, che permettono di attuare gli interventi investendo quantità monetarie spesso soggette ad ulteriori ribassi grazie ad incentivi fiscali.

La situazione attuale nella quale ci troviamo ci consente, grazie a strumenti normativi e tecnologie consolidate, di affrontare il tema energetico con un supporto solido e strutturato. Progettisti e liberi cittadini ricoprono un ruolo fondamentale,

¹⁰ Ente pubblico di ricerca italiano che opera nei settori dell'energia, dell'ambiente e delle nuove tecnologie a supporto delle politiche di competitività e di sviluppo sostenibile.

¹¹ Dati: ENEA, fonte: RAEE Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2016.

quello di investire sul patrimonio edilizio, valorizzarlo e mantenerlo nel tempo garantendone prestazioni adeguate per la diminuzione delle emissioni inquinanti. Occorre affrontare la questione non come una spesa monetaria, ma come un investimento per il futuro, un atteggiamento che non risulta essere ancora così diffuso nella odierna società.

L'interesse per l'edilizia pubblica ed in particolare per quella scolastica deriva da fattori esterni, quali l'importanza che essa ricopre all'interno del tessuto sociale delle nostre città e dalla situazione nella quale essa si trova, in termini di qualità del costruito, qualità energetica e sicurezza. È ormai opinione comune quella del vedere la struttura "scuola" come un organo essenziale all'interno della società. Gli architetti, soprattutto i giovani architetti, recentemente formati e sensibili al tema della sostenibilità, devono concentrare le loro forze, le loro idee, le loro attenzioni e soprattutto il loro interesse verso il patrimonio esistente: si tratta del patrimonio sul quale la nostra società si fonda. Ad esso ci si affida per far crescere e formare le future generazioni.

L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di avere una scuola che garantisca benessere e sicurezza ai suoi occupanti. Allo stesso tempo essa deve rappresentare un luogo di incontro e di ritrovo, in cui la collettività possa rifondare i propri principi e dove si possano riscoprire le relazioni interpersonali tra i diversi livelli sociali e tra le diverse generazioni.

“L'obiettivo è promuovere la diffusione di una maggiore sensibilità ambientale tra i fruitori delle strutture. Per perseguire efficacemente strategie di approccio sostenibile negli edifici scolastici, soggetti a intera fruizione collettiva, è necessario valutarne le problematiche in relazione alle strategie di inserimento nel contesto urbano”¹².

Tale diffusione deve poter essere anche esempio virtuoso, oggetto di studio per future progettazioni nell'ottica di una generale riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico nazionale.

¹² Ernesto Antonini, Andrea Boeri, *Progettare Scuole Sostenibili*, Monfalcone (GO), EdicomEdizioni, 2011, p. 14.

2. Il patrimonio edilizio scolastico italiano

In Italia, buona parte dell'edilizia pubblica e dell'edilizia scolastica viene realizzata negli anni successivi agli eventi della seconda guerra mondiale, il periodo del "boom economico" nei decenni del 1950 e del 1960. La Nazione trovandosi in una situazione di ricostruzione generale a seguito dell'andamento disastroso del conflitto, ha la necessità di realizzare in breve tempo molte delle strutture necessarie al proseguimento delle attività sociali basilari, quelle educative, ospedaliere o le infrastrutture per la viabilità.

L'assenza di studi in materia energetica unita alla necessità di avere a disposizione edifici funzionali in tempi brevi, ha determinato una qualità del costruito non così eccelsa per quanto riguarda la materia del risparmio energetico. Ciò che si trova dinnanzi a noi oggi è una serie di manufatti molto simili tra loro, caratterizzati da una comune tecnologia costruttiva, ovvero quella del calcestruzzo per gli elementi strutturali abbinata a chiusure in laterizio forato. La soluzione, che da un lato ha permesso la prontezza nella risposta all'urgenza, dall'altro ha fatto sì che i manufatti architettonici venissero replicati su tutto il territorio: il risultato è stato un patrimonio omogeneo e poco caratterizzato a seconda della localizzazione, soprattutto nelle periferie delle grandi città. Le prestazioni energetiche di queste tecnologie costruttive risultano essere ora obsolete, si parla infatti di trasmittanze termiche assumibili a valori intorno ai $1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ per quanto riguarda le pareti delimitanti gli ambienti riscaldati, contro i valori attualmente imposti dai limiti di legge, non superiori ai $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ¹³. Risulta quindi facilmente intuibile quale possa essere l'entità della gravità della situazione in termini di energetici.

Ai fini degli studi e della proposta di tesi, risulta essere importante avere dati e informazioni oggettive riguardanti la complessa tematica del mondo "scuola", che abbinati alle

¹³ Valore limite di trasmittanza per le partizioni verticali degli edifici di nuova costruzione e per gli interventi di ristrutturazione e riqualificazione, fonte: Decreto Ministeriale 26/6/2015, "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", 26 giugno 2015.

conoscenze architettoniche del patrimonio edilizio, possano essere la base di un corretto progetto di riqualificazione.

A tale fine si è fatto riferimento alle informazioni fornite da Legambiente. Si tratta di un'associazione ambientalista italiana nata dai primi pensieri vicini al tema ecologista e a quello antinucleare. L'associazione nasce nel 1980 nell'ambito "dell'ARCI"¹⁴.

I dati analizzati da Legambiente vengono organizzati e riassunti in una serie di tabelle che vengono fornite in allegato ad un dossier aggiornato con cadenza annuale, descrittivo con chiarezza, analiticamente ed oggettivamente, la situazione attuale delle strutture scolastiche italiane sotto ogni punto di vista. Gli ambiti di analisi sono quelli della salute, della sicurezza e del benessere degli occupanti.

I dati analizzati restituiscono i principali campi di intervento all'interno della proposta di tesi, che avvalendosi di queste ricerche mira a fornire una valida soluzione progettuale, calata all'interno del mondo reale.

¹⁴ Associazione culturale e di promozione sociale, nata a Firenze nel 1957 come organizzazione per la difesa e lo sviluppo di case del popolo e circoli ricreativi.

2.1 Il dossier di Legambiente, 2018

Il dossier mostra i risultati ottenuti dall'analisi di 5.725 scuole, su un totale di 40.000 strutture scolastiche pubbliche.

Il rapporto annuale Ecosistema Scuola presentato a Napoli nell'ottobre 2018 descrive una differenza di qualità scolastica non solo in termini di sicurezza, ma anche in termini di sostenibilità ambientale, che varia molto dalle regioni del nord Italia rispetto a quelle del sud e delle isole; i dati riportati mettono in luce innanzitutto come l'attenzione alle tematiche che ruotano intorno al mondo scolastico non siano ancora affrontate nella stessa maniera e con la stessa rigidità nelle varie province del Paese. In secondo luogo, come nonostante i miglioramenti rispetto agli anni precedenti, si necessiti ancora di un avanzamento della qualità generale in termini di servizi offerti e di qualità architettonica, necessaria allo svolgimento dell'attività formativa.

A partire dal 2012 si registra una diminuzione del servizio di trasporto pubblico dedicato esclusivamente agli studenti, dal 30,0 al 23,0%: le scelte errate non riguardano solo la qualità intrinseca degli edifici, ma anche quella del contesto urbano a loro appartenente. In molti casi infatti si rende necessario l'utilizzo di veicoli privati per accompagnare i ragazzi alle scuole, a danno della sostenibilità ambientale e dell'economia familiare.

Le considerazioni che quindi si svilupperanno durante la stesura della tesi e la progettazione andranno al di là della mera riqualificazione architettonica dell'involucro edilizio, in quanto si cercherà di adottare soluzioni in grado di migliorare la qualità del servizio offerto, non solo per studenti e utenti scolastici, ma anche per il contesto abitativo limitrofo.

Proseguendo con l'analisi del dossier, relativo al tema della mobilità, si registra il calo delle infrastrutture di gestione

della mobilità autonoma e in sicurezza del percorso casa-scuola, quali pedi-bus o piste ciclabili.

La presenza di biblioteche scolastiche all'interno degli istituti si registra solo nel 37,0% dei casi. In tema architettonico, i dati mostrano un panorama di edifici dei quali quasi la metà edificata prima degli anni Settanta, ovvero prima dell'entrata in vigore delle importanti normative, come quella antisismica e quella del collaudo statico. Di queste, il 46,8% necessita di interventi di manutenzione ritenuti urgenti per la salvaguardia della sicurezza degli studenti.

L'innovazione tecnologica e ambientale degli edifici scolastici passa spesso attraverso scelte più ampie, come progetti di rigenerazione sociale, educativi e ambientali di un quartiere o di un territorio, come viene sottolineato nel dossier. I casi di scuole sostenibili restano quindi ancora isolati.

La maggioranza delle scuole, circa l'85,0%, risiede in classi energetiche basse, E, F e G, e solo poco più del 5,0% ricade nelle prime tre classi energetiche: si tratta di un dato estremamente migliorabile. La semplice installazione di impianti fotovoltaici o di pannelli solari termici rispetto ad altri interventi più invasivi, quali miglioramenti tecnologici a livello di involucro per la limitazione delle dispersioni, ha permesso un aumento rispetto al 2012 dell'utilizzo di fonti rinnovabili.

Il dossier mira a fornire una fotografia descrivendo, le condizioni di sicurezza e le caratteristiche strutturali rilevate dall'Anagrafe, il tasso di innovazione e gli indicatori di qualità sia degli edifici che dei servizi scolastici, utili a permettere di muoversi verso il futuro dell'edilizia scolastica. Il fine comune al quale si vuole arrivare è quello di porre nuovamente al centro del territorio e al centro delle nostre società, la scuola come agenzia educativa, come centro culturale e come modello di processi di sostenibilità e benessere.

Nel dossier viene stipulata una classifica che va a porre tra le prime posizioni le città meritorie che affrontano il tema “scuola” con la serietà e con la determinatezza che dovrebbe essere comune a tutti i Comuni italiani. In particolare ci si riferisce alle province di Bolzano e Trento che, grazie alle amministrazioni delle città, presentano edifici scolastici che possiedono tutte le certificazioni e che vengono sottoposti a continui monitoraggi. Si tratta di scuole a norma, ma anche e soprattutto sostenibili in quanto realizzate secondo i criteri della bioedilizia¹⁵.

Un dato importante sul quale in futuro si dovrà lavorare, è quello legato alla vulnerabilità sismica, che a livello nazionale ed in particolare nel sud della penisola colpisce più del 98,0% delle scuole. Si tratta di una situazione molto delicata se si pensa che la maggior parte di esse non presenta la verifica alla vulnerabilità sismica.

Dall’analisi di Legambiente ci si rende conto di come siano necessarie, da un lato un’organizzazione ed una programmazione a livello nazionale per poter orientare i finanziamenti verso obiettivi strutturali quali nuove scuole, progetti di riqualificazione mirati all’adeguamento sismico e all’efficientamento energetico; dall’altro lato, invece, si evidenzia quanto debba essere sostenuta la capacità di organizzare e programmare quelle amministrazioni che risultano essere carenti ed inefficienti nell’ambito dell’approccio verso le migliori, andando così a cercare di risolvere le problematiche alla radice.

Dai dati rilevati negli ultimi anni, su **2.787** interventi avviati sul territorio nazionale, comprendenti la realizzazione di nuove scuole, interventi di riqualificazione e adeguamenti in ambiti di sicurezza, solo meno della metà di essi risultano essere conclusi.

Con la chiusura di ItaliaSicura¹⁶, nel 2018, si interrompe anche il lavoro di riqualificazione dell’edilizia. Sono stati edificati oltre 300 nuovi edifici scolastici in tutto il Paese e le unità operative dell’edilizia scolastica hanno monitorato negli anni oltre 2.100 interventi in 15 regioni. Le competenze della struttura vengono riportate ai Ministeri di riferimento, quello dell’Istruzione

¹⁵ Si tratta della modalità di progettare, costruire e gestire un edificio in modo da essere in linea con i principi della sostenibilità ambientale, riducendo gli impatti negativi sull’ambiente tramite scelte consapevoli a partire dalla scelta dei materiali con cui realizzare i manufatti.

¹⁶ Struttura governativa creata nel 2014 per combattere il dissesto idrogeologico e favorire lo sviluppo delle infrastrutture basilari.

e quello dell'Ambiente, non avendo più all'attivo strutture specifiche dedicate per lo svolgimento di queste attività.

I dati forniti da ItaliaSicura¹⁷, riportati nella tabella e nel grafico seguente, ci aiutano a comprendere meglio l'entità di questa situazione.

¹⁷ Ivi.

Intervento di intervento	Interventi finanziati	Conclusi	Totale finanziamenti
Nuove costruzioni, demolizioni e ricostruzioni	588 (7,7%)	225 (38,3%)	€ 925.503.396,31 (19,2%)
Adeguamento sismico	425 (5,5%)	183 (43%)	€ 249.791.979,94 (5,2%)
Adeguamento sismico e efficientamento energetico	38 (0,5%)	13 (34,2%)	€ 16.823.054,56 (0,3%)
Miglioramento sismico	507 (6,6%)	250 (49,3)	€ 247.164.145,89 (5,1%)
Efficientamento energetico e rinnovabili	1.229 (16,0%)	709 (57,7%)	€ 379.860.721,75 (7,9%)
Totale	2.787 (36,4%)	1.380 (49,5%)	€ 1.819.143.289,45 (37,8%)

Tabella 2.1: interventi scolastici e finanziamenti, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

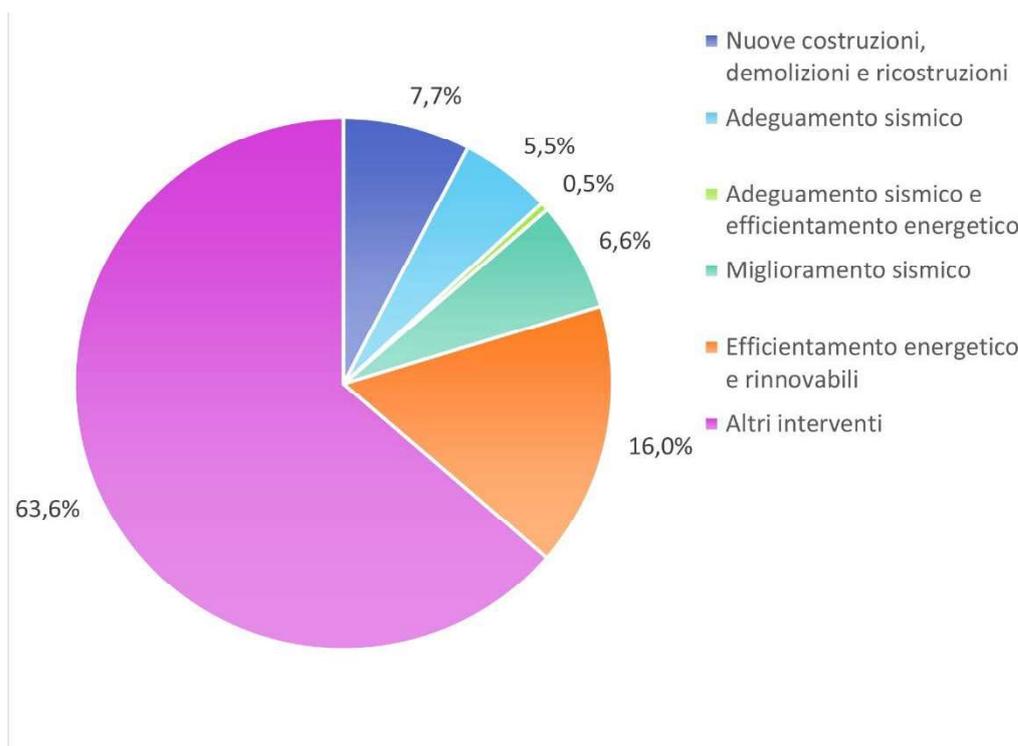


Grafico 2.1: interventi scolastici e finanziamenti, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Si discute ancora troppo poco grande investimento e del grande ritorno a livello “umano” che produrrebbero delle scuole efficienti e sostenibili, le quali porterebbero indubbiamente ad un accrescimento culturale dei ragazzi: si permetterebbe loro di vedere e soprattutto di vivere una struttura sostenibile.

In questi ultimi cinque anni gli edifici interessati da interventi di riqualificazione sono stati il 4,4%. Le scuole costruite secondo i criteri della bioedilizia non raggiungono, invece, ancora l'1,0%, nonostante le importanti esperienze come quella del Trentino-Alto Adige che con l'efficientamento energetico di tutti gli edifici scolastici, ha ridotto del 50,0% i consumi energetici.

2.2 Dati di interesse

Il dossier mette in evidenza la variazione subito nell'arco di cinque anni di ogni parametro: in questo modo si comprende come le amministrazioni agiscano in rispondenza alle esigenze di rinnovamento e consolidamento, consentendo di capire meglio e prevedere quali potrebbero essere le future tendenze.

La seguente tabella evidenzia in dettaglio la datazione delle scuole analizzate. Quasi la metà di esse risale agli anni che vanno dal 1941 al 1974.

ANNO DI REALIZZAZIONE EDIFICI SCOLASTICI	ANNO 2017*
Edifici realizzati prima del 1900	8,7%
Edifici realizzati tra il 1900 e il 1940	15,1%
Edifici realizzati tra il 1941 e il 1974	39,8%
Edifici realizzati tra il 1975 e il 1990	26,3%
Edifici realizzati tra il 1991 e il 2000	4,9%
Edifici realizzati tra il 2001 e il 2017	5,2%
* Anno di riferimento dati	

Tabella 2.2: anno di realizzazione edifici scolastici, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Il numero di certificazioni restituisce una realtà poco rassicurante; i dati infatti rimangono invariati rispetto a cinque anni fa. In particolare solo il 42,2% di edifici risulta essere dotato di certificazione per la prevenzione incendi, mentre quelli ad essere dotati di scale di sicurezza a servizio dell'edificio in caso di emergenza risultano essere il 54,2%. Il collaudo statico copre solo il 53,7% delle strutture scolastiche ed il certificato di agibilità il 60,4%, dato in diminuzione rispetto al 2012.

CERTIFICAZIONI	ANNO 2012*	ANNO 2017*
Certificato di collaudo statico	52,4%	53,7%
Certificato di agibilità	61,2%	60,4%
Certificato agibilità igienico - sanitaria	73,8%	71,9%
Certificato prevenzione incendi	35,9%	42,2%
Scale di sicurezza	54,5%	54,2%
Porte antipanico	90,2%	94,8%
Prove di evacuazione	94,4%	99,1%
Impianti elettrici a norma	83,4%	83,3%
* Anno di riferimento dati		

Tabella 2.3: certificazioni, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Spesso si hanno notizie di poca curanza dei manufatti, con conseguenti eventi ai danni degli occupanti: un esempio è quello del distacco di una porzione del soffitto di un'aula del liceo scientifico Darwin di Rivoli (novembre 2008), dovuto principalmente ad infiltrazioni di acqua; sempre nel capoluogo piemontese, il 23 gennaio dell'anno corrente (2019) si registra il crollo di parte del controsoffitto in un'aula del seminterrato dell'istituto alberghiero Colombatto.

I dati riportati descrivono che sul 20,0% delle strutture sottoposte ad accertamenti diagnostici dei solai, una su tre ha necessitato di interventi di messa in sicurezza: questo a dimostrazione del fatto di quanto sia necessaria l'attività di indagine e di continuo controllo del degrado delle strutture. Inoltre la necessità di interventi straordinari di manutenzione nell'arco di cinque anni è sensibilmente aumentata, arrivando a toccare quasi la metà degli edifici scolastici indagati.

MANUTENZIONE	ANNO 2012*	ANNO 2017*
Edifici in cui sono state effettuate indagini diagnostiche dei solai		20,7%
Edifici in cui sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza dei solai		7,7%
Edifici che necessitano di interventi urgenti di manutenzione	37,6%	46,8%
Edifici che hanno goduto di manutenzione straordinaria negli ultimi 5 anni	56,2%	49,7%
<i>* Anno di riferimento dati</i>		

Tabella 2.4: manutenzione, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Uno dei capisaldi dell'edilizia scolastica sulla quale si discute negli ultimi anni grazie soprattutto alle direttive emanate a livello europeo, è il risparmio e l'efficientamento energetico; più dell'85,0% degli edifici scolastici ricade nelle ultime tre classi energetiche. In particolare il 45,3% ricade in classe G, l'ultima classe energetica, dimostrando quanto gli edifici scolastici siano poco efficienti in termini energetici.

CLASSE ENERGETICA EDIFICI	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	CLASSE D	CLASSE E	CLASSE F	CLASSE G
	1,0%	1,0%	3,3%	10,2%	18,7%	20,4%	45,3%

Tabella 2.5: classe energetica edifici, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

L'impiego dell'illuminazione a basso consumo registra un rialzo di circa cinque punti percentuale, a dimostrazione del fatto che l'attenzione verso gli aspetti ambientali vada verso una maggiore sensibilizzazione, che però si sofferma su aspetti minori e meno invasivi. Positivo risulta essere il bilancio delle scuole che utilizzano le fonti di energia rinnovabili che varia dal 13,5% del 2012 al 18,5% del 2017. Gli impianti fotovoltaici sono quelli più comunemente usati grazie alla loro semplicità di installazione e agli incentivi fiscali emanati dalle istituzioni.

ENERGIE RINNOVABILI	ANNO 2012*	ANNO 2017*
Edifici in cui si utilizzano fonti di energia rinnovabile	13,5%	18,2%
Edifici con impianti solari termici**	24,9%	26,9%
Edifici con impianti solari fotovoltaici**	80,8%	79,0%
Edifici con impianti geotermia**	1,6%	1,6%
Edifici con impianti a biomassa**	0,4%	0,4%
Edifici con impianti a biogas**	0,0%	0,2%
Edifici che utilizzano il mix di fonti rinnovabili**	9,6%	12,2%
Edifici serviti da teleriscaldamento		8,2%
Copertura dei consumi da fonti rinnovabili**	35,6%	59,0%
* Anno di riferimento dati		

Tabella 2.6: energie rinnovabili, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

In linea generale i servizi offerti per la mobilità sostenibile degli studenti risulta essere in calo nonostante fossero già insufficienti nel periodo del 2012. In particolare, di rilevanza sono i dati degli edifici che usufruiscono del servizio di scuolabus, pari solo al 23,0%, un dato in diminuzione, e di edifici scolastici serviti dalla presenza di piste ciclabili, pari all'11,0%. Questo demarca un'attenzione ancora insufficiente da parte delle amministrazioni verso la mobilità pubblica pulita, che porterebbe vantaggi non solo in termini ambientali, ma anche economici.

SERVIZI MESSI A DISPOSIZIONE DELLE ISTITUZIONI SCOLASTICHE E PRATICHE ECOCOMPATIBILI	ANNO 2012*	ANNO 2017*	Nord	Centro	Sud	Isole
Edifici che usufruiscono di servizio scuolabus	30,0%	23,0%	22,1%	40,6%	13,7%	16,2%
Edifici che usufruiscono di servizio di linea scolastica		6,1%	4,0%	1,5%	11,7%	11,3%
Edifici che usufruiscono di servizio di pedibus	6,9%	5,3%	7,9%	4,0%	0,7%	1,4%
Edifici scolastici con aree di sosta per le auto	50,1%	51,9%	50,5%	72,2%	57,6%	62,1%
Edifici scolastici con attraversamenti pedonali	75,5%	50,6%	47,3%	65,4%	46,5%	98,1%
Edifici con semafori pedonali	6,0%	5,3%	6,1%	3,2%	7,2%	0,0%
Edifici con la presenza di nonni vigili	23,0%	11,3%	16,6%	14,1%	3,5%	0,0%
Edifici scolastici con piste ciclabili nell'area antistante	12,6%	11,0%	19,0%	4,9%	1,2%	1,5%
Edifici con transenne parapetonali	14,1%	8,0%	10,9%	7,9%	2,9%	7,3%

* Anno di riferimento dati

Tabella 2.7: servizi messi a disposizione delle istituzioni scolastiche e pratiche ecocompatibili, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Di seguito si riporta la tabella relativa ad altri servizi annessi alle strutture scolastiche. Si riscontra da un lato la positiva presenza nella maggior parte delle strutture di aree dedicate a giardini, e dall'altro la negativa assenza, nella metà dei casi, di palestre o attrezzature sportive, seguita dal dato ancor più negativo della presenza di biblioteche scolastiche nello scarso 37,0% dei casi.

ALTRI SERVIZI	ANNO 2012*	ANNO 2017*
Edifici con giardini o aree verdi	74,6%	73,5%
Edifici con palestre o strutture per lo sport	52,2%	53,8%
Edifici con biblioteche	35,4%	37,0%
Edifici all'interno di isole pedonali	0,8%	1,2%
Edifici in ZTL	4,5%	3,1%
Edifici posti all'interno di parchi urbani	2,2%	6,6%
Edifici posti in Zone 30	9,0%	8,5%
Edifici in strade scolastiche		4,2%

* Anno di riferimento dati

Tabella 2.8: altri servizi: fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

La ricerca dei dati relativi ai rischi ambientali *indoor* e *outdoor* risulta ancora poco completa in quanto le amministrazioni difficilmente sono attrezzate per fornire dati di questo genere. Il monitoraggio sul rischio amianto diminuisce rispetto ai dati del 2012, passando dall'86,1% all'82,7%, così come il monitoraggio sul rischio dovuto alla presenza di gas radon, che dal 34,8% del 2012 passa al 32,9% del 2017.

RISCHIO AMIANTO	ANNO 2012*	ANNO 2017*
Comuni che hanno effettuato monitoraggi sulla presenza di amianto	86,1%	82,7%
Casi certificati	10,5%	7,9%
Casi sospetti	2,2%	1,0%
Azioni di bonifica negli ultimi 2 anni	3,1%	2,5%
<i>* Anno di riferimento dati</i>		

Tabella 2.9: rischio amianto, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

RISCHIO RADON	ANNO 2012*	ANNO 2017*
Comuni che hanno effettuato monitoraggi sulla presenza di radon	34,8%	32,9%
Casi certificati	0,5%	1,6%
Casi sospetti	0,0%	0,3%
Azioni di bonifica negli ultimi 2 anni	0,2%	0,2%
<i>* Anno di riferimento dati</i>		

Tabella 2.10: rischio radon, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Scendendo ad una scala più raffinata di analisi, il Piemonte è caratterizzato da un patrimonio edilizio datato in termini di normativa antisismica, il 74,3% degli edifici esistenti risale a prima dell'entrata in vigore di tali leggi. Solo sul 3,3% è stata eseguita la verifica di vulnerabilità sismica e sul 13,6% sono state effettuate indagini diagnostiche dei solai, con conseguenti interventi in soli un caso su dieci casi nel corso del 2017.

Un dato interessante per la prospettiva futura ambientale è quella legata all'attività di differenziazione dei rifiuti che per ogni tipologia supera quasi il 90,0%.

Nel Piemonte il 44,8% delle scuole è stato realizzato tra il 1941 ed il 1974; sul un totale di 491 edifici scolastici in analisi, solo lo 0,4% risponde ai requisiti di costruzione con criteri di bioedilizia.

La percentuale di controlli sui solai, pari al 13,6% sul totale, risulta essere molto bassa considerando che la maggior parte delle strutture risale a prima del 1974, e quindi ha una vita utile superiore ai cinquant'anni.

Negli ultimi cinque anni le scuole sottoposte ad interventi di adeguamenti antisismici e/o efficientamento energetico sono pari all'1,4%. Gli edifici che necessitano di manutenzione urgente sono pari al 67,8%.

Particolarmente carente risulta essere il dato sugli interventi per l'eliminazione delle barriere architettoniche che si allinea intorno al solo 0,9% degli edifici, contro il dato nazionale, ben più alto, pari al 6,1%.

Nell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili il Piemonte risulta essere tra le ultime posizioni in termini di copertura di edifici scolastici che le utilizzano, infatti solo l'8,4% risulta avvalersi di fonti energetiche pulite.

Qui di seguito viene riportata la tabella relativa ai servizi messi a disposizione delle scuole a confronto con i dati nazionali.

SERVIZI MESSI A DISPOSIZIONE DELLE ISTITUZIONI SCOLASTICHE E PRATICHE ECOCOMPATIBILI	Reg.le	Naz.le
Edifici che dispongono di biblioteca	37,7%	37,0%
Edifici che usufruiscono di servizio scuolabus	49,6%	23,0%
Edifici che usufruiscono di servizio di linea scolastica	3,4%	6,1%
Edifici che usufruiscono di servizio di pedibus	3,0%	5,3%
Comuni che finanziano progetti educativi delle scuole	80,0%	72,9%
Comuni che finanziano progetti-iniziativa extrascolastiche per gli under 14	33,3%	49,2%
Edifici scolastici con aree di sosta per le auto	44,7%	51,9%
Edifici scolastici con attraversamenti pedonali	84,5%	50,6%
Edifici con semafori pedonali	2,9%	5,3%
Edifici con la presenza di nonni vigili	29,1%	11,3%
Edifici scolastici con piste ciclabili nell'area antistante	6,8%	11,0%
Edifici con transenne parapetonali	10,7%	8,0%
Edifici all'interno di isole pedonali	2,0%	1,2%
Edifici in ZTL	5,4%	3,1%
Edifici posti all'interno di parchi urbani	2,3%	6,6%
Edifici posti in Zone 30	5,4%	8,5%
Edifici in strade scolastiche	0,0%	4,2%

Tabella 2.11: servizi a disposizione delle istituzioni scolastiche e pratiche ecocompatibili, fonte: XIX Rapporto di Legambiente, 2018.

Rilevanti per le scelte progettuali risulteranno i dati riguardanti gli aspetti di servizi di mobilità per il raggiungimento in sicurezza delle strutture scolastiche e per le piste ciclabili.

Le conclusioni che si possono trarre da questa serie di dati fanno comprendere come vi sia la necessità incombente di agire su alcuni temi cardine. Il patrimonio edilizio scolastico è un obsoleto e alle tecnologie costruttive odierne non è attento al tema della salvaguardia ambientale. Le attività annesse agli edifici scolastici sono poche, ed essi vengono esclusivamente sfruttati come contenitori di attività didattiche.

3. Il tema della sostenibilità

Il tema della sostenibilità coinvolge diversi aspetti della vita e della realtà che ci circonda e corrisponde al principio fondamentale dal quale possa scaturire una qualsiasi azione responsabile nei riguardi della Terra. Le risorse non rinnovabili presenti nelle varie forme fisiche si stanno velocemente esaurendo. Il loro continuo utilizzo genera cambiamenti e alterazioni all'ecosistema, soprattutto a causa del surriscaldamento globale.

Uno dei campi nei quali si può agire concretamente per uno sviluppo sostenibile, è quello edilizio, responsabile di gran parte delle emissioni inquinanti: le costruzioni sono infatti permanenti nel tempo e influiscono senza dubbio sulla qualità ecologica dell'ambiente in cui esse vengono realizzate.

Il concetto di sostenibilità applicato in architettura corrisponde a costruzioni di qualità che garantiscano un uso limitato delle risorse energetiche impiegate nella loro gestione, un basso impatto ambientale nella loro realizzazione e nel loro ciclo di vita¹⁷.

“La situazione del patrimonio edilizio italiano, così come quello della maggior parte dei paesi europei, è caratterizzato dal fatto che molti edifici sono stati costruiti prima dell'entrata in vigore di misure normative restrittive rispetto alla riduzione del consumo energetico, alla gestione razionale delle risorse e all'efficienza degli impianti”¹⁸.

¹⁷ Ciò che rende un edificio ecosostenibile è un insieme di fattori e interventi, che vanno a coinvolgere processi sociali ed economici in funzione della salvaguardia dell'ambiente.

¹⁸ Annarita Ferrante, A. A. A. *adeguamento, adattabilità, architettura. Teorie e metodi per la riqualificazione architettonica, energetica ed ambientale del patrimonio edilizio esistente*, Milano, Bruno Mondadori, 2012, p. 4.

3.1 La crisi energetica

Il tema della sostenibilità diventa fondamentale all'interno del mondo dell'architettura a partire dagli anni Settanta. La crisi energetica ha segnato nel tempo un aumento dei costi dell'energia, soprattutto quella derivante dal petrolio. L'impatto ambientale che l'utilizzo di queste fonti energetiche ha portato è stato uno dei temi fondamentali sui quali si sono fondati molti dei dibattiti internazionali, portando ad interagire tra loro le più grandi potenze economiche al fine di contrastare e ridurre le sempre maggiori emissioni inquinanti prodotte.

Thomas Robert Malthus, economista britannico vissuto a cavallo tra il XVIII e XIX secolo, anticipa l'idea riguardante la scarsità delle risorse naturali. Egli sottolinea la limitatezza nell'uso delle risorse naturali che si può tradurre in un ostacolo alla crescita a fronte di un continuo aumento demografico. Afferma infatti che l'aumento di popolazione a fronte della stessa quantità di terre coltivabili e di risorse naturali, porterebbe ad un conseguente decadimento della produzione e ad una diminuzione del capitale, riducendo la crescita economica. La visione risulta essere ancora del tutto attuale e moderna¹⁹.

¹⁹ Fonte:
ecomuseo.comune.parabiago.mi.it

Nel corso degli anni si comprende sempre più di come lo sviluppo sostenibile possa essere l'unica forma di sviluppo in grado di garantire una crescita a lungo termine, cercando di limitare lo sfruttamento delle risorse naturali fino a poterne almeno garantirne la loro rigenerazione naturale. La parola "sviluppo" indica quindi il miglioramento della capacità di soddisfare le esigenze collettive in maniera "sostenibile". Va garantite alle generazioni future le nostre stesse possibilità di soddisfare i propri bisogni. Secondo questi principi, tutti dovranno avere la stessa possibilità di soddisfare le proprie necessità tramite un accesso e un utilizzo controllato delle risorse naturali. Lo sviluppo sostenibile ha aspetti multidisciplinari che non si soffermano solamente sul risparmio energetico, ma che vanno al di là delle caratteristiche tecniche: esso ricopre aspetti ambientali, economici e sociali.

“Dobbiamo quindi, in futuro, essere in grado di calcolare, con sempre maggiore precisione ed esattezza, l'impronta ecologica del nostro abitare partendo dalla sostenibilità”²⁰.

In particolar modo oggi giorno l'aumento esponenziale di popolazione diventa un rischio rilevante nei confronti dell'ambiente. Essa, a seguito delle trasformazioni esigenti degli utenti e di trasformazioni urbane delle grandi metropoli, richiede una sempre maggiore quantità di energia, pronta e trasformata per poter alimentare la nostra società.

“Dai 7.000 milioni di oggi, passeremo ai 9.300 milioni del 2050, un incremento di popolazione che già si avverte e sempre più si avverterà in ambito metropolitano”²¹.

Negli anni recenti il numero di incontri e summit è stato via via crescendo, permettendo di ottenere l'attuale livello di attenzione e riguardo verso l'ambiente. Tra questi emergono: la Conferenza di Stoccolma, nel 1972, avente come tema lo sviluppo compatibile con l'ambiente salvaguardando le risorse naturali. La Conferenza di Rio De Janeiro, nel 1992, dove si gettano le basi per avviare i programmi di rigenerazione della Terra emanando l'Agenda 21, l'ampio programma contenente le indicazioni per lo sviluppo sostenibile. La Conferenza di Kyoto, nel 1997, che elabora un Protocollo internazionale sulla riduzione delle emissioni di inquinanti.

Negli anni del XXI secolo l'attenzione verso la sostenibilità e soprattutto verso il controllo delle emissioni è cresciuta, fino ad arrivare con i quali si sono determinati obiettivi importanti in termine di riduzione di emissioni, come il Piano 20 2020²².



Figura 3.1: schematizzazione del Piano 20, 20, 20.

²⁰ Gian Luca Brunetti, Anna Delera, Ermanno Ronda, *Il risparmio energetico nell'edilizia residenziale pubblica. Politiche, progetti e strumenti*, Rimini, Maggioli Editore, 2011, p. 3.

²¹ Chin G., Marathe T., Robert L., *Doom or Vroom*, Science, 29 luglio 2011, p. 539.

²² Si tratta dell'insieme delle misure pensate dall'Unione Europea per poter continuare a contrastare la generazione di sostanze inquinanti. Il pacchetto valido dal 2013 al 2020 ha come obiettivo quello di ridurre le emissioni di gas serra del 20%, alzare la quota al 20% di energia prodotta da fonti rinnovabili e di portare al 20% il risparmio energetico complessivo, il tutto entro il limite ultimo del 2020.

L'evoluzione della tecnologia ai fini del risparmio energetico non ha avuto applicazione solo in ambito industriale o di trasporto. Il suo sviluppo è stato rilevante anche nel campo dell'architettura. Fino agli anni della crisi energetica, motivati dallo sviluppo economico impellente del dopo guerra e dalla crescita demografica, la tendenza che guidava la progettazione era quella di realizzare edifici in breve tempo e che permettessero di rispondere prontamente alle esigenze tramite l'impiego di impianti e macchinari altamente energivori. La caratteristica di molti manufatti edilizi era infatti quella di essere altamente performanti dal punto di vista tecnologico in risposta alle esigenze degli utenti, in grado quindi di poter controllare la loro condizioni termoigrometriche interne indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne. Il fine era quello di garantire il maggiore benessere interno durante tutti i periodi dell'anno a discapito dell'ambiente esterno. Il contesto e l'ambiente non venivano considerati come una possibile risorsa dalla quale trarre benefici, ma bensì come elementi dal quale difendersi, non in grado di poter contribuire tramite apporti favorevoli alla vita interna delle architetture.

“Purtroppo, il rapido sviluppo tecnologico ha offuscato nel tempo questo importante aspetto dell'iter progettuale, in grado di mantenere un continuo e diretto contatto tra architettura e natura attraverso l'osservazione e la considerazione di alcuni aspetti fondamentali quali: la posizione geografica, il percorso del sole, la disponibilità di risorse naturali come vento, acqua, vegetazione, materiali oltre che il rispetto e la conservazione delle tradizioni locali”²³.

Molti edifici vengono realizzati con la consapevolezza che possano avere una qualsiasi collocazione, in qualsiasi condizione climatica, all'interno di un qualsiasi contesto ambientale. Questo ha portato ad una elevata standardizzazione dei modelli di costruzione che associata ad una conseguente perdita di carattere da parte delle architetture, ha determinato la produzione in serie di manufatti similari fra loro. I risultati sono ben evidenti nelle periferie delle più grandi città europee, ad

²³ Cardenas Mauricio, *Gli architetti italiani sulla sostenibilità*, redazione Archinfo, *arketipomagazine*, 29 giugno 2009.

esempio con la presenza dei cosiddetti “ecomostri”²⁴. Non tenendo in considerazione il contesto e la disponibilità di materiale autoctono presente sul territorio circostante, si è perso nel tempo quel carattere di unicità che avrebbe dovuto rappresentare ogni architettura. Tutti questi aspetti hanno avuto nel tempo delle conseguenze rilevanti sull’ambiente. La fornitura ed il trasporto di materiali originari di siti lontani, lo scarso livello di isolamento degli edifici abbinato ad una bassa efficienza degli impianti, il loro spropositato utilizzo di energia e l’assenza di accorgimenti per il raffrescamento passivo, sono fattori che insieme contribuiscono allo sfruttamento smisurato e danneggiamento smisurato della natura. A gravare ancora più sulla generale situazione è stata l’errata convinzione dell’uomo di avere disponibilità continua e infinita delle risorse energetiche non rinnovabili. L’atteggiamento ha infatti contribuito ancor di più all’utilizzo di quest’ultime nel sopperire ai fabbisogni richiesti dai manufatti edilizi.

²⁴ Termine utilizzato prevalentemente nel linguaggio giornalistico italiano per indicare un edificio o un complesso di edifici considerati gravemente incompatibili con l’ambiente naturale circostante.

3.2 L'attenzione verso l'ecosistema ambientale

Le prime attenzioni verso il tema della sostenibilità applicato al mondo edilizio si sono riscontrate nei paesi del nord Europa, territori dove spesso la necessità di razionalizzazione delle risorse energetiche è stata sempre bene integrata nella società. Questo ha permesso di sviluppare a fondo il tema della sostenibilità architettonica, grazie anche alla cultura del costruire, più propensa all'utilizzo di materiali lignei.

La scienza che si trova alla base del mondo delle costruzioni, oltre a dover garantire condizioni di comfort degli utenti, ha sviluppato un approccio volto al risparmio delle risorse primarie. Gli edifici si sono sempre più adattati all'integrazione e all'utilizzo di materiali e tecnologie che permettessero la gestione consapevole delle risorse energetiche e lo sfruttamento sempre maggiore delle risorse naturali rinnovabili.

Nel corso degli anni si è introdotto il tema del "green design", la filosofia di progettazione che si basa su principi di sostenibilità sociale, economica ed ecologica.

"Le prime manifestazioni di interesse da parte dell'opinione pubblica per il "green design", l'architettura sostenibile, risalgono agli anni settanta del novecento, periodo in cui la prima crisi petrolifera aveva suscitato profonde inquietudini, aprendo il dibattito sugli enormi costi ambientali ed economici legati all'uso di fonti fossili e sul destino delle risorse non rinnovabili"²⁵.

L'obiettivo del green design, raggiungibile tramite un percorso complesso che richiede tempo e studio di nuove tecnologie, è quello di eliminare completamente l'impatto ambientale negativo di ogni tipo di oggetto nel campo del design o di ogni tipo costruzione nel campo architettonico. Il concetto si accosta a quello di progettazione sostenibile, progettazione ambientale o di progettazione eco-consapevole, tutte mirate all'ottenimento del medesimo fine. I suoi campi di applicazione

²⁵ Tedesco Silvia, *Riqualificazione energetico ambientale del costruito: edifici scolastici*, Firenze, Alinea, 2010, p. 13.

variano dall'architettura, al design, all'ingegneria, fino ad arrivare al mondo della moda.

Qui vengono riportati quelli che sono i principi di una corretta progettazione sostenibile:

- Basso impatto ambientale.
- Efficienza energetica.
- Qualità e durata nel tempo dei materiali.
- Proprietà di riutilizzo dei materiali impiegati nella realizzazione del manufatto.
- Biomimetica.
- Rinnovabilità.

Nel corso degli anni si è riscontrata una sempre maggiore necessità di avere migliori risultati in termini di rendimento energetico e di riduzione dell'inquinamento ambientale grazie alla ricerca di nuove fonti di energia derivanti dal mondo naturale. Il corretto accostamento di queste tecnologie a manufatti edilizi caratterizzati da prestazioni di isolamento elevate, possono portare ad avere notevoli riduzioni dei fabbisogni energetici.

Nelle Nazioni più attente al tema della sostenibilità, si riscontra una precisa scelta progettuale, quella dell'adottare e applicare soluzioni sostenibili soprattutto su edifici pubblici quali ad esempio istituti e scuole. La ragione alla base di questa scelta è quella dell'ottenimento di una generale sensibilizzazione delle nuove generazioni. Con la realizzazione di edifici di questo genere, si portano a rendere maggiormente responsabili i giovani ragazzi, cercando di imprimere nelle loro menti una coscienza ed un senso di responsabilità volto alla salvaguardia ambientale. Si mira ad utilizzare l'edificio non solo come contenitore, ma soprattutto come strumento dimostrativo e formativo, che possa fungere come un oggetto di studio e che possa permettere di apprendere vivendolo. Gli edifici pubblici realizzati secondo questi principi, "contenitori" delle più svariate attività e di una grande utenza, oltre a dover garantire un elevato standard di sicurezza fisica e simbolica, devono fungere da esempi da cui poter trarre ispirazione per futuri progetti. Le future generazioni

non dovrebbero ingiustamente pagare per gli errori commessi dal passaggio dei loro predecessori.

“Per assicurare una buona qualità della vita alle generazioni future l’applicazione del concetto di sviluppo sostenibile rispetto alle risorse del pianeta è diventata imprescindibile. La sua applicazione nell’architettura comporta sempre più un’integrazione delle diverse competenze specialistiche che partecipano al processo di progettazione/costruzione degli edifici in modo da governare al meglio i vincoli ambientali chiamati in causa dalle attività di costruzione che hanno implicazioni sociali, ecologiche ed economiche”²⁶.

I progetti architettonici che spesso osserviamo in concorsi e in piani urbanistici, sono progetti intrisi di accorgimenti sostenibili, segno che ormai il tema sia stato sufficientemente assimilato. È altresì vero però che la pratica dell’applicazione di tecnologie sostenibili andrebbe applicata soprattutto al patrimonio esistente, quel patrimonio che più grava sull’andamento del consumo energetico e quindi sull’ecosistema. È infatti esso il maggiore responsabile delle emissioni inquinanti a confronto con le nuove architetture.

La necessità della riqualificazione architettonica nasce dal processo espansivo del mercato edilizio che ha caratterizzato le nostre terre a fine Novecento. Il risultato è stato una saturazione delle aree urbanizzate, che ha riscontrato un incontrollato sviluppo edilizio senza però l’applicazione di regole e normative mirate al risparmio energetico. È infatti comune idea da parte di molti progettisti quella di applicare interventi di ammodernamento sul patrimonio edilizio esistente, sia che essi siano di piccola, media e grande scala, prima di realizzare interventi che prevedano grandi piani edilizi di nuova concezione.

“Si tratta quindi di agire a vari livelli, indipendentemente dall’attesa di un trattato internazionale che si occupi della riduzione delle emissioni dei gas serra, agendo a diverse scale e proponendo interventi a livello locale”²⁷.

²⁶ Dolmetta Luca, *Gli architetti italiani sulla sostenibilità*, redazione Archinfo, *arketipomagazine*, 29 giugno 2009.

²⁷ Gian Luca Brunetti, Anna Delera, Ermanno Ronda, *Il risparmio energetico nell’edilizia residenziale pubblica. Politiche, progetti e strumenti*, Rimini, Maggioli Editore, 2011, p. 3.

Le strategie per i miglioramenti energetici risultano essere molteplici. Spesso si tratta di interventi puntuali, come il miglioramento delle caratteristiche dell'involucro edilizio o gli ampliamenti volumetrici. Essi, in particolare, permettono un ammortamento economico, ovviando alla necessità sociale di avere a disposizione nuovi spazi per la comunità.

“Alcune delle deficienze ricorrenti negli edifici, sono legate a carenze di spazio e di flessibilità d'uso. Carenze che spesso sono risolvibili, o attenuabili, attraverso la creazione di spazi aggiuntivi, usualmente localizzati in corrispondenza dell'involucro”²⁸.

Le azioni puntuali non devono essere viste semplicemente come tali. Devono essere considerate come operazioni di un più vasto sistema di riqualificazione capillare diffusa, in grado di trasformare molte piccole realtà in occasioni progettuali, che insieme possano generare grandi risparmi energetici. Possiamo quindi affermare che il patrimonio edilizio costituisce un potenziale enorme sul quale lavorare. Esso può essere sottoposto ad interventi rilevanti per una serie di aspetti:

- In termini di riduzione di sostanze inquinanti e di gas serra
- Per la riduzione del consumo di suolo dovuta alla costruzione di nuovi impianti e complessi architettonici
- Per la potenziale riqualificazione di siti urbani esistenti e consolidati
- Per il potenziale sviluppo di nuove comunità energetiche

Secondo i dati di ricerca di Legambiente in un lavoro eseguito sul territorio regionale lombardo nel periodo 1999 – 2004, si è dimostrato come le recenti edificazioni hanno prodotto risultati eccessivamente impattanti nei confronti del paesaggio naturale e agricolo. Negli anni considerati, il territorio urbanizzato è cresciuto a ritmi di 13 ettari/giorno, paragonabile alla creazione di una città all'anno delle dimensioni di Brescia²⁹.

²⁸ Gian Luca Brunetti, Anna Delera, Ermanno Ronda, *Il risparmio energetico nell'edilizia residenziale pubblica. Politiche, progetti e strumenti*, Rimini, Maggioli Editore, 2011, p. 195.

²⁹ Fonte: www.legambiente.it

3.3 Tre stati emblematici in esempi sostenibili

Nei primi anni di sviluppo delle pratiche sostenibili integrate nei manufatti edilizi, i paesi del nord Europa hanno avuto un ruolo fondamentale. Paesi come Svezia, Norvegia, Gran Bretagna e Germania, sono stati i pionieri della realizzazione di architetture sostenibili grazie anche alla presenza di solidi programmi nazionali i quali hanno permesso l'attuazione di tali criteri.

“In Paesi come l’Austria o la Germania, le scuole racchiudono una serie di valenze materiali in cui l’architettura concorre, così come il modello educativo, alla formazione di uno spirito civico orientato fin dall’infanzia alle logiche dell’ecocompatibilità”³⁰.

³⁰ Tedesco Silvia, *Riqualificazione energetico ambientale del costruito: edifici scolastici*, Firenze, Alinea, 2010, p. 13.

L’attenzione e il volere di queste Nazioni è che attraverso scelte precise, coerenti con la sostenibilità ambientale come l’utilizzo della luce solare, il recupero dell’acqua piovana o l’impiego di materiali naturali, si possa andare a influenzare positivamente il modo di pensare degli utenti, per una loro sensibilizzazione, collettiva e che vada al di là dei canonici insegnamenti.

Vengono riportati di seguito tre casi emblematici di alcune Nazioni europee, le quali hanno saputo per prime integrare al meglio il tema della sostenibilità nel mondo dell’architettura pubblica. In particolare si pone l’attenzione sui programmi dedicati alle scuole, strutture poste al centro della società e necessitanti di particolari attenzioni progettuali.

Austria

In Austria una serie di comuni appartenenti al Klima-Bündnis³¹, nel 1998, danno vita al progetto “KKIK”, dedicato al mondo scolastico. Esso mira ad introdurre i principi dello sviluppo sostenibile nella maggior parte delle materie dei percorsi formativi degli studenti. Si vuole ottenere un accrescimento del senso civico degli studenti. In questi anni nel contesto austriaco vengono edificate numerose scuole seguendo i principi e le linee guida della “casa passiva”, quegli edifici che soddisfano la maggior parte del fabbisogno energetico per il riscaldamento e per il raffrescamento utilizzando dispositivi passivi.

Scuola superiore Mäder, Mäder, Austria, 1998.

Progettista: Baumschlager & Eberle

La scuola, nota anche come scuola “Okò” o “Eco”, è composta da due porzioni differenti: il primo blocco contenente le classi e il secondo blocco adibito ad attività sportive. Ad un primo impatto visivo il complesso risulta avere un aspetto estremamente semplice e compatto; questa scelta progettuale permette di avere una sostanziale riduzione delle dispersioni dovute al fattore di forma³². L’involucro ha una grande rilevanza nel progetto, infatti grazie ai materiali scelti per la sua realizzazione riesce a rispondere prontamente alle esigenze climatiche sia estive che invernali. La “pelle” interna, composta da pannelli di legno, permette di controllare la temperatura nel periodo estivo, mentre nel periodo invernale dà modo di mantenere il calore all’interno degli ambienti avendo buone caratteristiche isolanti. La “pelle” esterna, una facciata ventilata composta da lastre in vetro, permette alla radiazione solare di lambire la superficie interna sfruttando gli apporti gratuiti. La scelta del vetro non è solo legata ad aspetti tecnici, ma altresì ad aspetti compositivi, infatti le partizioni verticali esterne completamente trasparenti hanno un significato fenomenico. Esse trasmettono una idea di fruibilità e di accessibilità, dando al contempo una sensazione di solidità e sicurezza.

³¹ Climate Alliance è una organizzazione internazionale costituita da una rete di enti amministrativi locali fondata nel 1990 che ha come finalità la protezione del clima mondiale.



Figura 3.2: scuola superiore Mäder, Mäder, Austria, 1998.

³² Si tratta del rapporto tra la superficie disperdente (S) e il volume lordo riscaldato (V) dell’edificio. Viene anche indicato come rapporto di compattezza e dipende dalla forma dell’edificio e dalle sue dimensioni. Questo fattore influenza l’entità delle dispersioni termiche per trasmissione dell’edificio e di conseguenza il suo fabbisogno energetico di climatizzazione.

Regno Unito

Il Regno Unito si tratta di una Nazione molto attiva sui temi riguardanti la salvaguardia ambientale e la lotta al cambiamento climatico. Attraverso leggi e normative, che prevedono il miglioramento delle tecnologie costruttive in termici energetici si riescono ad ottenere esiti positivi. Nel 1997 il “Department of Education and Skills” pubblica le linee guida per la corretta progettazione delle scuole, in particolare detta le buone norme in caso di nuove realizzazioni o nel caso di riqualificazione di scuole esistenti. Nel territorio si è inoltre registrata una diramata adesione al programma “Eco-schools”³³.

Scuola elementare, Great Notley, 1999, Regno Unito

Progettista: Allford Hall Monaghan Morris

Già dalle sue componenti esterne l’edificio delinea le scelte progettuali attuate in tema di sostenibilità. Per il rivestimento di facciata ad esempio è stato utilizzato materiale ligneo riciclato. Sono presenti impianti per la captazione solare. Il tetto giardino oltre a garantire una elevata massa termica in grado di mantenere il calore durante l’inverno e isolare gli ambienti interni durante la stagione estiva, richiama anche nell’aspetto compositivo il tipico paesaggio inglese, quello delle grandi distese d’erba verdeggianti. L’attenzione al risparmio energetico la ritroviamo anche all’interno dell’edificio, dove sono stati adottati sistemi di ventilazione e illuminazione naturale.

³³ Si tratta di un programma a livello internazionale rivolto a scuole pubbliche e private con l’obiettivo di guidare i ragazzi al cambiamento e all’accrescimento della consapevolezza ambientale.



Figura 3.3: scuola elementare, Great Notley, Regno Unito, 1999.

Francia

In Francia è presente l'“HQE”, un programma denominato “Haute qualité environnementale”, uno standard per la bioedilizia basato sui principi dello sviluppo sostenibile stabiliti per la prima volta al Summit della Terra del 1992. La finalità del programma è quella di verificare l'impatto che gli edifici hanno verso il loro contesto nelle diverse fasi del loro ciclo di vita. Esso mira anche a controllare e verificare la corretta progettazione e realizzazione di ambienti salubri, in grado di garantire determinate condizioni per la qualità dell'aria e per il comfort termoigrometrico, visivo ed acustico degli occupanti.

Scuola superiore Leonardo Da Vinci, Calais, 1998, Francia

Progettista: Isabelle Colas, Fernand Soupey

La scuola viene realizzata nell'ambito dell'“HQE” al quale si fa riferimento sia durante la fase di progettazione sia durante le fasi di realizzazione, infatti nello stesso anno di progettazione riceve la targa rilasciata dall'organizzazione. La spesa iniziale risulta essere maggiore dell'8% rispetto a quella che si avrebbe avuto per un edificio senza particolari attenzioni agli aspetti di sostenibilità e quindi di realizzazione tradizionale; queste soluzioni però, permettono di avere un risparmio dell'ordine del 30,0% per quanto riguarda le spese di gestione. Nel complesso scolastico sono presenti impianti per lo sfruttamento dell'energia solare e per il recupero e il riutilizzo dell'acqua piovana. I materiali impiegati, alla fine del ciclo di vita dell'edificio possono essere riutilizzati. Particolare attenzione è stata posta al benessere e alla salvaguardia degli studenti grazie anche alla realizzazione di uno spazio verde di circa 35.000 m². Esteticamente e dal punto di vista compositivo l'edificio risulta essere contraddistinto da una grande vela che funge da copertura. Utilizzando diverse forme geometriche, in particolare quelle cilindriche, e avvalendosi dell'utilizzo dell'acqua, sembra quasi si voglia trasmettere un richiamo alle opere di Louis Kahn.



Figura 3.4: scuola superiore Leonardo Da Vinci, Calais, Francia, 1998.

Di seguito vengono riportati alcuni dei principali programmi europei che agiscono su scuola e sostenibilità.

“**Check it out! Energy at school**”³⁴, è un programma del 2009 che ha portato come risultato una serie di audit energetici, descrittivi le prestazioni di edifici scolastici appartenenti alle diverse Nazioni partecipanti, come Germania, Olanda e Spagna. L’obiettivo principale è quello di ottenere soluzioni migliorative sia a livello tecnico che a livello gestionale in tema energetico.

“**IUSES - Intelligent Use of Energy of School**”³⁵ è un programma risalente agli anni 2009 e 2010. Ha avuto applicazione in quattordici Stati europei. L’obiettivo è stato quello di promuovere tra gli utenti delle scuole superiori un uso responsabile dell’energia nello svolgimento delle attività scolastiche. Il progetto ha promosso un modo più efficiente di utilizzare l’energia nella vita di tutti i giorni.

“**Eco - schools**” è un programma internazionale della “**Foundation For Environmental Education**”³⁶, rivolto a scuole pubbliche e private. Vi partecipano circa 20 milioni di studenti per un totale di oltre 50000 scuole. Il fine è quello di divulgare comportamenti sostenibili, riducendo l’impatto ambientale delle strutture scolastiche grazie al contributo attivo degli utenti.

“**Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings - REDUCE**”³⁷ è un progetto dedicato alla realizzazione di uno strumento informatico utile per la progettazione di interventi in ambito energetico su edifici scolastici. Esso abbina specifiche soluzioni migliorative su richiesta dell’utente.

“**U4energy**”³⁸ è una competizione sull’educazione energetica dove le scuole partecipanti hanno condiviso i loro risultati. Il concorso, di durata pari a due anni, dal 2013 al 2015, mira a premiare i partecipanti che più si sono distinti nelle categorie di migliori misure di efficienza energetica e migliori azioni didattiche nell’uso efficiente dell’energia.

³⁴ La ricerca nasce dall’esperienza di chi vive l’edificio. Essi contribuiscono a fornire dati accurati e affidabili. L’esperienza acquisita si tramuta poi nella stesura di linee guida utilizzabili in futuro come riferimenti per altri programmi, fonte: ec.europa.eu

³⁵ IUSES ha sviluppato un kit educativo orientato al comportamento responsabile che include manuali, animazioni multimediali e kit per esperimenti. Esso tratta tutti i temi prioritari del risparmio energetico, edifici sostenibili, industria e trasporti sostenibili e fonti rinnovabili, fonte: ec.europa.eu

³⁶ Si tratta di una fondazione per l’educazione ambientale internazionale non governativa e non-profit con sede in Danimarca, fondata nel 1981. La FEE è presente in più di 77 paesi nel mondo, fonte: www.eco-schools.it

³⁷ Una sezione del programma descrive gli interventi realizzati in precedenza, utili come guida per interventi futuri in ambiti di riqualificazioni energetiche. È uno strumento che si avvale dell’utilizzo di internet quindi dello scambio di informazioni e della collaborazione tra diversi enti, fonte: www.aivc.org

³⁸ Si tratta della prima competizione paneuropea sull’educazione energetica organizzata dalla Commissione europea, fonte: www.eun.org

3.4 Progetti italiani su scuola e sostenibilità

A livello nazionale sono state promosse numerose iniziative rivolte all'edilizia scolastica con gli obiettivi di sensibilizzare e di aiutare le istituzioni al raggiungimento dei limiti di emissioni inquinanti previsti dal protocollo di Kyoto, entro il 2020. Le iniziative hanno in primis lo scopo di ridurre le emissioni inquinanti tramite interventi di miglioramento tecnologico dell'involucro edilizio o tramite la sostituzione degli impianti di riscaldamento. In secondo luogo hanno lo scopo di sensibilizzare gli studenti.

“Programma Nazionale Tetti Fotovoltaici” è dedicato alla realizzazione di impianti per la captazione dell'energia solare nelle scuole italiane. Presentato nel 2001, offre incentivi per la realizzazione degli impianti e assistenza tecnica promossa dall'“ENEA”³⁹. Il programma inoltre mira alla sensibilizzazione degli studenti tramite appositi percorsi didattici.

Il **“Programma Nazionale per la Promozione dell'Energia Solare”**⁴⁰ racchiude una serie di progetti volti esclusivamente alle strutture scolastiche. In particolare si tratta di una serie di bandi con i quali vengono destinati circa 10 milioni di euro alla strutturazione e realizzazione di attività didattiche volte alla sensibilizzazione degli utenti verso le tematiche ambientali. Con i fondi iniziali si riescono a realizzare 485 impianti fotovoltaici per un totale di 1.200KW di potenza installata e di 1.000t di emissioni di CO2 risparmiate. Altri bandi, come “Il sole negli enti pubblici” ed “Il fotovoltaico in architettura” risultano essere molto importanti nel contesto nazionale: il primo è dedicato alla realizzazione di impianti solari termici per il riscaldamento in edifici pubblici. Il secondo, per il quale vengono stanziati circa 4 milioni di euro, è dedicato all'installazione di impianti fotovoltaici integrati nell'edificio e armonizzati paesaggisticamente con il contesto.

³⁹ Si tratta dell'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. È l'ente di diritto pubblico finalizzato alla ricerca, all'innovazione tecnologica nei settori dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo economico sostenibile, fonte: www.minambiente.it

⁴⁰ Fonte: www.minambiente.it

Con il “**Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima 2030**”⁴¹ si vuole mettere al centro della transizione energetica il cittadino, rendendolo partecipe nei piani di trasformazione. È il provvedimento più recente nel campo della sostenibilità, che mira ad agire su più fronti a livello nazionale. Il primo è la riduzione delle emissioni dell’industria del 56,0%, riducendo la dipendenza da fonti fossili, a fronte di una richiesta di una riduzione del 46,0% posta dall’Unione Europea. Le fonti rinnovabili dovranno ricoprire un fabbisogno totale del 30,0% entro il 2030.

⁴¹ Fonte: www.minambiente.it

Ai fini della riduzione di sostanze inquinanti sussiste un obiettivo nazionale vincolante che chiede di ridurre entro il 2030 del 33,0% le emissioni di CO2 rispetto a quelle del 2005. Tale risultato è raggiungibile attraverso diversi interventi, soprattutto tramite interventi di efficientamento energetico e l’utilizzo fonti rinnovabili. In generale si prevede la riduzione dell’utilizzo dell’energia primaria del 43,0%, agendo su settori rilevanti, come quello dei trasporti e quello dell’architettura.

Importante sarà il ruolo dei cosiddetti “*prosumer*”, ovvero gli utenti finali che ricopriranno il ruolo di produttori da fonti rinnovabili e di consumatori stessi. Essi avranno un ruolo attivo sul mercato che sarà caratterizzato da maggiore trasparenza con particolare riguardo alla fase di vendita dell’energia.

Infine la ricerca sarà una delle capacità del sistema che permetterà di sviluppare tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica⁴².

⁴² Fonte: impact.startupitalia.eu



Figura 3.5: logo Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima 2030.

4. Incentivi e finanziamenti per interventi di riqualificazione

L'interesse verso la riqualificazione e verso il miglioramento prestazionale degli edifici, che oggi giorno il mondo dell'architettura si pone come obiettivo, nasce e si consolida dopo un lungo processo di espansione e sviluppo economico che ha segnato buona parte della storia italiana. Gli investimenti degli ultimi decenni del Novecento, in termini di espansione urbana e di sviluppo di nuove aree antropizzate sono stati ingenti, creando situazioni molto comuni soprattutto nelle periferie delle grandi città. Esse sono accomunate dalla presenza di edifici poco rispondenti agli aspetti di risparmio energetico.

La crescita economica è stata affiancata dalla crescita demografica della Nazione e dalla realizzazione di strutture a servizi tra le quali anche le scuole. Come visto nel capitolo 2, l'analisi dello stato di manutenzione e delle caratteristiche di efficienza energetica su di un numero relativamente ampio di casi, riporta una situazione ancora lontana dagli obiettivi di efficienza energetica fissati dai piani nazionali e da quelli internazionali. In molti casi il patrimonio edilizio scolastico, trattandosi di edifici con vita utile superiore ai 40 anni, necessita di interventi migliorativi in materia energetica.

Questi interventi generalmente distinti in interventi sull'involucro opaco e trasparente ed interventi sugli impianti di climatizzazione, sono azioni che richiedono ingenti somme di denaro, soprattutto nel caso di edifici pubblici. Basti pensare a cosa possa significare in termini monetari, la sostituzione di serramenti in ambito di una ristrutturazione scolastica, dove le porzioni finestrate ricoprono quasi la metà della superficie disperdente del complesso. Immaginando di dover intervenire su tutti gli elementi che riguardano l'involucro e su porzioni dell'impianto per poter ottenere livelli accettabili di efficientamento energetico, gli interventi sarebbero spesso molto onerosi. Le amministrazioni comunali, soprattutto in casi dove le scuole risiedono in piccoli Comuni abitati da meno di una decina

di migliaia di persone, non riuscirebbero ad affrontare la spesa. I dati ISTAT riportano infatti che quasi il 30,0% dei Comuni italiani hanno una popolazione che va dai 3.000 ai 9.999 abitanti⁴³.

⁴³ Dati ISTAT, fonte:
www.tuttitalia.it

È quindi importante ai fini della tesi introdurre il tema degli incentivi fiscali e dei finanziamenti europei e nazionali. Verranno riportati di seguito quelli che sono i principali fondi di finanziamento europei e nazionali ai fini dei sovvenzionamenti per interventi migliorativi in ambito energetico sulle strutture scolastiche.

4.1 Livello europeo

I fondi finanziari, in particolar modo quelli europei, sono delle buone opportunità di crescita. Essi sono però spesso poco conosciuti e poco chiari nella loro gestione ai cittadini, in quanto si necessita di un certo livello di conoscenza e dimestichezza per poterli utilizzare. Vi sono quindi due grandi tipologie di fondi: quelli diretti, ottenibili tramite la presentazione di un progetto ed esclusivamente con un partenariato all'estero; quelli indiretti invece, che sono gestiti insieme agli Stati membri e alle Regioni costituenti lo Stato.

I fondi diretti vengono gestiti dalle Direzioni generali della Commissione Europea o da Agenzie Nazionali. Essi sono erogati sotto forma di sovvenzioni a seguito di presentazioni di una serie proposte o appalti.

L'aspetto fondamentale per questi fondi è il coinvolgimento di società o enti partner di almeno due Stati membri dell'Unione comunitaria. Questo, tramite una apposita ricerca, può permettere insieme alla presentazione di un progetto, di poter accedere ai fondi, dimostrando però la possibilità e la disponibilità di poter coprire le spese a proprio carico, in quanto la copertura dei fondi è non pari al 100,0% della spesa progettuale.

Di seguito vengono riportati i principali programmi che attualmente rientrano in questa categoria di fondi e che risultano essere legati al tema della riqualificazione delle strutture scolastiche.

- Horizon 2020⁴⁴: si tratta del più grande programma di ricerca ed innovazione a livello comunitario con un finanziamento di 80 miliardi di Euro distribuito dal 2014 al 2020. L'obiettivo è quello di porre al centro del programma una crescita e un'occupazione intelligente, sostenibile ed inclusiva nell'Unione Europea, garantendo innovazione scientifica e permettendo al settore pubblico e privato di collaborare nel fornire innovazione.

⁴⁴ La proposta di progetto è presentata online in risposta agli inviti, denominati "chiamate". Ogni chiamata va a fornire indicazioni più dettagliate sulle proposte di progetto che dovranno essere presentate. Dopo un ciclo di valutazione di cinque mesi, verrà data risposta sul possibile finanziamento del progetto, fonte: ec.europa.eu

- Life⁴⁵: si tratta del principale strumento dell'Unione Europea a sostegno dei progetti per la salvaguardia dell'ambiente e della natura. Gli obiettivi generali sono affrontati secondo due programmi distinti: il primo, riguardante l'ambiente, e quindi l'uso efficiente delle risorse e la preservazione della natura e della biodiversità; il secondo, riguardante le azioni per il clima, ovvero la mitigazione dei cambiamenti climatici, l'adattamento ai cambiamenti climatici e le informazioni in ambito climatico. Alcuni esempi di progetti di riferimento:
 - miglioramento dell'efficienza energetica dei processi produttivi.
 - riduzione e riutilizzo dei rifiuti.
 - risparmio idrico.
 - riduzione delle emissioni di CO₂.
 - uso efficiente delle risorse.
 - mobilità sostenibile.
 - salute ambientale.
 - qualità dell'aria.

- EEEF⁴⁶: si tratta del Fondo Europeo per l'Efficienza Energetica, una innovativa partnership pubblico-privato impegnata nella lotta ai cambiamenti climatici attraverso l'implementazione di misure di efficienza energetica e l'utilizzo di energia rinnovabile negli stati membri dell'Unione Europea. L'obiettivo è quello di fornire un finanziamento per progetti di efficienza energetica pubblica, di energia rinnovabile e trasporto urbano pulito, indirizzando il fondo ad enti pubblici come comuni o enti locali e regionali. L'EEEF supporta inoltre gli obiettivi del pacchetto 20/20/20 degli Stati Membri dell'Unione Europea.

⁴⁵ Al programma di finanziamento possono accedere enti pubblici che operano nella gestione di parchi o risorse naturali, organizzazioni legate all'ambiente o imprese che operano con progetti ad impatto positivo sull'ambiente. Per questo programma non vi è l'obbligo del partenariato. Il programma nello specifico finanzia progetti e soluzioni con ricadute positive sull'ambiente, fonte: www.gfinance.it

⁴⁶ Questo fondo finanzia investimenti in efficienza energetica, energia rinnovabile di piccola taglia e sistemi di trasporto urbano pulito in progetti promossi da enti pubblici e società pubbliche o private operanti in collaborazione con tali enti, fonte: www.eeef.eu

4.2 Livello nazionale

All'interno del panorama nazionale rientrano i fondi europei indiretti, ovvero quei fondi strutturali che vengono assegnati ai singoli Stati membri dell'Unione Europea, come ad esempio il "FSE", il Fondo Sociale Europeo, 2,2 miliardi stanziati per la formazione di alunni, docenti e adulti, o il "FESR", il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, 800 milioni di Euro stanziati per laboratori, attrezzature digitali per la Scuola e per interventi di edilizia⁴⁷. Questi vengono poi gestiti autonomamente degli Stati membri attraverso programmi precisi denominati "PON", Programmi Operativi Nazionali o i "POR", i Piani Operativi Regionali.

⁴⁷ Fonte: www.miur.gov.it

4.2.1 PON

L'Italia ha previsto uno specifico Programma Operativo Nazionale per la scuola che si sviluppa dal 2014 al 2020: il **"PON per la scuola, competenze e ambienti per l'apprendimento"**⁴⁸.

⁴⁸ Fonte: www.presidiamo.eu

Il programma prevede un fondo superiore ai 3 miliardi di Euro destinato all'istruzione pre-scolare, primaria e secondaria.

Essi sono articolati in assi:

- Asse I (FSE) – Istruzione.
- Asse II (FESR) – Infrastrutture per l'istruzione.
- Asse III (FSE) – Capacità istituzionale e amministrativa.
- Asse IV (FSE) – Assistenza tecnica.

Gli obiettivi che si vogliono raggiungere tramite l'adozione di questi fondi sono riassumibili in otto punti:⁴⁹

⁴⁹ Fonte: www.presidiamo.eu

- Riduzione fallimento formativo e dispersione scolastica.
- Miglioramento delle competenze chiave degli allievi.
- Miglioramento delle capacità di auto-diagnosi, auto-valutazione delle scuole e di innovazione della didattica.
- Diffusione della società della conoscenza nel mondo della scuola e della formazione e adozione di approcci didattici innovativi.

- Innalzamento del livello di istruzione della popolazione adulta e migliorare la pertinenza dei sistemi di istruzione e formazione al mercato del lavoro.
- Miglioramento delle infrastrutture e della connettività.
- Riqualificazione delle strutture scolastiche e degli spazi di apprendimento, sensibilizzazione verso le buone pratiche in materia di clima, raggiungimento dell'efficienza energetica degli edifici scolastici.
- Miglioramento della capacità istituzionale e amministrativa.

È chiaro come da questi obiettivi l'azione di miglioramento sulle scuole non sia circoscritta solamente alle strutture architettoniche in sé, ma di come si voglia rivoluzionare e rendere altamente efficiente tutto ciò che gravita intorno al mondo "scuola": il miglioramento energetico, la revisione delle connettività legate alla scuola ed un generale aumento di istruzione della collettività.

Per poter partecipare a un bando per un finanziamento si devono passare alcune fasi che comportano tempistiche intorno agli 8 mesi, partendo dalla scheda fondamentale di autodiagnosi: con questo documento si vanno a determinare quali siano le carenze registrate all'interno del complesso scolastico, quali siano i suoi legami con l'esterno e con la collettività e quali siano i servizi ad esso associati.

Il fine è quello di redigere una sorta di quadro esigenziale, andando a evidenziare quali siano le priorità legate agli aspetti più critici. Per accedere a questi fondi sarà necessario rispondere ai bandi che verranno emanati dal Ministero dell'Istruzione, presentando entro la data di scadenza il progetto con la quale si vorrà accedere ai fondi.

Lo scritto del testo relativo agli incentivi demarca bene quale sia la situazione odierna nella quale si trovano la maggioranza delle strutture scolastiche italiane:

“La condizione del patrimonio edilizio scolastico nazionale presenta forti elementi di criticità trattandosi prevalentemente di immobili di vecchia edificazione (il 75 % degli edifici è stato costruito prima del 1980 e, di questi, il 4 % prime del 1900), antecedente dunque alla diffusione delle moderne tecniche antisismiche. Circa il 90 % degli istituti è in possesso del documento di valutazione dei rischi, mentre solo il 18,1 % è in possesso del certificato di prevenzione incendi”⁵⁰.

⁵⁰ *Programma Operativo nazionale. Per la Scuola competenze e ambienti per l'apprendimento*, p. 9, fonte: www.miur.gov.it

Il testo continua poi evidenziando nello specifico quali debbano essere gli interventi ai quali le scuole dovranno essere soggette:

“Emergono dunque forti necessità di intervento, in primis in termini di messa in sicurezza e di adeguamento degli spazi, che possono riguardare gli edifici più anziani e, per quelli di costruzione più recente, il recupero degli elementi architettonici in stato di decadimento, oltre che di rafforzamento della attrattività, fruibilità e funzionalità degli istituti”⁵¹.

⁵¹ *Ibidem*

4.2.2 Mutui BEI

Un altro importante fondo di finanziamento all'interno della legislazione italiana è il fondo Mutui BEI. Si tratta del decreto del 1 settembre 2015 numero 640 che dà l'autorizzazione all'utilizzo dei contributi pluriennali di 40 milioni decorrenti dal 2015 e fino al 2044, da parte delle Regioni, per il finanziamento degli interventi di edilizia scolastica inclusi nei piani regionali⁵².

⁵² Fonte: www.istruzione.it

In particolare nel novembre del 2018 è diventato operativo il programma triennale 2018 – 2020, da 1,7 miliardi di Euro per l'edilizia scolastica. Il Miur⁵³ ha approvato il DM 615/2018, con cui sono state ripartite tra le Regioni le risorse destinate agli interventi straordinari di ristrutturazione, messa in sicurezza, adeguamento sismico, efficientamento energetico di edifici scolastici pubblici, costruzione di nuove scuole e palestre e interventi di miglioramento delle palestre scolastiche esistenti.

⁵³ Si tratta del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, il dicastero del governo italiano preposto all'amministrazione dell'istruzione, dell'università, della ricerca e dell'alta formazione artistica, musicale.

4.2.3 Decreto legge 28 settembre 2018

Con l'articolo n. 42 del Decreto legge 28 settembre 2018, n. 109, "Progettazione degli interventi di messa in sicurezza degli edifici scolastici", al fine di consentire la messa in sicurezza degli edifici scolastici, il Ministero dell'istruzione, dell'Università e della Ricerca, ha proceduto alla costituzione di un fondo, in particolare con 50 milioni di Euro, per il finanziamento, della progettazione di interventi, di messa in sicurezza e riqualificazione da parte degli enti locali competenti degli edifici scolastici come Province e Comuni. Le risorse disponibili sono state accertate con il decreto del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca del 10 dicembre 2018, n. 850⁵⁴.

⁵⁴ Fonte: www.regione.piemonte.it

4.2.4 Legge di Bilancio 2019

Con la Legge n. 145 del 30 dicembre 2018, all'articolo 1, al comma 67, si dispone la proroga di un anno delle misure di detrazioni fiscali per le spese relative ad interventi di riqualificazione energetica degli edifici e di ristrutturazione edilizia nelle modalità del 2018.

La legge di Bilancio del 2019 determina elementi di interesse riguardanti i seguenti temi:⁵⁵

⁵⁵ Fonte: biblus.acca.it

- Ecobonus: detrazioni fiscali per l'efficienza energetica, che vengono confermate anche per gli interventi eseguiti nel 2019 e quindi prorogate sino al 31 dicembre 2019, come detrazione del 50% su sostituzione di infissi e caldaie o la coibentazione dell'involucro dell'edificio al 65%.
- Bonus ristrutturazioni: detrazioni fiscali per casi di interventi di ristrutturazione edilizia, fino al 50%.
- Bonus verde: detrazione massima pari al 36% per quanto concerne interventi di riqualificazione di giardini pubblici, parchi pubblici e terrazzi.

Le detrazioni considerate, in base alla normativa vigente, sono quelle riportate secondo l'elencazione fornita dall'Associazione "ANIT"⁵⁶, la quale fornisce una chiarificazione attraverso l'ausilio di tabelle di quelli che sono le varie tipologie di intervento ammissibili per poter accedere correttamente alle detrazioni fiscali.

Come riportato dalle tabelle seguenti, i valori delle detrazioni riguardano le diverse tipologie di interventi sul manufatto edilizio. Essi variano a seconda della categoria di intervento.

⁵⁶ Associazione fondata a Milano, nel 1984, con obiettivi generali quali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone, la promozione della normativa legislativa e tecnica tramite attiva partecipazione a gruppi di lavoro con diversi Ministeri e l'UNI, il Comitato Termotecnico Italiano.

INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA (art. 14)			
Rif.	[%]	Importo max €	Descrizione
 (comma 344, Legge 269/06)	65%	100.000 €	Ass Riqualificazione energetica dell'edificio Verifica: $EP_i \leq EP_{lim DM 11/03/08}$
			Spese Ammesse tutte le spese degli interventi che concorrono al raggiungimento dell'obiettivo sul fabbisogno invernale comprese le opere provvisoriale e accessorie, forniture e pose in opera degli elementi dell'involucro e degli impianti e gli oneri professionali.
 (comma 345, Legge 269/06)	65%	60.000 €	Ass Coibentazione di pareti, tetti, solai e coperture Verifica: $U_{dopo\ intervento} \leq U_{lim DM 26/01/10}$
			Spese Sono comprese le spese per opere provvisoriale e oneri professionali. Compresivi di: <ul style="list-style-type: none"> - fornitura e messa in opera di materiale coibente e materiali ordinari, per il miglioramento delle caratteristiche termiche - demolizione e ricostruzione dell'elemento costruttivo
 (comma 345, Legge 269/06)	50%	60.000 €	Ass Sostituzione di finestre Verifica: $U_{dopo\ intervento} \leq U_{lim DM 26/01/10}$
			Spese Sono comprese le spese per opere provvisoriale e oneri professionali. Per quanto riguarda la sostituzione di infissi : <ul style="list-style-type: none"> - fornitura e posa in opera dell'infisso - integrazioni e sostituzioni dei componenti vetrati esistenti In questo gruppo rientra anche la sostituzione dei portoni d'ingresso a condizione che si tratti di serramenti che delimitano l'involucro riscaldato dell'edificio, verso l'esterno o verso locali non riscaldati, e risultino rispettati gli indici di trasmittanza termica richiesti per la sostituzione delle finestre.

Tabella 4.1: Interventi di efficienza energetica, Guida nazionale, regole per l'efficienza energetica degli edifici, fonte: www.anit.it

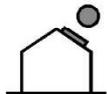
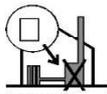
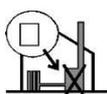
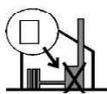
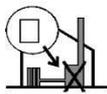
 (Legge 190/14, art. 1, comma 47)	50%	60.000 €	Assev.	Schermature solari esterne Requisiti che comportano la possibilità di considerarle schermature solari esterni, marchiate CE (se prevista) e devono rispettare norme di sicurezza ed efficienza energetica
			Sp.	Sono comprese le spese per l'acquisto e la posa in opera
 (Legge 190/14, art. 1, comma 47)	65%	60.000 €	Assev.	Installazione pannelli solari per ACS <ul style="list-style-type: none"> - garanzia di 5 anni pannelli solari e bollitori e di 2 anni per i componenti elettrici e presenza del certificato di conformità UNI EN 12975 o UNI EN 12976 rilasciato da un laboratorio accreditato - installazione dell'impianto avvenuta in conformità ai manuali - è possibile detrarre le spese anche con pannelli solari auto costruiti producendo attestato di partecipazione a corsi specifici di formazione
			Sp.	Fornitura e posa in opera di tutte le apparecchiature per la realizzazione a regola d'arte degli impianti solari termici organicamente collegati alle utenze e per gli oneri professionali.
 (comma 347, Legge 269/06) (Legge 205/17)	50% o 65%	30.000 €	Assev.	Sostituzione di generatore di calore con caldaia a condensazione <ul style="list-style-type: none"> - sono previste verifiche sul rendimento termico utile e richieste specifiche sulla tipologia delle valvole termostatiche, del bruciatore e della pompa. Si distinguono alcuni requisiti in funzione che la potenza nominale al focolare sia superiore o inferiore a 100 kW - efficienza almeno pari alla classe A di prodotto prevista da regolamento delegato UE n.811/2013 della Commissione - per avere il 65% devono essere contestualmente installati sistemi di termoregolazione evoluti appartenenti alle classi V, VI oppure VIII della comunicazione della Commissione 2014/C 207/02
			Sp.	
 (Legge 205/17)	65%	30.000 €	Assev.	Sostituzione di generatore di calore con impianti dotati di apparecchi ibridi <ul style="list-style-type: none"> - costituiti da pompa di calore integrata con caldaia a condensazione - assemblati in fabbrica - espressamente concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro
			Sp.	
 (Legge 205/17)	65%	30.000 €	Assev.	Sostituzione di generatore di calore con generatore di calore a pompa di calore <ul style="list-style-type: none"> - verificare i COP, e qualora fornisca anche il servizio di climatizzazione estiva anche i EER almeno pari ai pertinenti valori minimi, fissati nell'allegato I al DM 06.08.09 - qualora siano installate pompe di calore elettriche dotate di inverter, i valori sono ridotti del 5%.
			Sp.	
 (Legge 205/17)	50%	30.000 €	Assev.	Sostituzione di generatore di calore con generato di calore a biomassa <ul style="list-style-type: none"> - rendimento termico utile nominale non inferiore a 85% e rispetto delle norme specifiche per la tipologia di impianto
			Spese	Smontaggio e dismissione dell'impianto esistente e fornitura e posa in opera di tutte le apparecchiature termiche, meccaniche, elettriche ed elettroniche delle opere idrauliche e murarie necessarie per la sostituzione a regola d'arte dell'impianto termico esistente.
 (Legge 208/15, art. 1, comma 88)	65%	60.000 €	Assev.	Dispositivi per il controllo da remoto degli impianti <ul style="list-style-type: none"> - mostrare attraverso canali multimediali i consumi energetici, mediante la fornitura periodica dei dati - mostrare le condizioni di funzionamento correnti e la temperatura di regolazione degli impianti - consentire l'accensione, lo spegnimento e la programmazione settimanale degli impianti da remoto.
			Spese	Fornitura e posa in opera di tutte le apparecchiature elettriche, elettroniche e meccaniche nonché le delle opere elettriche e murarie necessarie per l'installazione e la messa in funzione a regola d'arte, all'interno degli edifici, di sistemi di building automation degli impianti termici degli edifici.

Tabella 4.2: Interventi di efficienza energetica, Guida nazionale, regole per l'efficienza energetica degli edifici, fonte: www.anit.it

4.2.5 Fondo nazionale per l'efficienza energetica

Il Decreto Ministeriale 22 dicembre 2017, descrive le modalità di funzionamento del “Fondo nazionale per l'efficienza energetica”, al fine di favorire il finanziamento di interventi che permettano il raggiungimento degli obiettivi nazionali di efficienza energetica.

Gli interventi considerati riguardano:

- Il miglioramento dell'efficienza energetica dei servizi e/o delle infrastrutture pubbliche.
- Il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici di proprietà della Pubblica Amministrazione.
- Il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici destinati ad uso residenziale, come l'edilizia popolare.

In particolare i finanziamenti agevolati sono concessi da un minimo di 150.000 ad un massimo di 2.000.000 . Per gli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica delle infrastrutture pubbliche gli incentivi che possono essere rilasciati non supereranno l'80,0% dei costi di progetto⁵⁷.

⁵⁷ Fonte: www.anit.it

4.2.6 Conto termico 2019 GSE

Con il DM del 28 dicembre 2018, al fine di promuovere interventi di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici esistenti, si istituisce il Conto termico che prevede:

- Efficientamento dell'involucro di edifici esistenti, coibentazione pareti e coperture.
- Sostituzione degli infissi.
- Installazione di schermature solari.
- Sostituzione di impianti esistenti per la climatizzazione invernale.
- Sostituzione e installazione di impianti con fonti rinnovabili, in particolare solare termico.

Gli incentivi vengono confermati fino al 40,0% della spesa per gli interventi, e le amministrazioni pubbliche rientrano nella categoria alla quale è possibile rilasciare l'incentivo⁵⁸.

⁵⁸ Fonte: www.guidafisco.it

5. Quadro normativo di riferimento e buone norme in ambito scolastico

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici normativi e le buone norme per la realizzazione degli ambienti scolastici, si fa riferimento al Decreto Ministeriale del 18 dicembre 1975 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 nel febbraio 1976.

Nella tesi verranno considerate le nuove linee guida per la costruzione di nuove scuole, desunte dalla Conferenza unificata dell'11 aprile 2013. Gli obiettivi delle nuove linee guida sono riassumibili nei seguenti punti: garantire edifici scolastici sicuri, sostenibili, accoglienti e adeguati alle più recenti concezioni della didattica, sostenute dal percorso di innovazione metodologica intrapreso grazie alla progressiva diffusione delle ICT⁵⁹ nella pratica educativa.

In particolare i nuovi criteri andranno a dirigere la progettazione di ambienti didattici, di spazi e di dotazioni delle nuove scuole, rendendoli più adattabili alle esigenze didattiche e organizzative odierne. Al centro della formazione ci sono ambienti didattici flessibili e facilmente configurabili a seconda delle diverse necessità dei docenti e degli studenti, articolando sempre di più il percorso formativo dei giovani ragazzi⁶⁰.

In particolare si fa riferimento ad una serie di spazi che si discostano dal classico ambiente volto all'insegnamento frontale:

- Spazio di gruppo.
- Spazio laboratoriale.
- Spazio individuale.
- Spazio informale e di relax.

⁵⁹ Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione, l'insieme dei metodi e delle tecniche utilizzate nella trasmissione, ricezione ed elaborazione di dati e informazioni.

⁶⁰ Fonte: *Linee guida per la progettazione di nuovi edifici scolastici*, 2013.

5.1 Buone norme per la collocazione e servizi annessi

La localizzazione del complesso scolastico all'interno del centro abitato è fondamentale. In caso di nuova costruzione è bene scegliere con cura la collocazione all'interno del tessuto urbano seguendo una serie di accorgimenti, in modo tale da mantenere alta la qualità di benessere degli utenti interni e assicurandone la rappresentatività stessa.

Dopo un'attenta analisi descrittiva del contesto insediativo, come dati climatici, dati economici, dati infrastrutturali, dati geotecnici, servizi pubblici e accessibilità all'area, deve essere valutato l'impatto che l'opera avrà sul contesto ambientale in termini di salvaguardia dell'ambiente circostante.

La scelta del sito deve permettere la massima sfruttabilità delle risorse naturali e dei servizi offerti già presenti, appartenenti al contesto di inserimento.

La normativa prescrive infatti che le scuole debbano essere collocate "in località aperta, possibilmente alberata e ricca di verde, che consenta il massimo soleggiamento o che sia comunque, una delle migliori in rapporto al luogo"⁶¹.

Alla scuola dovranno essere annessi dei servizi basilari come aree parcheggi per dipendenti, nel caso di assenza di parcheggi interni ed altri tipi di servizi per la mobilità pulita. In particolare è opportuno che la scuola, oltre ad essere collegata ad un servizio di trasporto pubblico o di trasporto dedicato, sia servita nelle vicinanze da un percorso ciclo-pedonale, con relativi posteggi per le biciclette. Questo permette agli studenti di potersi muovere in autonomia senza l'ausilio di mezzi privati.

In particolare la scuola deve essere raggiungibile a piedi dagli studenti, in un raggio massimo di 1.000m, in tempi che vanno dai 15 min. ai 30 min. massimi. In caso non fosse possibile soddisfare tale requisito si dovrà procedere con l'organizzazione di un servizio pubblico gratuito per il trasporto degli studenti.

⁶¹ Fonte: *D. M. 18-12-1975* pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 febbraio 1976, Art. 1.1.4.

Nel caso di una scuola esistente alla quale si applichi un progetto di riqualificazione, questi requisiti dovranno essere verificati ed in caso di assenza, opportunamente soddisfatti tramite specifiche misure.

La nuova normativa introduce il concetto di “*civic center*”⁶² ovvero la giusta collocazione della scuola in modo tale che possa fulcro nevralgico del tessuto urbano circostante, contribuendone al miglioramento della sua qualità. È importante scegliere zone salubri, non soggette a disturbi veicolari o dovuti ad attività industriali, permettendo lo svolgimento delle attività all’aria aperta.

“La scuola, come luogo fisico, diventerà un ambiente di interazione allargata e di confronto, che mano a mano supererà gli spazi tradizionali dell’aula e dei corridoi. La immaginiamo come un vero e proprio Hub della conoscenza. Aperto agli studenti e alla cittadinanza, centro di coesione territoriale e di servizi alla comunità, un vero e proprio centro civico”⁶³.

⁶² Nuova visione delle strutture scolastiche. Scuole aperte e contigue al territorio, gestite tramite approcci innovativi con particolari attenzioni per gli studenti e per l’attività di inclusione sociale.

⁶³ Discorso del Ministro Prof. Francesco Profumo per l’Inaugurazione dell’Anno scolastico 2012-2013, Palazzo del Quirinale – Roma, 25 settembre 2012, pag. 3-4.

5.2 Indicazioni dimensionali

La scuola deve essere caratterizzata da ambienti complessi e variegati, per permettere agli studenti di avere un accrescimento sensoriale. In generale si vuole migliorare la qualità del benessere degli utenti, che nella loro attività didattica dovranno sviluppare sensi civici e di responsabilità.

La norma prescrive un numero minimo ed un numero massimo di studenti, con relativo numero di classi e indici di metratura da rispettare a seconda della popolazione scolastica.

Come riportati dalle tabelle, si ammettono un numero di classi non inferiore a 6 e non superiore a 24, per un numero di studenti che va dai 150 ai 750 alunni per struttura.

Di seguito si riportano le tabelle riguardanti le dimensioni ottimali che riguardano una scuola media:

Numero classi o sezioni	Scuola media		
	superficie totale m ²	per sezione m ²	per alunno m ²
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	4.050	675	27,00
7	4.375	625	25,00
8	4.960	620	24,80
9	5.490	610	24,40
10	5.870	587	23,50
11	6.490	590	23,60
12	6.840	570	22,80
13	7.215	555	22,20
14	7.840	560	22,40
15	8.175	545	21,80
16	8.640	540	21,60
17	8.925	525	21,00
18	9.306	517	20,70
19	9.728	512	20,50
20	10.100	505	20,20
21	11.500	550	22,00
22	11.990	545	21,80
23	12.351	537	21,50
24	12.600	525	21,00
25	-	-	-
30	-	-	-

Tabella 5.1: dimensioni a seconda del numero di classi, fonte: D. M. 18-12-1975 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 febbraio 1976.

Numero classi	Numero alunni	Scuola media	
		m ² /classe	m ² /alunno
5	125	-	-
6	150	275,50	11,02
7	175	-	-
8	200	-	-
9	225	240,25	9,61
10	250	-	-
11	275	-	-
12	300	219,50	8,78
13	325	-	-
14	350	-	-
15	375	212,50	8,50
16	400	-	-
17	425	-	-
18	450	202,50	8,10
19	475	-	-
20	500	-	-
21	525	211,25	8,45
22	550	-	-
23	575	-	-
24	600	201,50	8,06
25	625	-	-

Tabella 5.2: superfici lorde per sezione, per classe, per alunno, fonte: D. M. 18-12-1975 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 febbraio 1976.

Descrizione degli spazi	n. classi 6		n. classi 9		n. classi 12		n. classi 15		n. classi 18		n. classi 21		n. classi 24	
	n. alunni 150	n. alunni 225	n. alunni 300	n. alunni 375	n. alunni 450	n. alunni 525	n. alunni 600	m ² /alunno oppure, m ²						
1 Attività didattiche:														
- attività normali	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
- attività speciali	1,00	0,80	0,76	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
- attività musicali	0,24	0,18	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Indice di superficie totale riferito alle attività didattiche														
min.	3,04	2,78	2,69	2,71	2,70	2,58	2,50							
max.	3,19	3,19	3,08	3,10	3,02	2,95	2,85							
2 Attività collettive:														
- attività integrative e parascolastiche	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
- biblioteca alunni	0,40	0,27	0,23	0,20	0,17	0,17	0,15							
- mensa e relativi servizi (1*)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50							
3 Attività complementari:														
- atrio	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
- uffici ecc	0,90	0,60	0,45	0,42	0,37	0,31	0,28							
Indice di superficie globale netta	7,89	6,93	6,53	6,48	6,35	6,10	5,92							
Indice di superficie max netta globale	8,10	7,50	7,08	7,03	6,80	6,62	6,41							
Somma indici parziali														
min.	5,64	4,95	4,67	4,63	4,54	4,36	4,23							
max.	5,79	5,36	5,06	5,02	4,86	4,73	4,58							
Connettivo e servizi igienici (40% della somma precedente)														
min.	2,25	1,98	1,86	1,85	1,81	1,74	1,69							
max.	2,31	2,14	2,02	2,01	1,94	1,89	1,83							
4 Spazi per l'educazione fisica:														
Palestra, servizi palestra, ecc	tipo A ₁ 330 m ²	tipo A ₂ 630 m ²												
5 Alloggio per il custode (se richiesto) netti														
	80 m ²													

Tabella 5.3: indici standard di superficie netta, fonte: D. M. 18-12-1975 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 febbraio 1976.

Secondo la normativa del 1975 le classi devono essere strutturate in maniera tale da:

- Permettere lo svolgimento di attività didattiche in maniera singola e in lavori di gruppo.
- Accogliere tutte le attrezzature e gli arredi per lo svolgimento delle attività singole e di gruppo, in stato di sicurezza.
- Relazionarsi attraverso spazi di distribuzione o aperture visive con gli altri ambienti della scuola.

Devono essere previste aule per lo svolgimento di attività scientifiche, tecniche e artistiche.

- Attività scientifiche: ambienti caratterizzati da aree per deposito dei materiali, per mostre temporanee e per l'insegnamento, contenenti arredi ed attrezzature per il lavoro manuale.
- Attività artistica: ambienti che permettano una facile variabilità degli arredi in base alle esigenze dell'attività svolta al suo interno.
- Attività musicale: ambienti di dimensioni adeguate che possano contenere gli strumenti per lo svolgimento delle attività, opportunamente insonorizzati.

Risulta inoltre rilevante la necessità di avere spazi polivalenti come: spazi per spettacoli, riunioni ed altre attività simili, risultanti da trasformazioni di altri spazi di dimensioni ridotte e autonomi; una biblioteca, che permettere la lettura, la consultazione e lo scambio di informazioni tra gli studenti; una palestra, dimensionata in base al numero di classi presenti. Essa deve essere di superficie pari a 200 m² nel caso vi siano dalle 6 alle 20 classi, o da due spazi da 200 m² ciascuno in caso di un numero superiori di classi.

Le nuove linee guida del 2013 introducono descrizioni dettagliate per gli spazi per le attività come piazze ed agorà, luoghi di apprendimento informale e aree a cielo aperto.

Oggi giorno, l'attività pedagogica presenta nuove esigenze che vanno a definire ambienti altamente flessibili. Essi devono permettere una facile trasformazione da parte degli studenti e devono essere integrati almeno parzialmente con gli altri ambienti della scuola, accogliendo presentazioni, piccoli convegni e momenti di confronto.

- Lo spazio di gruppo, che prevede attività di aggregazione da parte degli studenti, sia verticali che orizzontali, permettere di mantenere lo studente al centro del processo di apprendimento. L'insegnante prende il ruolo di accompagnatore nelle attività, aiutando gli studenti ad organizzare il loro lavoro.
- Lo spazio individuale, dove poter svolgere attività singole, come la lettura e lo studio, è uno spazio distaccato dall'aula didattica, contenente strumentazioni per collegarsi alla rete internet.
- La piazza e l'agorà sono le due principali novità: la prima, ospita le funzioni pubbliche della scuola ed è luogo di riunioni e feste. Rappresenta il concetto stesso della piazza di quartiere, vista come luogo di incontro e di aggregazione sociale. La seconda, è il fulcro funzionale della scuola, il centro direzionale della distribuzione che connette tutte le attività all'interno del complesso. Essa può essere associata ad un fabbricato distaccato dalla scuola o a più semplicemente un palco rialzato, divisibile dagli ambienti scolastici, dotato di proiettori, luci ed attrezzature audio - visive. Ottimale sarebbe la possibilità di permettere proiezioni notturne potendo oscurare l'ambiente.

5.3 Comfort luminoso

Il comfort luminoso e la sua normazione in ambito scolastico è trattato dal Decreto Ministeriale del 18 dicembre 1975, che non risulta più essere obbligatorio dopo la sua abrogazione del 1996, ma rimane comunque il principale riferimento tecnico.

Ad esso si affiancano due normative tecniche, in particolare la UNI EN 12464-1 del 2011⁶⁴, che tratta la regolazione e il controllo della luce e dell'illuminazione nei posti di lavoro, "*Parte 1: posti di lavoro interni*", e la UNI 10840 del 2007⁶⁵, che tratta la regolazione ed il controllo della luce e dell'illuminazione nei locali scolastici, "*Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*".

Il Decreto Ministeriale 18-12-1975 risponde a quelli che sono i requisiti da rispettare all'interno degli ambienti scolastici. Si delinea la necessità di creare uno stretto rapporto mediante l'integrazione dell'illuminazione naturale con quella artificiale, in ogni punto di lavoro all'interno degli ambienti scolastici.

Si devono evitare fenomeni di abbagliamento regolando la luce diurna diretta e la luce provocante abbagliamento indiretto tramite opportune tecnologie ombreggianti e tramite una scelta accurata dei materiali delle finiture interne.

Il fattore medio di luce diurna⁶⁶ deve rispettare i seguenti valori:

- Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.) 0,03
- Palestre, refettori 0,02
- Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici 0,01

Dovranno esserci inoltre locali che permettano il completo oscuramento degli ambienti. Di seguito si riporta la tabella descrittiva l'equilibrio delle luminanze, esprimendo i livelli minimi di illuminamento artificiale e naturale.

⁶⁴ UNI EN 12464-1 "*Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni*", luglio 2011.

⁶⁵ UNI 10840 "*Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*", maggio 2007.

⁶⁶ Si tratta del rapporto tra l'illuminamento così come misurato in un punto dell'ambiente interno e quello misurato all'esterno, su una superficie orizzontale esposta alla volta celeste senza alcuna ostruzione in una condizione di cielo coperto.

Illuminamento sul piano di lavoro	lux
.	
Sul piano dei tavoli negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300
Sulle lavagne e sui cartelloni	300
Sul piano di lavoro negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori, negli uffici	200
Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento	100
Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100

Tabella 5.4: illuminamento minimo sul piano di lavoro, fonte: D. M. 18-12-1975 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 febbraio 1976.

La norma tecnica UNI EN 12464-1⁶⁷ individua indicazioni generali di buona pratica, ammettendo illuminazione naturale, artificiale o mista, non andando quindi a limitare quella che è l'attività progettuale.

Criteri di progettazione illuminotecnica:

- Distribuzione delle luminanze: garantire l'aumento della nitidezza visiva, la luminanza di tutte le superfici, evitare abbagliamento, contrasti elevati e allo stesso tempo contrasti bassi (ambienti monotoni e poco stimolanti).
- Mantenere il valore minimo di illuminamento uniforme.
- Il fenomeno dell'abbagliamento da riflessione, da superfici speculari o molesto da apparecchi di illuminazione o da finestre, è causa di errori ed incidenti; prevedere opportune schermature in modo da evitare il fenomeno e collocare gli apparecchi evitando riflessioni che velino le immagini; prediligere pareti e soffitti chiari.
- La direzione della luce deve garantire una corretta percezione dell'ambiente e permettere il normale svolgimento delle attività, non avendo quindi ombre troppo dure e non avendo luce troppo diffusa che appiattirebbe lo spazio.
- Luce diurna: è opportuno assicurare un corretto dosaggio tra illuminazione artificiale e naturale, bilanciando le luminanze e collocando elementi per la regolazione luminosa

⁶⁷ UNI EN 12464-1 "Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: posti di lavoro in interni", ottobre 2011.

La norma UNI 10840⁶⁸ va a regolare la progettazione nello specifico per le aule e i locali per la didattica.

In particolare si pone l'attenzione sulle porzioni di superfici finestrate, che oltre a garantire un illuminamento diffuso, che non danno luogo a fenomeni di abbagliamenti puntuale se opportunamente controllate, garantiscono anche un buon livello di contatto con l'esterno della scuola. La norma invita a controllare le dimensioni e le posizioni delle finestrate e di prevedere dei sistemi di controllo abbinati alle superfici vetrate.

Nella seguente tabella vengono riportati in dettaglio quelli che sono i requisiti minimi per tipologie di ambienti:

⁶⁸ UNI EN 10840 "Luce e illuminazione – Locali scolastici – Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale", maggio 2007.

Tipo di compito od attività in interni	Illuminamento medio mantenuto E_m [lx]	Valore massimo Indice unificato di abbagliamento (se applicabile al luogo) UGR_L	Valore minimo Indice di resa del colore R_a	Note e consigli
Edifici scolastici				
Locali scolastici				
Aule scolastiche	300	19	80	Illuminazione regolabile
Aule per corsi serali e per adulti	500	19	80	Illuminazione regolabile
Sale lettura	500	19	80	Illuminazione regolabile
Lavagna	500	19	80	Evitare riflessioni speculari
Tavolo per dimostrazioni	500	19	80	Nelle sale lettura 750 lx
Aule educazione artistica	500	19	80	
Aule educazione artistica in scuole d'arte	750	19	90	Temperatura colore T_{CP} 5000 K
Aule per disegno tecnico	750	16	80	
Aule per educazione tecnica e laboratori	500	19	80	
Aule lavori artigianali	500	19	80	
Laboratorio di insegnamento	500	19	80	

Aule di pratica della musica	300	19	80	
Laboratori di informatica	300	19	80	Rispettare le prescrizioni previste per i videotermini
Laboratori linguistici	300	19	80	
Aule di preparazione e officine	500	22	80	
Ingressi	200	22	80	
Zone di circolazione, corridoi	100	25	80	
Scale	150	25	80	
Sale comuni per gli studenti e aula magna	200	22	80	
Sale professori	300	19	80	
Biblioteca: scaffali	200	19	80	
Biblioteca: zone di lettura	500	19	80	
Magazzini materiale didattico	100	25	80	
Palazzotti, palestre, piscine (uso generale)	300	22	80	Per l'illuminazione di installazioni sportive specifiche fare riferimento alla norma UNI EN 12193
Mensa	200	22	80	
Cucina	500	22	80	

Tabella 5.5: requisiti minimi di illuminamento per tipologia di ambiente, fonte: UNI EN 12464-1 "Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni", luglio 2011.

5.4 Comfort acustico

La normativa principale di riferimento per la progettazione e la verifica dei requisiti acustici è il DPCM del 5 dicembre 1997⁶⁹. Regolamentando il controllo del rumore di fondo ed il controllo della riverberazione, si garantisce il comfort agli utenti.

La norma tecnica alla quale ci si riferisce è la UNI 11532-1⁷⁰ che definisce gli obiettivi da raggiungere in termini di:

- Qualità acustica (tempo di riverberazione, indice di trasmissione del parlato, chiarezza del parlato).
- Rumorosità degli impianti (livello di rumore indotto dagli impianti a funzionamento continuo immesso nel medesimo ambiente in cui si origina).
- Requisiti acustici passivi degli edifici (con riguardo anche alle strutture interne alla medesima unità immobiliare).

I principali requisiti acustici sono:

- Tempo di riverberazione: nelle aule arredate in presenza di massimo due persone, a frequenze di 250-500-1.000-2.000Hz, deve essere pari e non superiore a 1,2s
- Nelle palestre il tempo di riverberazione massimo ammissibile deve essere pari a 2,2s
- Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti: $\geq 50\text{dB}$
- Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti: $\geq 45\text{dB}$

Nella pagina successiva si riportano le tabelle contenenti le prestazioni di base e superiori e le prestazioni di isolamento rispetto ad ambienti di uso comune e collettivo.

⁶⁹ D.P.C.M. 5-12-1997 – “Requisiti acustici passivi degli edifici”.

⁷⁰ UNI 11532-1 “Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali”, marzo 2018.

Requisito	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nt,w}$ [dB]	≥ 38	≥ 43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	≥ 50	≥ 56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} [dB]	≤ 63	≤ 53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{eq} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	≤ 32	≤ 28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{eq} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	≤ 39	≤ 34
Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, $L_{Aeq,nt}$ all'interno delle aule, biblioteche, ecc. (requisito derivante dalla UNI 8199) [dB(A)]	≤ 35	≤ 30
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nt,w}$ [dB]	≥ 50	≥ 55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nt,w}$ [dB]	≥ 45	≥ 50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} [dB]	≤ 63	≤ 53

Tabella 5.6: prestazioni di base e superiori, fonte: UNI 11532-1 "Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali", tabella 3.1.

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture, $D_{nt,w}$ [dB]
Prestazione ottima	≥ 34
Prestazione buona	≥ 30
Prestazione di base	≥ 27
Prestazione modesta	≥ 23

Tabella 5.7: prestazioni di isolamento rispetto ad ambienti di uso comune e collettivo, fonte: UNI 11532-1 "Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali", tabella 3.2.

5.5 Qualità dell'aria

“Il comfort nei locali confinati è legato a fattori dipendenti dalle caratteristiche fisiologiche, psicologiche e sociali delle persone che sono all'interno degli ambienti, all'attività metabolica, al vestiario e ad alcuni parametri fisici caratteristici dello spazio in questione”⁷¹.

Negli ambienti scolastici, dove i soggetti sono giovani e sensibili, il comfort è un fattore fondamentale per le scelte progettuali. La salubrità dell'aria ricompre un ruolo importante. Infatti se la gestione dell'aria e dei suoi ricambi viene mal gestita, può influire negativamente sull'attività degli studenti, favorendo cali di concentrazione, discomfort fisico e affaticamento.

Il Decreto Ministeriale 18-12-1975 resta un valido strumento per la corretta progettazione e risoluzione ai problemi della gestione dell'aria garantendone la sua salubrità.

Ad esso si associano una serie di normative a livello europeo e nazionale per il rispetto degli standard di qualità dell'aria. La UNI EN 13779⁷², attualmente abrogata, si applicava alla progettazione e alla realizzazione dei sistemi di ventilazione e climatizzazione per gli edifici non residenziali. Essa definiva i principali parametri per gli impianti di ventilazione e climatizzazione, senza però introdurre il tema della ventilazione naturale.

In sostituzione della UNI EN 13779, viene emanata una nuova norma tecnica, la UNI EN 16798-3⁷³. Essa si applica alla progettazione, al rendimento energetico degli edifici e all'implementazione di sistemi di ventilazione e condizionamento.

A livello nazionale si prende in considerazione la UNI 10339⁷⁴, che fornisce la classificazione degli impianti, la definizione dei requisiti minimi e i valori delle grandezze di riferimento durante il loro funzionamento.

⁷¹ Ernesto Antonini, Andrea Boeri, *Progettare Scuole Sostenibili*, Monfalcone (GO), EdicomEdizioni, 2011, p. 106.

⁷² UNI EN 13779 “Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione”, febbraio 2008.

⁷³ UNI EN 16798-3 “Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)”, marzo 2018.

⁷⁴ UNI 10339 “Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura”, giugno 1997.

Le principali caratteristiche igrometriche dell'aria interna per il corretto mantenimento di comfort e di salubrità dell'aria negli ambienti scolastici sono:

- Temperatura interna: nelle condizioni invernali deve essere sempre pari a $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ed in nessun punto delle superfici interne delle chiusure opache deve essere registrata una temperatura superficiale che vada al di sotto di 14 °C , per evitare i fenomeni di condensa superficiale.
- Umidità relativa: i valori di umidità relativi ammissibili vanno dal 45% al 55%.
- Ricambi d'aria: nel caso delle scuole medie, per garantire la purezza chimica e microbiologica dell'aria il valore di ricambio d'aria deve essere pari a $3,5\text{ h}^{-1}$, pari a $1,5\text{ h}^{-1}$ per gli ambienti di passaggio e gli uffici e a $2,5\text{ h}^{-1}$ per i servizi igienici, le palestre e i refettori.
- In caso di zone altamente inquinate, le bocchette d'aria devono essere predisposte per trattare l'aria prima dell'ingresso negli ambienti

5.6 Risparmio energetico

Il quadro normativo che ha la base giuridica nella Direttiva comunitaria 2002/91/CE – EPBD⁷⁵ e nella Direttiva comunitaria 2010/31/UE - EPBD 2⁷⁶, che prevedono per gli Stati Membri gli accorgimenti e le strategie per soddisfare i requisiti sul risparmio energetico imposti a livello comunitario.

La 2002/91/CE – EPBD ha come fine quello di riavvicinare e raggruppare le diverse disposizioni legislative dei Paesi Membri dell'Unione Europea. Essa governa un quadro generale per una metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche del costruito e l'applicazione dei requisiti minimi a nuovi edifici e a quelli esistenti soggetti a ristrutturazione. Regola inoltre la redazione della Certificazione Energetica. Un altro importante aspetto che viene introdotto è quello che riguarda edifici con superfici utili elevate, superiori ai 1.000 m², definiti dalla direttiva come “*edifici esistenti di grandi metrature*”. Essi dovranno essere sottoposti a lavori di ristrutturazione per garantire il miglioramento del loro rendimento energetico.

La 2010/31/UE - EPBD 2, emanata otto anni più tardi, riguarda sempre la prestazione energetica in edilizia. Tramite essa si sottolinea come gli edifici dell'Unione europea siano responsabili di circa il 40% del consumo globale di energia. Il tema dell'energia rinnovabile non è solamente a stretto contatto con il mondo dell'edilizia in termini di riduzione delle emissioni inquinanti, ma risulta essere anche importante per promuovere la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e lo sviluppo tecnologico. La Direttiva mira non solo ad aumentare il numero di edifici che rispettino i requisiti, ma a far aumentare anche il numero di edifici ad energia quasi zero.

A livello nazionale la Legge 10/91⁷⁷ tratta la politica futura sul risparmio energetico. Si chiarisce innanzitutto che il risparmio energetico non è solo un aspetto legato al manufatto edilizio in sé. “*Migliorare i processi di trasformazione dell'energia, di ridurre i consumi di energia e di migliorare le condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia a parità di servizio reso e di*

⁷⁵ Direttiva comunitaria 2002/91/CE – EPBD, “*Rendimento energetico nell'edilizia*”, 16 dicembre 2002.

⁷⁶ Direttiva comunitaria 2010/31/UE - EPBD 2, “*Prestazione energetica nell'edilizia*”, 19 maggio 2010.

⁷⁷ Legge 10/91, “*Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia nell'edilizia*”, 9 gennaio 1991.

*qualità della vita*⁷⁸. Da queste parole risulta essere chiara l'attenzione verso l'ambiente. La riduzione dei consumi non ha implicazioni solamente sulla resa dell'edificio. Ciò che davvero ne beneficia è l'ambiente: tramite l'accurata scelta di materiali sostenibili, caratterizzati da un alto tasso di riciclabilità, e la scelta consapevole di vettori energetici rinnovabili per l'energia primaria, si garantisce da un lato il minor impiego di risorse per lo smantellamento a fine vita dei manufatti e dall'altro una minore emissione di sostanze inquinanti. La legge del 1991 regola il settore termotecnico suddividendo la Nazione in sei zone climatiche, ciascuna delle quali differenziata con determinati periodi di servizio degli impianti termici di riscaldamento.

Con il Decreto Legislativo 192/2005⁷⁹ si recepisce la prima direttiva europea EPBD. Dalla precedente normativa si hanno importanti novità, quali la differenziazione per categorie di intervento⁸⁰, le nuove metodologie di calcolo e l'obbligatorietà della Certificazione Energetica. Il fine è l'utilizzo razionale dell'energia grazie all'informazione e alla sensibilizzazione degli utenti finali, categoria nella quale ricadono gli studenti ad esempio. L'educazione e la formazione sul tema dell'energia non restano più degli solo aspetti legati a tecnici di settore: si vuole trasmettere queste conoscenze ad una platea molto più ampia.

Con la Legge 90/2013⁸¹ si recepisce la "Direttiva 2010/31/UE - EPBD 2", regolando la prestazione energetica dei nuovi edifici e di quelli soggetti ad importanti interventi di ristrutturazione. Da qui vi è l'obbligo, per chi vende o affitta un immobile, di allegare all'interno del contratto l'Attestato di Prestazione Energetica, denominato "APE"⁸². Vengono confermate le possibili detrazioni fiscali in tema di riqualificazione energetica o in tema di ristrutturazioni edilizia. Si introduce la relazione tecnica, ovvero la documentazione che contiene tutte le informazioni necessarie per poter accertare e verificare il rispetto delle prescrizioni sul contenimento del consumo di energia degli edifici e dei loro relativi impianti termici.

⁷⁸ Legge 10/91, "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia nell'edilizia", 9 gennaio 1991, Art. 1.1.

⁷⁹ Decreto Legislativo 192/2005, "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia", 19 agosto 2005.

⁸⁰ Nuova realizzazione, ristrutturazione totale o parziale e sostituzione del generatore.

⁸¹ Legge 90/2013, "Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale", 3 agosto 2013.

⁸² Documento descrittivo delle caratteristiche energetiche di un edificio o di un'abitazione. Strumento di controllo che ne sintetizza le prestazioni energetiche attraverso la scala energetica.

Decreto Ministeriale 26/6/2015⁸³: si tratta del decreto oggi in vigore a livello nazionale che va ad agire e a regolamentare gli aspetti più tecnici in ambito energetico. Fornisce nuovi requisiti minimi, definisce gli edifici a energia quasi zero e le loro caratteristiche e fornisce le nuove linee guida nazionali per la Certificazione Energetica degli edifici. Esso descrive inoltre i nuovi modelli di relazione tecnica da dover allegare alla documentazione di progettazione degli edifici. Vi sono tre schemi: nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo e di secondo livello e interventi di riqualificazione energetica. Per il calcolo della prestazione energetica degli edifici si fa riferimento alle norme tecniche: la UNI/TS 11300⁸⁴ in particolare, descrive le procedure di calcolo standard per la verifica dei requisiti minimi, mentre la UNI EN ISO 13790⁸⁵ definisce la procedura per il calcolo dinamico.

Tra i requisiti da rispettare, si riportano qui quelli più ricorrenti⁸⁶:

- $EP_{H,nd}$: l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento [kWh/m²]
- $EP_{C,nd}$: l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento [kWh/m²]
- $EP_{gl,tot}$: l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio totale (ovvero sia rinnovabile che non rinnovabile) [kWh/m²]
- H^*_T : il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente [W/m²K]
- U_{lim} : la trasmittanza delle strutture opache e delle strutture tecniche trasparenti [W/m²K]
- Verifiche igrotermiche sul rischio di formazione delle muffe e della condensa interstiziale
- g_{gl+sh} : il valore del fattore di trasmissione solare totale della componente finestrata
- Presenza e di integrazione delle fonti energetiche rinnovabili nei campi rinnovabile termico e rinnovabile elettrico

⁸³ Decreto Ministeriale 26/6/2015, "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", 26 giugno 2015.

⁸⁴ UNI/TS 11300, "Prestazioni energetiche degli edifici", 2008 e successivi aggiornamenti.

⁸⁵ UNI EN ISO 13790, "Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento", 2008 e successivi aggiornamenti.

⁸⁶ Guida Nazionale, regole per l'efficienza energetica degli edifici, ANIT (Associazione Nazionale per l'Isolamento termico e acustico).

Legge regionale 28 maggio 2007, n. 13: è la Legge regionale che dà disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia. Essa però tramite la legge regionale dell'11-03-2015 n. 3 riguardante le "Disposizioni regionali in materia di semplificazione" viene abrogata. Fino alla promulgazione di nuovi provvedimenti da parte della Regione, saranno comunque da applicare le delibere regionali 43-11965, 45-11967 e 46-11968.

DGR 43-11965 (Disposizioni certificazione energetica): le disposizioni attuative nell'ambito della certificazione energetica degli edifici definiscono gli aspetti legati ai soggetti abilitati alla redazione della certificazione, alle modalità di svolgimento dei corsi di formazione, al modello di Attestato di Certificazione Energetica e alla procedura e modello di calcolo delle prestazioni energetiche.

DGR 45-11967 (Impianti a FER e serre solari): la Deliberazione della Giunta Regionale del 2007, fornisce disposizioni riguardanti la materia del rendimento energetico nell'edilizia, regolamentando i criteri per determinare il fabbisogno di ACS (acqua calda sanitaria) e le modalità di installazione di impianti fotovoltaici.

DGR 46-11968 (Stralcio di piano): la Deliberazione della Giunta Regionale del 2009, descrive le politiche, i provvedimenti e le azioni per la riduzione delle emissioni inquinanti. Regola le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici ed i loro requisiti minimi prestazionali fornendo specifiche prescrizioni sugli elementi costituenti l'involucro dell'edificio e sui suoi impianti.

DGR 24-2360 del 2/11/2015 (APE): la Deliberazione della Giunta Regionale del 2015, tratta l'argomento sui corsi di formazione per certificatori energetici abilitati al rilascio di attestati di prestazione energetica, regolamentando la struttura dei corsi di formazione. Essa regola inoltre la redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica.

6. Strategie per la progettazione

La progettazione sostenibile prevede l'ausilio di sistemi ed elementi che permettano lo sfruttamento delle risorse naturali. In particolare si tratta di sistemi attivi e passivi. Il primo gruppo racchiude in sé impianti solari, impianti fotovoltaici o sistemi per il recupero delle acque piovane. Essi sono definiti come sistemi attivi in quanto generalmente si utilizza dell'energia per poterli alimentare nel loro funzionamento. Il secondo gruppo invece, è composto dai sistemi passivi, ovvero quei sistemi i quali non necessitano di energia ausiliaria per il corretto funzionamento. Nella progettazione l'utilizzo dei sistemi passivi di raffrescamento degli edifici risulta essere ancora un tema poco chiaro a livello normativo. Rispetto alle direttive e alle norme riguardanti i miglioramenti energetici, i sistemi passivi non sono governati da norme. L'applicazione di questi per l'ottenimento del raffrescamento negli edifici diventa un compito designato al progettista, che applica un approccio concettuale al progetto⁸⁷.

Oggi giorno circa un quinto della popolazione mondiale vive in condizioni di clima caldo umido e caldo secco. Molte delle aree continentali interne sono caratterizzate da temperature estive oltre il limite di comfort⁸⁸. Questo fa sì che la richiesta di impianti di condizionamento all'interno degli edifici sia sempre maggiore, in particolar modo in Europa. Il problema della climatizzazione estiva, se affrontato in maniera errata, può implicare un sostanziale aumento del consumo di energia elettrica che attualmente, risulta essere prodotta ancora in gran parte da fonti energetiche fossili. L'approccio verso tecniche di raffrescamento passivo sarà uno dei prossimi grandi temi che il mondo dell'architettura e della progettazione si troveranno ad affrontare. I meccanismi passivi, ovvero quei meccanismi in grado di ottenere benefici all'interno degli ambienti tramite l'utilizzo di elementi naturali o elementi indotti, possono garantire condizioni di comfort con il minimo utilizzo di energie esogene.

⁸⁷ Mario Grosso, *Il Raffrescamento Passivo degli Edifici, in zone a clima temperato*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2017.

⁸⁸ Ibidem.

6.1 La vegetazione

La vegetazione è il primo sistema passivo per il raffrescamento passivo degli edifici. Differentemente dal terreno e dalle superfici dure architettoniche, essa è in grado di produrre variazioni microclimatiche nel suo intorno. La vegetazione ha caratteristiche che le permettono di limitare e filtrare l'irraggiamento solare in funzione della quantità di fogliame caratterizzante la chioma. Le sue caratteristiche sono multiple e riassumibili in tre punti:

- Capacità di assorbire e filtrare sostanze e polveri inquinanti presenti in atmosfera.
- Capacità di interporre in presenza di venti e di ridurre i loro effetti di discomfort.
- Capacità di far evaporare in tempi ridotti l'acqua piovana, riducendo i fenomeni di accumulo.

In termini progettuali la vegetazione trova una agevole applicazione ed è una valida soluzione al contrasto della formazione di isole di calore tipiche delle aree antropizzate. Tale fenomeno infatti crea forti situazioni di discomfort, soprattutto nelle ore più calde della giornata, costringendo i cittadini a trovare soluzioni alternative per sfuggire al calore, come l'utilizzo di impianti di climatizzazione. La temperatura delle foglie è in grado di ridurre la temperatura media radiante dell'ambiente circostante: basti pensare alla percezione di maggior benessere che si prova stazionando sotto gli alberi nelle grandi città. Il corretto accostamento di alberi e arbusti a zone permeabili verdi, può determinare una sostanziale riduzione dell'effetto di surriscaldamento localizzato, smorzando sensibilmente la temperatura percepita.

Con lo schema esemplificativo qui riportato, si vuole chiarire come la presenza della vegetazione possa regolare e far variare l'irraggiamento percepito sulle superfici retrostanti. La quota di radiazione trasmessa può variare molto: dal 15,0 al 30,0% di radiazione trasmessa in presenza di fogliame, e dal 55,0 al 65,0% in assenza di fogliame.

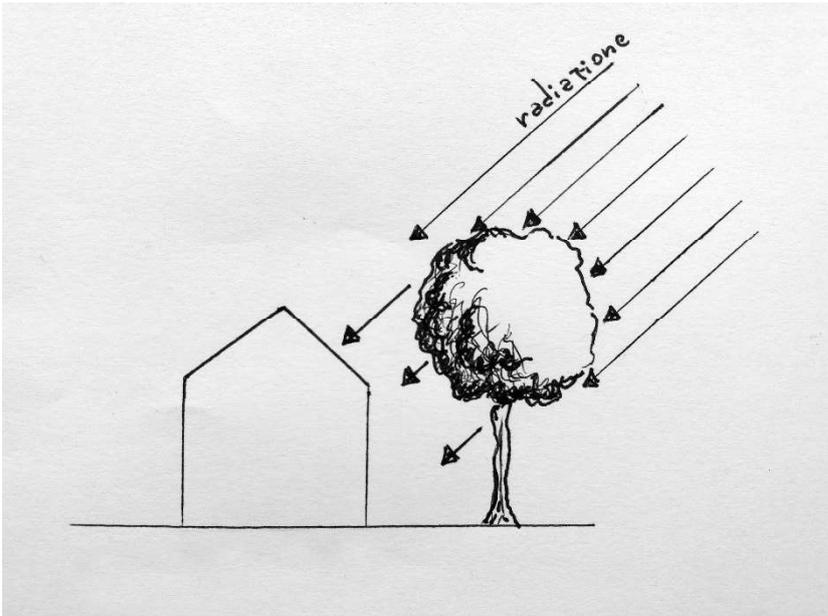


Figura 6.1: controllo differenziato della radiazione solare da parte di una pianta decidua: estate.

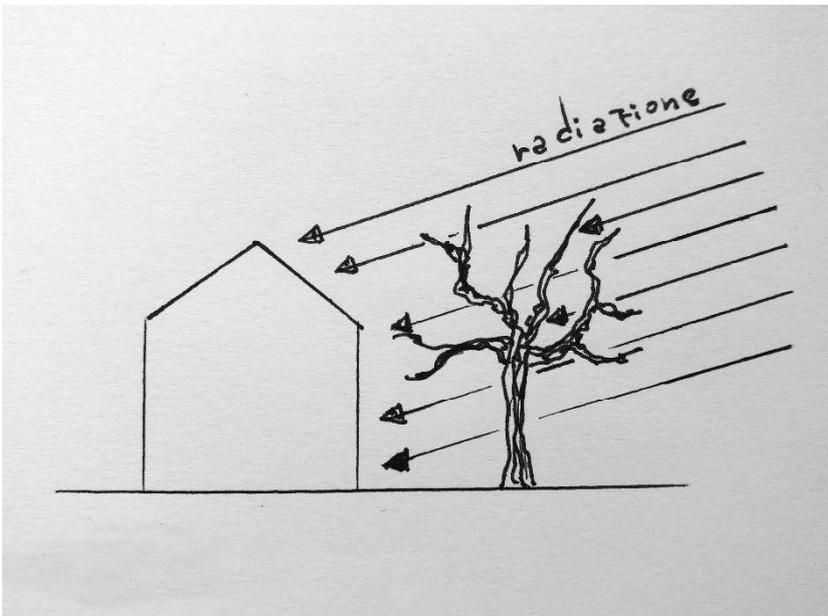


Figura 6.2: controllo differenziato della radiazione solare da parte di una pianta decidua: inverno.

È importante scegliere essenze arboree in grado di rispondere alle varie esigenze, ponendo attenzione a quelle che sono i periodi di fioritura e quindi di presenza del fogliame. La scelta deve tenere conto anche della posizione e dell'altezza della chioma rispetto al livello del suolo. Una chioma ad altezza medio - alta, in alberi che raggiungono altezze dai 20 ai 30m, può favorire fenomeni di raffrescamento nelle zone sottostanti, favorendo la formazione di leggere brezze a livello del suolo.

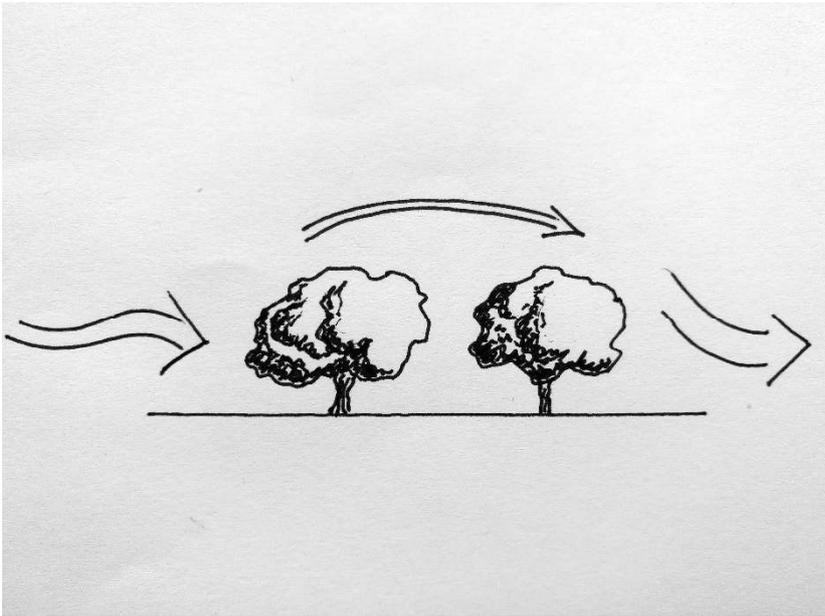


Figura 6.3: controllo differenziato delle brezze a seconda dell'altezza da terra della chioma: chioma bassa.

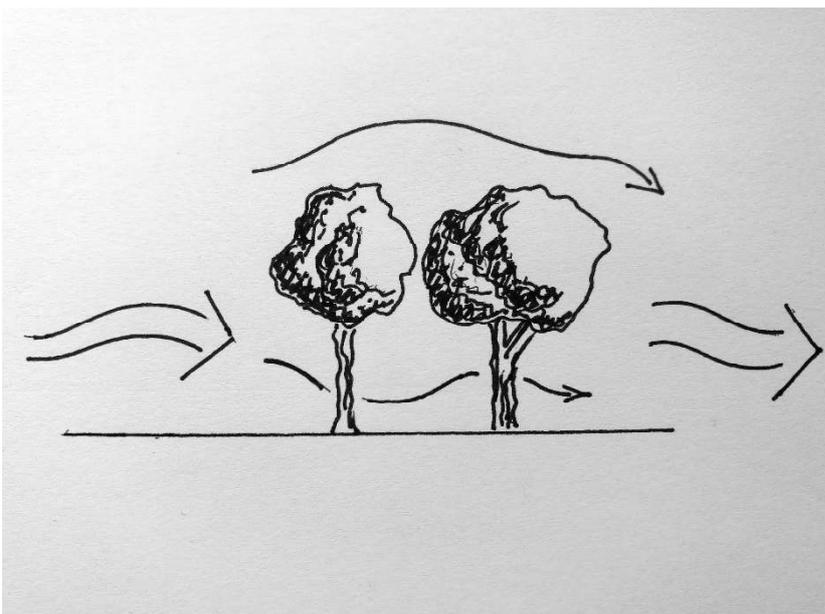


Figura 6.4: controllo differenziato delle brezze a seconda dell'altezza da terra della chioma: chioma medio - alta.

La vegetazione può inoltre risultare utile in zone lambite da venti consistenti, i quali grazie alle chiome degli alberi essi possono essere sensibilmente smorzati, dando luogo a zone di calma, dove le velocità dei venti vengono ridotte del 50,0%. Il sistema risulta essere utile anche nell'utilizzo in zone di depressione in adiacenza ad edifici isolati.

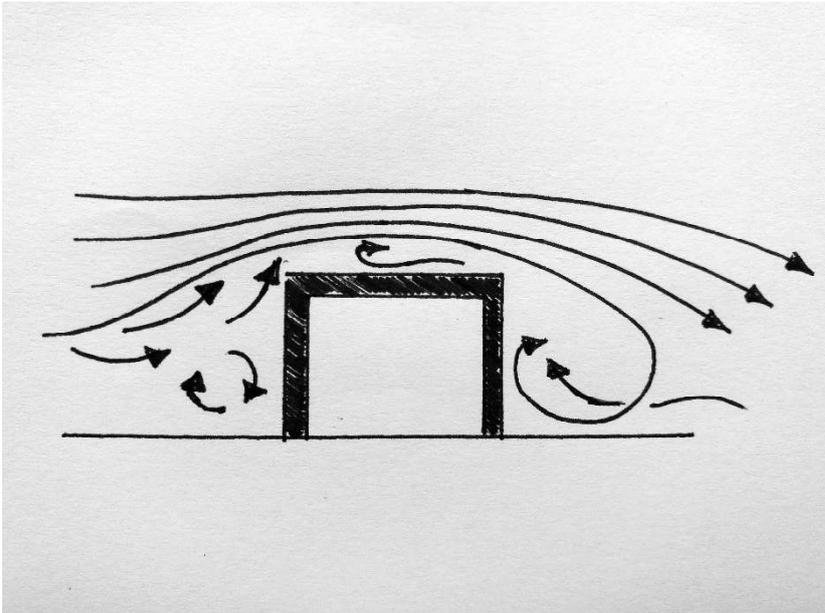


Figura 6.5: modificazione del flusso d'aria prodotta da un edificio: assenza di vegetazione.

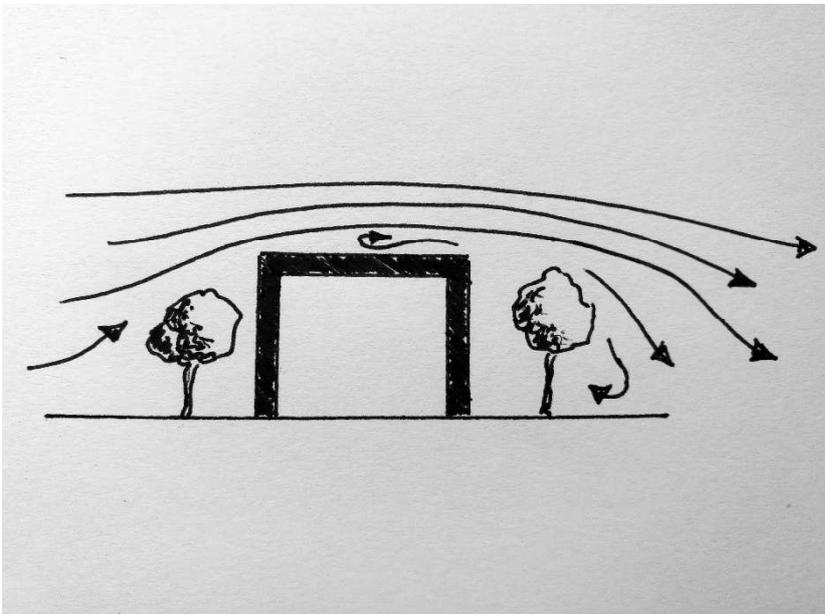


Figura 6.6: modificazione del flusso d'aria prodotta da un edificio: presenza di vegetazione.

6.2 Schermature solari

Gli schermi artificiali, chiamati anche frangisole, vengono spesso utilizzati per attuare il controllo della radiazione luminosa e per il loro carattere espressivo, che dona movimento e frammentazione alle facciate degli edifici. Il risultato che si ottiene è un gioco di luci e di ombre.

Le schermature verticali vengono classificate secondo le diverse tipologie, che fanno corrispondere differenti risposte energetiche in ambito di applicazione:

- Schermi interni: tende veneziane, tende a superficie piana o tende a doghe.
- Schermi a intercapedine: tende alla veneziana o tende plissettate o a superficie piana.
- Schermi esterni: tende alla veneziana, tende a superficie piana, frangisole a lamelle verticali e orizzontali, aggetti, sporti o griglie.

La geometria delle schermature risultare essere l'elemento più importante perché essa è in grado di garantire l'ottenimento o meno di un buon risultato finale. Esse infatti devono limitare il passaggio diretto dei raggi solari all'interno degli ambienti, soprattutto nelle ore centrali e nelle giornate estive. Questo permette di smorzare i fenomeni di surriscaldamento degli ambienti interni. Al tempo stesso devono però permettere il continuo contatto visivo con gli ambienti esterni e garantire il sufficiente passaggio luminoso di luce naturale per il mantenimento del livello di illuminamento medio. È importante dunque mantenere alto il fattore di vista di volta celeste permettendo l'illuminazione naturale degli ambienti. Le schermature solari orizzontali sono preferibilmente utilizzate sui fronti posti a sud, per limitare l'incidenza dei raggi solari nelle ore centrali. Le schermature solari verticali invece, sono di norma utilizzate sui fronti est e ovest, dove i raggi solari hanno una inclinazione minore e sono più radenti rispetto al terreno. Il livello di ottimizzazione si può ottenere con schermi mobili, i quali possono essere ruotati a seconda dell'inclinazione dei raggi

solari, i quali vengono opportunamente intercettati nelle diverse ore del giorno.

“Se lo schermo è a gestione fissa, dal punto di vista della geometria non può essere di tipo continuo, ma deve poter consentire la permeabilità visiva tra ambiente interno ed esterno e il giusto apporto di luce naturale”⁸⁹.

La posizione dello schermo è essenziale per la scelta del controllo termico: se essa viene posta all'interno dell'ambiente, le radiazioni solari avranno modo di entrare e surriscaldare, innalzando la temperatura interna. Se lo schermo viene posto all'esterno dell'ambiente climatizzato, esso sarà in grado di intercettare la radiazione solare prima della sua entrata in ambiente e di disperdere il calore in aria esterna.

Vengono qui riportati le principali tipologie di schermi solari con le relative maschere d'ombra.

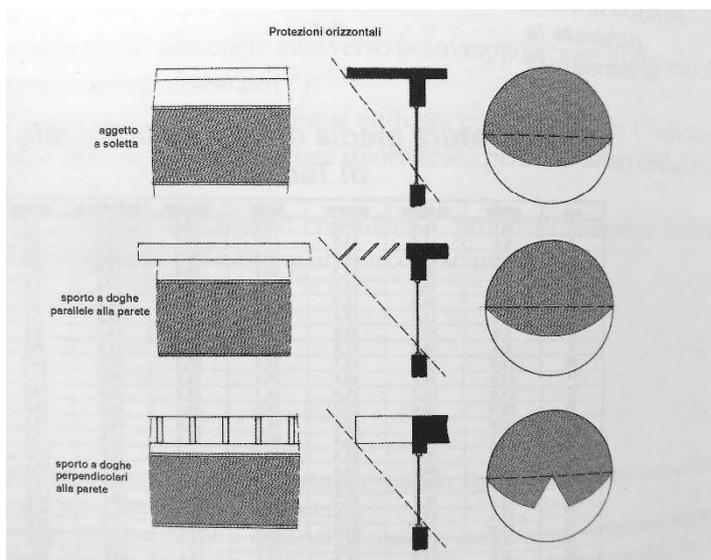


Figura 6.7: maschere d'ombra schermi esterni orizzontali, su piano perpendicolare rispetto alla chiusura trasparente.

⁸⁹ Mario Grosso, *Il Raffrescamento Passivo degli Edifici, in zone a clima temperato*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2017, p. 256.

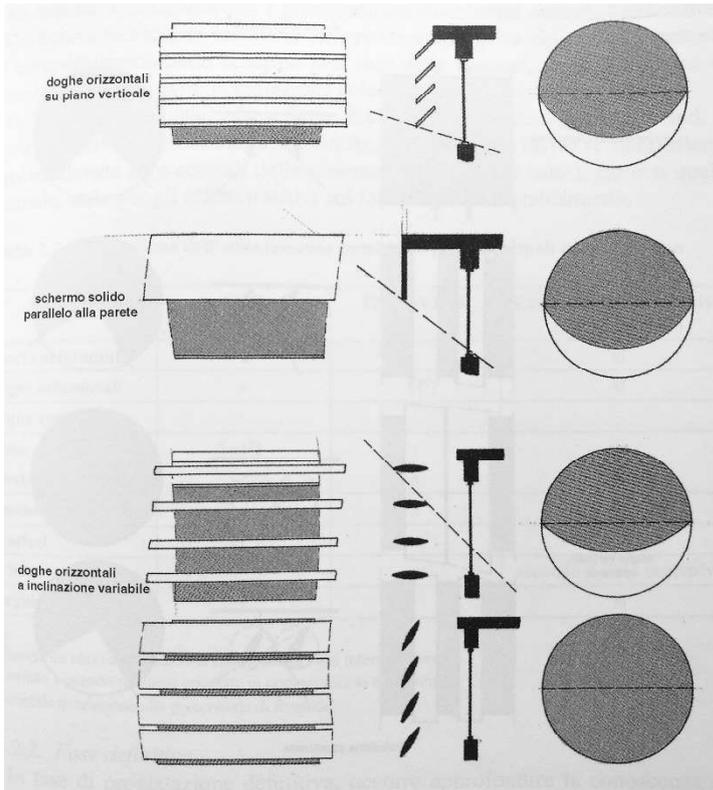


Figura 6.8: maschere d'ombra schermi esterni orizzontali, su piano parallelo rispetto alla chiusura trasparente.

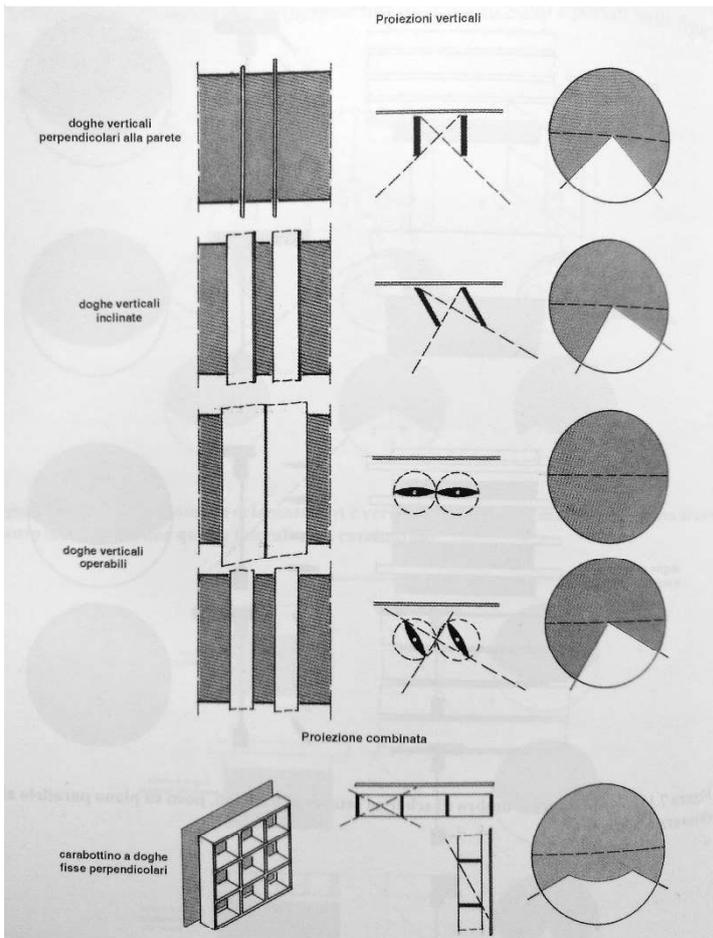


Figura 6.9: maschere d'ombra schermi esterni verticali.

7.0 Caso studio: istituto “Martiri della Libertà”

Il caso studio è quello della scuola secondaria di primo livello Martiri della Libertà, l'unica scuola di questo grado sul territorio comunale di Brandizzo.

Essa è a servizio di tutta la giovane popolazione del Comune, potendo contenere fino a 250 studenti, per un totale di 10 classi. L'elevata capienza permette di ospitare anche studenti provenienti da paesi limitrofi, che si trovano dinnanzi alla possibilità di poter raggiungere la scuola in semplicità grazie alla sua collocazione strategica a est del territorio comunale.

7.1 Andamento demografico del comune di Brandizzo

La scelta di lavorare su un caso studio con funzione pubblica ed in particolare una funzione scolastica nasce da motivazioni di ordine collettivo. L'interesse dimostrato da parte dei cittadini nei riguardi del tema della valorizzazione del patrimonio esistente è stato molto rilevante.

Ad avvalorare la scelta, dimostrando ancor più l'importanza che la scuola ricopre all'interno del tessuto sociale di Brandizzo, vi è l'andamento demografico del Comune. Rispetto alla media nazionale italiana, risulta infatti essere evidente dai dati analizzati, la controtendenza del dato “nascite – decessi” di Brandizzo. Esso infatti tende ad aumentare lievemente, rimanendo costante negli ultimi quindici anni.

Di seguito viene riportata in sintesi l'analisi demografica a livello comunale, regionale e nazionale, evidenziando quali siano le tendenze e le differenze rispetto al comune di Brandizzo.

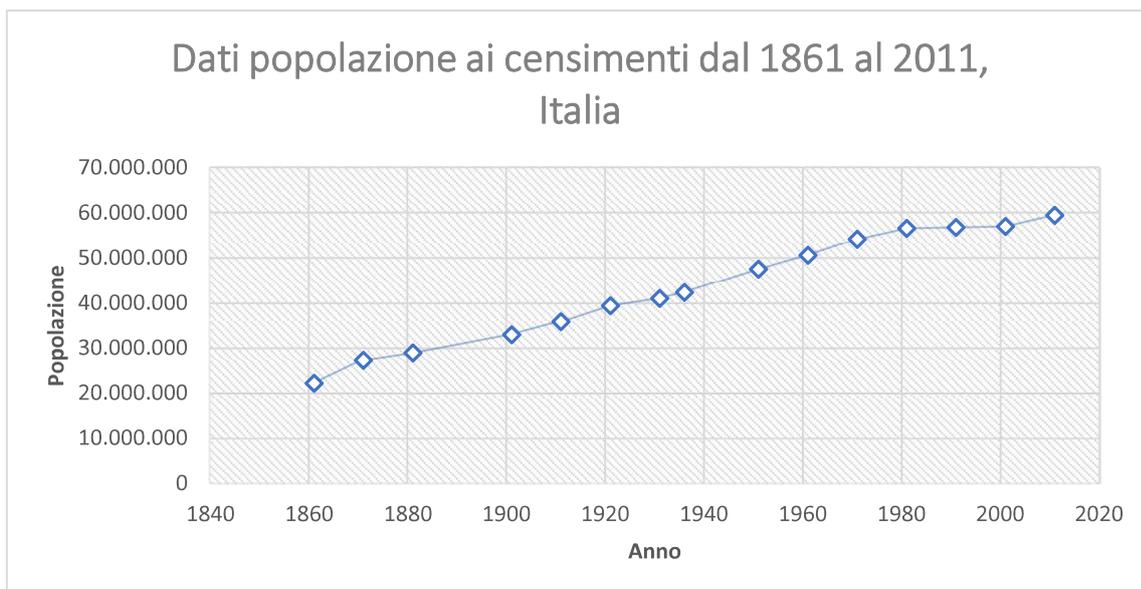


Grafico 7.1: popolazione ai censimenti, Italia, elaborazione su dati ISTAT

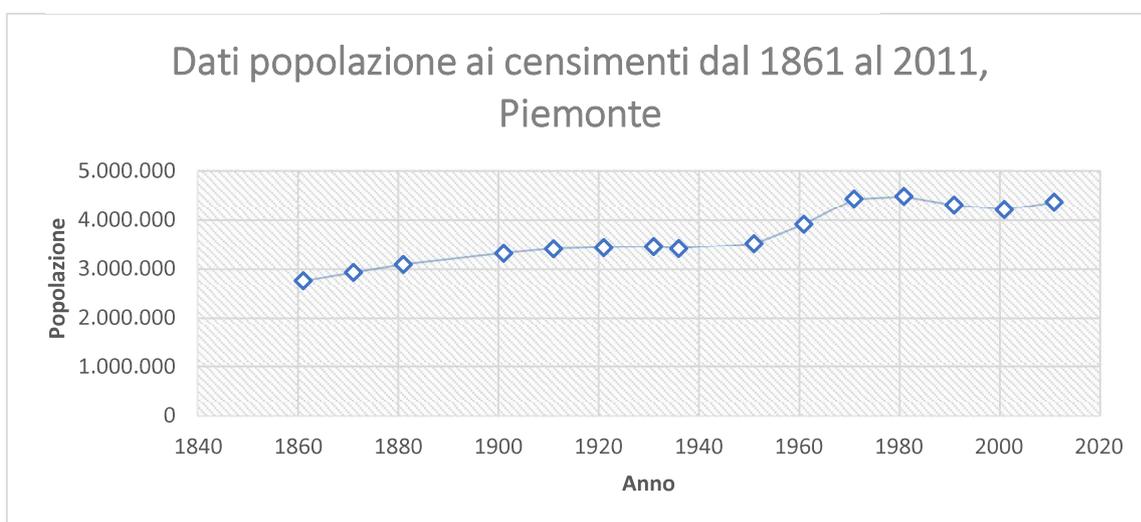


Grafico 7.2: popolazione ai censimenti, Piemonte, elaborazione su dati ISTAT



Grafico 7.3: popolazione ai censimenti, Brandizzo, elaborazione su dati ISTAT

Dall'analisi che precede risulta evidente quella che sia la situazione italiana: la curva positiva della crescita demografica nazionale, ha avuto negli anni Ottanta un calo che ha caratterizzato anche la Regione Piemonte e Brandizzo. In particolare nel paese si riscontra un boom delle crescite a partire dagli anni Sessanta, in coincidenza con il periodo di boom economico nazionale, segno questo che va a dimostrare come il Comune con la sua collocazione strategica alle porte di Torino, sia stato centro nevralgico del trasferimento di numerose famiglie.

La sostanziale differenza che però più interessa in ambito di tesi, è la percentuale di crescita registrata nei tre contesti nel corso degli ultimi censimenti. La crescita nazionale dell'ultimo censimento, quello del 2011, è pari al **4,30%**. La crescita percentuale piemontese risulta essere leggermente inferiore, pari al **3,50%**. La crescita percentuale di Brandizzo, rispetto ai due dati precedenti, risulta essere molto maggiore in percentuale; il dato evidenzia una crescita percentuale di più del doppio rispetto ai dati nazionali e regionali, pari al **13,10%**. Questo risulta essere significativo ai fini della tesi, avvalorando ancor di più la scelta dell'agire sul patrimonio esistente.

Di seguito viene riportata la tabella dei dati dei censimenti del Comune di Brandizzo, dal primo del 1861 fino a quello del 2011.

Censimento num.	Anno	Data rilevamento	Popolazione residenti	Var %
1°	1861	31-dic	1.493	-
2°	1871	31-dic	1.512	1,30%
3°	1881	31-dic	1.772	17,20%
4°	1901	10-feb	2.122	19,80%
5°	1911	10-giu	2.198	3,60%
6°	1921	01-dic	2.419	10,10%
7°	1931	21-apr	2.730	12,90%
8°	1936	21-apr	2.607	-4,50%
9°	1951	04-nov	3.014	15,60%
10°	1961	15-ott	4.096	35,90%
11°	1971	24-ott	6.619	61,60%
12°	1981	25-ott	6.802	2,80%
13°	1991	20-ott	7.051	3,70%
14°	2001	21-ott	7.430	5,40%
15°	2011	09-ott	8.402	13,10%

Tabella 7.1: popolazione ai censimenti, Brandizzo, elaborazione su dati ISTAT.

L'analisi si è successivamente concentrata nell'ambito comunale, andando ad analizzare l'andamento demografico in termini di popolazione residente negli ultimi sedici anni.

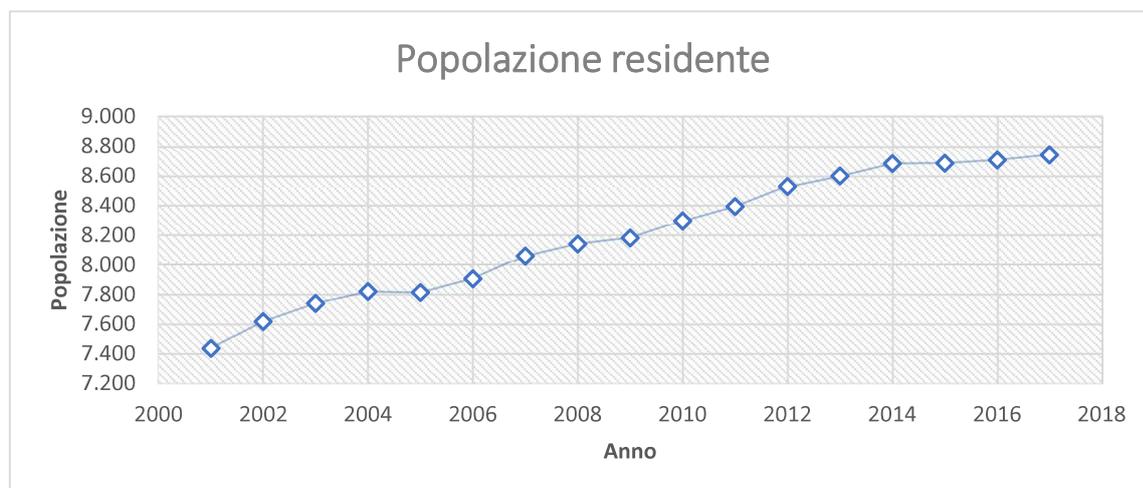


Grafico 7.4: popolazione residente, Brandizzo, elaborazione su dati ISTAT.

L'andamento numero di popolazione residente, che va non solo a tenere conto dei decessi e delle nascite, ma anche dei vari flussi migratori in termini di presa di residenza e non all'interno del Comune, conferma quello che viene già preannunciato dall'andamento decennale dei censimenti. Il numero di residenti registrato è in costante crescita. Questo ha portato negli anni ad un sempre maggiore sviluppo della comunità, che con il tempo ha necessitato di un numero sempre maggiore di abitazioni private.

Anno	Data rilevamento	Popolazione residente	Variazione assoluta	Variazione percentuale	Numero famiglie	Media componenti per famiglia
2001	31-dic	7.436	-	-	-	-
2002	31-dic	7.619	183	2,46%	-	-
2003	31-dic	7.741	122	1,60%	3.079	2,5
2004	31-dic	7.820	79	1,02%	3.129	2,49
2005	31-dic	7.813	-7	-0,09%	3.144	2,47
2006	31-dic	7.906	93	1,19%	3.237	2,43
2007	31-dic	8.060	154	1,95%	3.321	2,41
2008	31-dic	8.141	81	1,00%	3.365	2,41
2009	31-dic	8.182	41	0,50%	3.417	2,38
2010	31-dic	8.297	115	1,41%	3.482	2,37
2011	31-dic	8.394	97	1,17%	3.539	2,36
2012	31-dic	8.530	136	1,62%	3.596	2,36
2013	31-dic	8.600	70	0,82%	3.628	2,36
2014	31-dic	8.685	85	0,99%	3.669	2,36
2015	31-dic	8.687	2	0,02%	3.689	2,34
2016	31-dic	8.707	20	0,23%	3.731	2,32
2017	31-dic	8.743	36	0,41%	3.728	2,33

Tabella 7.2: popolazione residente, Brandizzo, elaborazione su dati ISTAT.

L'analisi del numero dei decessi in rapporto all'andamento del numero delle nascite, mostra come negli anni, le nascite, siano state maggiore rispetto ai decessi, con un picco in positivo nel 2011.

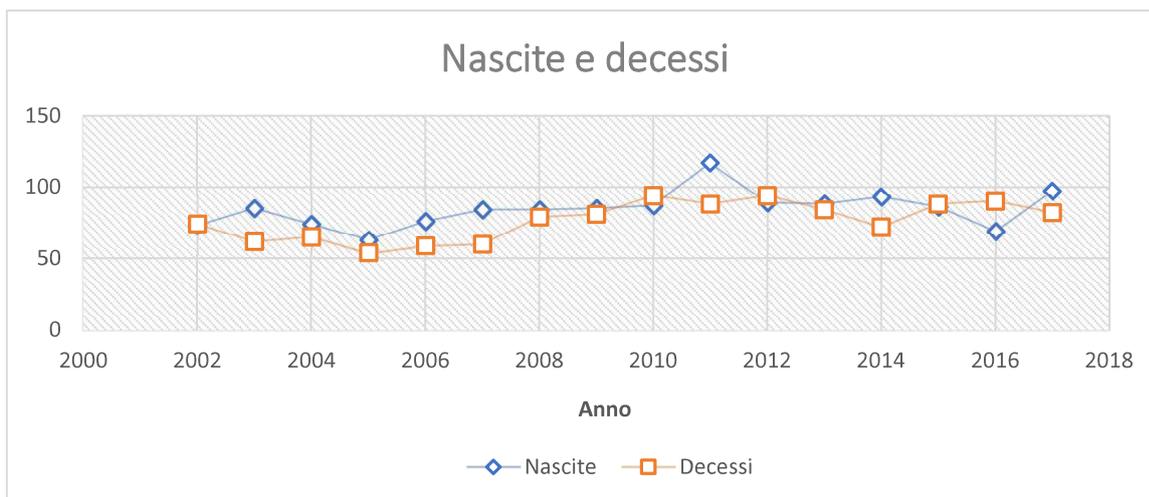


Grafico 7.5: nascite e decessi, Brandizzo, elaborazione su dati ISTAT.

L'analisi si conclude con i dati riguardanti la popolazione scolastica dagli 11 ai 14 anni presente sul territorio, negli anni che vanno dal 2002 al 2018. Il dato, in crescita, conferma quello che è l'esigenza del mantenimento in funzione dell'istituto a servizio della comunità.



Grafico 7.6: distribuzione della popolazione per età scolastica dagli 11 ai 14 anni, Brandizzo, elaborazione su dati ISTAT.

7.2 Inquadramento territoriale

Il Comune è collocato nel Piemonte centrale, un territorio pianeggiante e in prossimità del fiume Po. Seppur non troppo caratteristico dal punto di vista architettonico, esso è in grado di sintetizzare un esempio ricorrente di agglomerati abitativi delle nostre campagne e delle Regioni italiane. Rappresenta infatti una moltitudine di centri abitati di recente formazione, con prevalenza di abitazioni non superiori ai tre piani fuori terra e con la presenza di servizi essenziali, come scuole, centri medici e piccole aree industriali.

Torino dista soli 15 km. La posizione del paese è ritenuta privilegiata grazie alla facile accessibilità che si ha nei confronti dei collegamenti veloci e delle maggiori infrastrutture presenti sul territorio come l'autostrada A4 Torino - Trieste o la tratta dell'alta velocità Torino – Milano.

Brandizzo risulta quindi essere un centro strategico, collocato in una posizione di favore che permette di raggiungere con facilità le maggiori città del Piemonte centrale e la vicina Milano. Il comune mantiene però la sua caratteristica di "tranquillità", tipica dei paesi periferici al tessuto altamente urbanizzato dei grandi centri abitati.

Dal punto di vista morfologico ed urbanistico il paese si sviluppa seguendo l'asse Torino - Milano, asse che genera la direttrice anche per la via principale del Comune, via Tornio, che corre parallela alla ferrovia.

La linea ferroviaria risulta essere un elemento molto importante per la storia del Comune e per il suo sviluppo urbanistico. Nel corso degli anni è stata soggetta a modifiche e variazioni, fino ad arrivare al 2016, anno in cui si sono avviati i lavori per la chiusura dei passaggi a livello e l'apertura dei due sottopassi pedo – veicolari. Questo ha permesso di riunificare il territorio. Attualmente il paese risulta essere collegato da tre sottopassi veicolari e un sovrappasso veicolare.

Il Comune confina a nord con l'autostrada Torino – Trieste, al di là della quale si trovano terre dedicate prevalentemente alla coltivazione e piccole aree verdi boschive. A sud con il passaggio del fiume Po, al di là del quale si sviluppano parte delle colline torinesi e parte delle colline del Monferrato astigiano. A est e a ovest con i due comuni limitrofi di Chivasso e Settimo Torinese.

Nelle zone periferiche del paese si sviluppano delle piccole **aree industriali** che negli ultimi anni hanno subito importanti ampliamenti dovuti ad ingenti investimenti come quelli di Decathlon e di Amazon. Questi, hanno rispettivamente aperto due centri di smistamento di riferimento per tutto il nord Italia che hanno permesso di incentivare lo sviluppo economico.

Le caratteristiche architettoniche del costruito, prevalentemente abitazioni private, si distinguono per due tipologie: villette bifamiliari con giardino privato o piccole case a schiera con giardini privati ed edifici in linea di due o tre piani fuori terra. Poche sono le palazzine con più di sei piani fuori terra presenti all'interno del territorio comunale, esse sono infatti meno di una decina.

All'interno del territorio comunale sono presenti attualmente tre asili nido, due scuole elementari ed una scuola media; la prima realizzazione, la scuola elementare Bruno Buozzi, risale al 1939; nel 1967 si inaugura la scuola media Maritiri della Libertà, oggetto della tesi, e nel 1977 si realizza la seconda scuola elementare, nella porzione nord del paese, la scuola Don Milani.

Di seguito viene riportata un'immagine satellitare del Comune di Brandizzo con riportate le principali infrastrutture comunali ed extra-comunali.

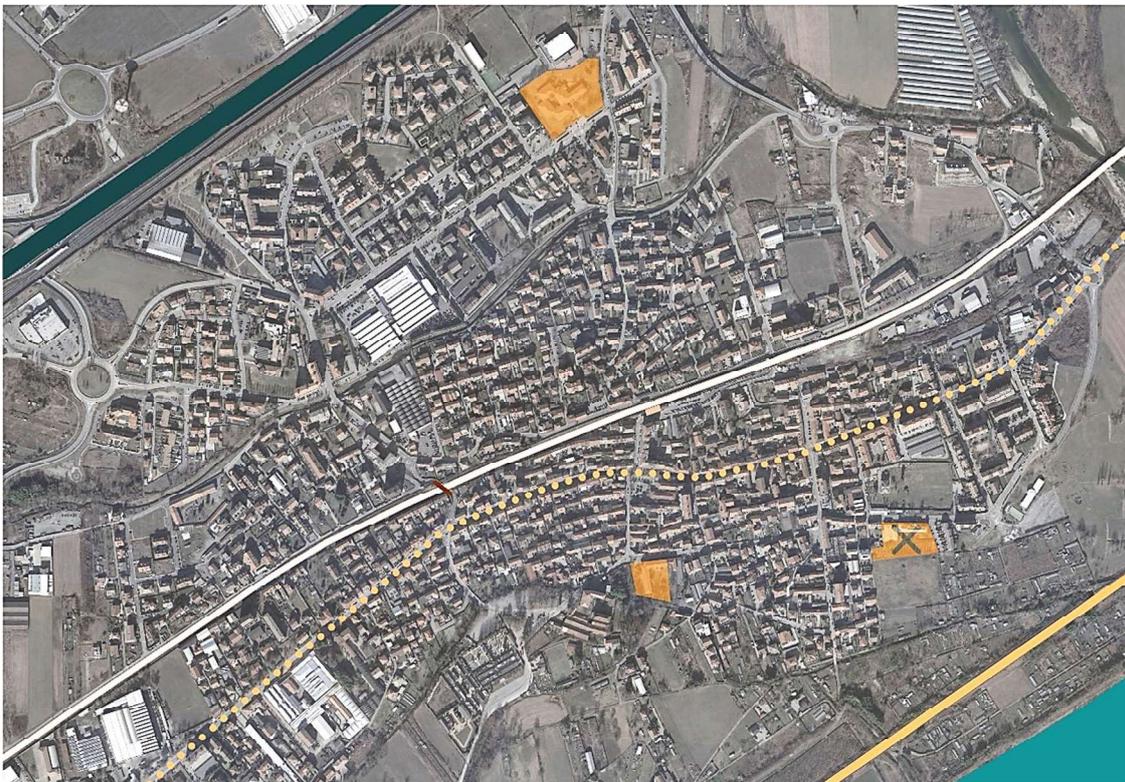


Figura 7.1: immagine satellitare di Brandizzo, 2019.

Legenda:

-  Scuola Martiri della Libertà
-  Scuole elementari
-  Ferrovia Torino – Milano
-  Strada provinciale 11
-  Strada provinciale 220
-  Sottopassi comunali
-  Stazione ferroviaria
-  Autostrada A4 Torino – Trieste
-  Fiume Po

7.3 Analisi SWOT

L'analisi SWOT⁹⁰ del Comune di Brandizzo e della scuola permettere di comprendere come le opportunità offerte dal complesso scolastico e dal soprattutto contesto, possano essere sfruttate nell'ottica di una rigenerazione urbana di più ampia scala. L'intervento può infatti generare dei risultati che non riguardano solo l'architettura in sé, ma che rivoluzionano il quartiere.

⁹⁰ Si tratta di uno strumento di pianificazione strategica utilizzato per valutare punti di forza, debolezze, opportunità e minacce di un progetto.

Punti di forza (interni all'edificio)

- Possibilità di suddivisione degli ambienti in base alle diverse esigenze degli utenti nelle diverse ore della giornata.
- Ottimo orientamento del complesso scolastico: esso garantisce una buona illuminazione degli ambienti interni e un alto livello di sfruttamento degli apporti gratuiti.
- Ambienti interni ampi, dotati di grandi finestrate permettendo il continuo dialogo con l'ambiente esterno e il giardino.
- Possibilità di effettuare dei recuperi volumetrici riducendo la quantità di superfici disperdenti e rendendo il complesso architettonicamente più omogeneo.
- Presenza di un accesso secondario utilizzabile dal personale scolastico e da utenti esterni per attività secondarie.
- Suddivisione del sistema di riscaldamento in due porzioni: l'edificio della didattica può essere in funzione solamente negli orari di svolgimento delle lezioni.
- Possibilità di ampliamento del giardino verso sud, recuperando i campi incolti limitrofi.
- Il giardino della scuola non confina con zone di disturbo; esso confinando con zone verdi e campi agricoli, risulta tranquillo e integrato nel verde naturale.
- La vegetazione del giardino scolastico garantisce l'abbattimento dei fenomeni di surriscaldamento dovuti alla presenza di superfici architettoniche dure.

Punti di debolezza (interni all'edificio)

- Assenza di unità formale nel complesso scolastico; la scuola risulta essere poco organica dal punto di vista architettonico e i due blocchi non hanno un linguaggio compositivo omogeneo.
- Il complesso risulta essere poco accessibile a possibili fruitori esterni come liberi cittadini; la suddivisione degli ambienti e delle funzioni non ne permettono una buona compartimentazione non potendo così sfruttare gli ambienti nei vari orari della giornata.
- L'accesso principale è di ridotte dimensioni risultando pericoloso per gli studenti in ingresso e in uscita dall'istituto.
- Il giardino è di piccole dimensioni, poco curato e le strutture sportive presenti sono inutilizzate a causa del loro stato avanzato di degrado; attualmente l'unica area libera viene occasionalmente utilizzata come parcheggio veicolare.
- Le prestazioni degli elementi edilizi dell'involucro sono scadenti, questo comporta un alto consumo energetico durante il riscaldamento invernale.

Opportunità (esterne)

- La bassa densità del costruito nell'intorno della scuola permette di avere un contesto tranquillo, adatto allo svolgimento delle attività didattiche.
- La presenza di un basso numero di abitazioni e l'assenza di aree industriali e commerciali nell'intorno della scuola, permettono di mantenere basso il livello del traffico veicolare.
- La vicinanza di un grande parco e la presenza del fiume Po permettono di avere un contesto naturale variegato, dal quale è possibile sfruttare le risorse ambientali.
- Il ridotto numero di funzioni di interesse nel contesto urbano limitrofo può favorire l'inserimento di funzioni secondarie all'interno del complesso scolastico.

- Possibilità di creare un sistema integrato con le vicine aree di interesse presenti come il parco pubblico o il parco fluviale del Po.

Criticità (esterne)

- Rispetto al centro del paese la posizione della scuola è decentrata, dista più di 1 km da alcuni quartieri a ovest del Comune.
- Il collegamento tramite mezzi pubblici scolastici dedicati risulta essere assente; le stazioni di servizio del treno e del bus sono distanti e non connesse.
- La pista ciclabile presente ad ovest, serve solo parte del paese e non risulta essere opportunamente rapportata a punti di interesse della collettività e alla scuola. Non è quindi presente una pista ciclabile per gli studenti.
- Il percorso pedonale per raggiungere la scuola dal centro del paese è molto frammentato e spesso inadeguato al passaggio di gruppi di studenti.
- Le carreggiate del quartiere risultano essere di piccole dimensioni, questo comporta in alcuni tratti di strada l'assenza del marciapiede.

7.4 Il questionario ai cittadini

Il tema di riqualificazione è stato introdotto ai cittadini tramite l'ausilio del questionario, intervistandoli con una serie di domande riguardanti la conoscenza dell'Istituto Martiri della Libertà, e sulla sua possibile.

Il fine è stato quello di ottenere informazioni di massima, su quanto la scuola fosse conosciuta e ritenuta importante a livello comunitario. In particolare è stato richiesto di esprimere un parere su quanto i cittadini fossero interessati ad un suo possibile utilizzo in ambiti diversi da quelli didattici scolastici.

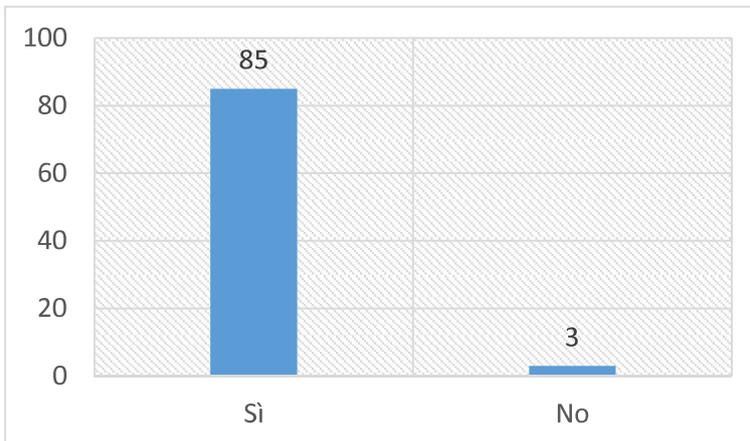
Il questionario è stato inviato per conoscenza e reso pubblico tramite l'ausilio di internet. La risposta è stata più che positiva: circa un centinaio di persone hanno proceduto alla sua compilazione. Gli intervistati si sono distribuiti in più fasce di età, da giovani ragazzi, come studenti o ex-studenti presso la scuola, fino ad arrivare ai loro genitori.

Il questionario è costituito da 14 domande, articolate e formulate in maniera tale da non influenzare le risposte dei partecipanti, permettendo al singolo intervistato di esprimere liberamente il proprio pensiero al fine di ottenere un risultato reale ed attendibile.

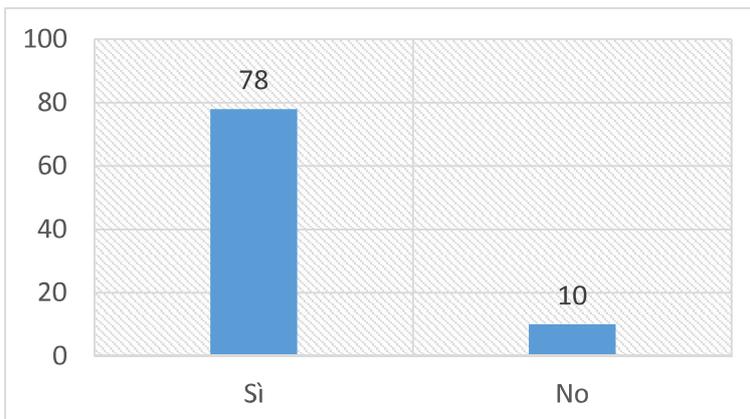
7.4.1 Risultati del questionario

Si è tenuto conto delle sole risposte valide fornite dai partecipanti che hanno compilato correttamente il questionario, 88 persone.

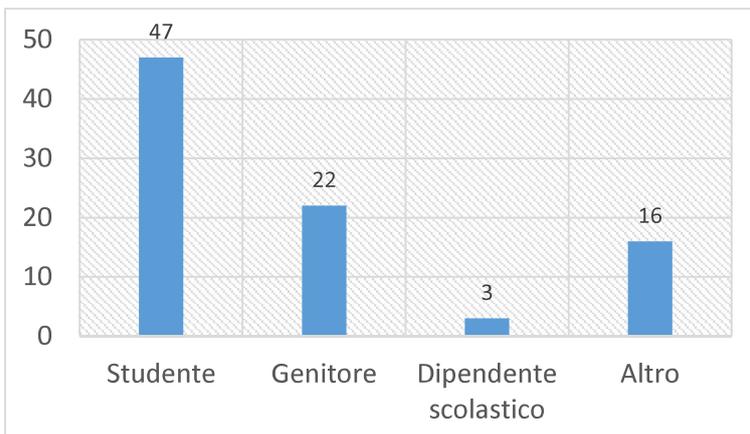
- (1) Conosce l'edificio in questione?



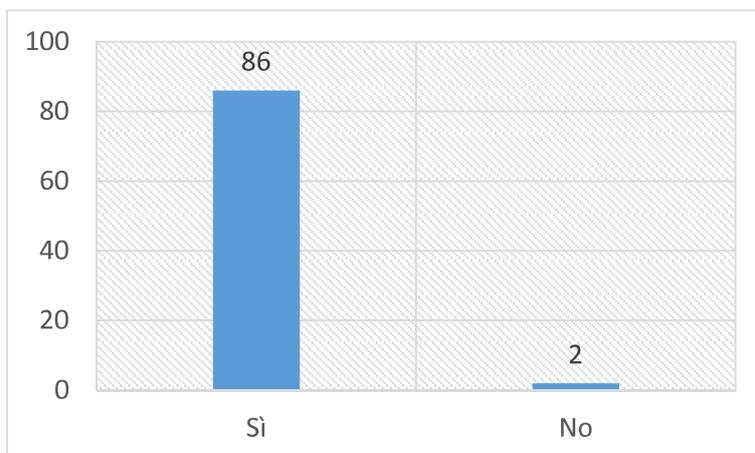
- (2) Ha mai avuto occasione di frequentare l'edificio?



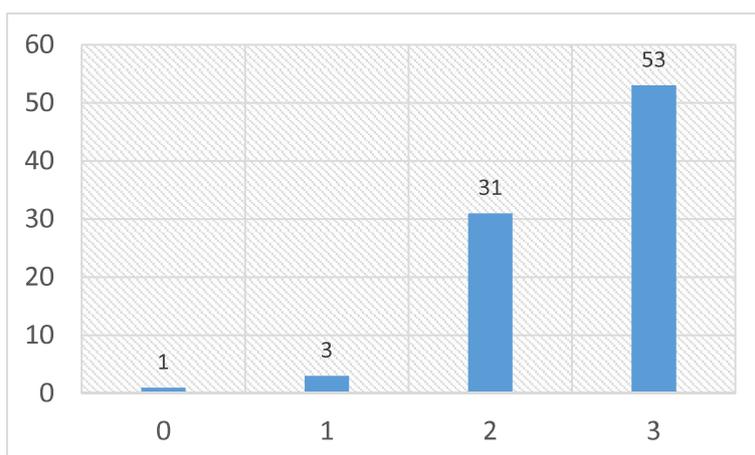
- (3) Se sì, in qualità di?



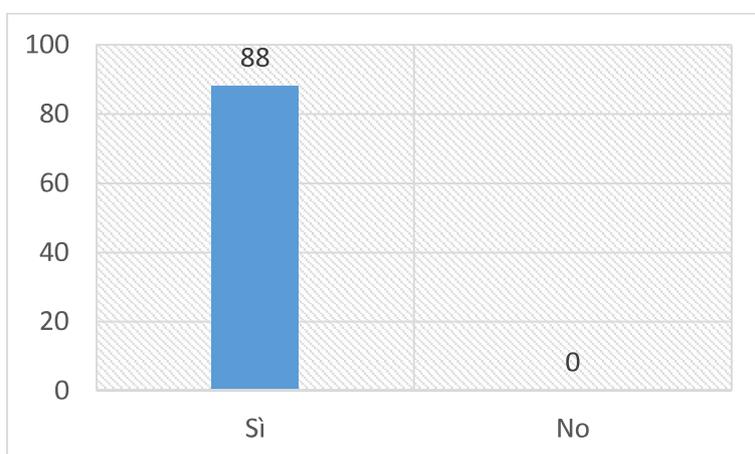
- (4) Ritiene che l'Istituto abbia rilevanza all'interno del tessuto cittadino del paese?



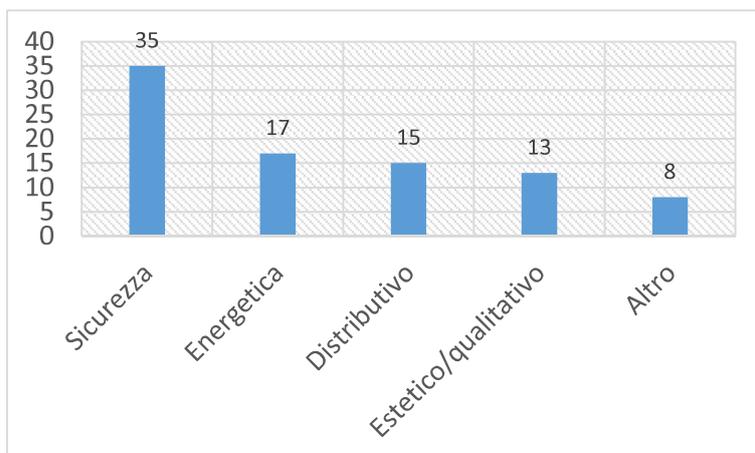
- (5) Se sì, che grado di rilevanza dà all'Istituto in una scala da 0 a 3?



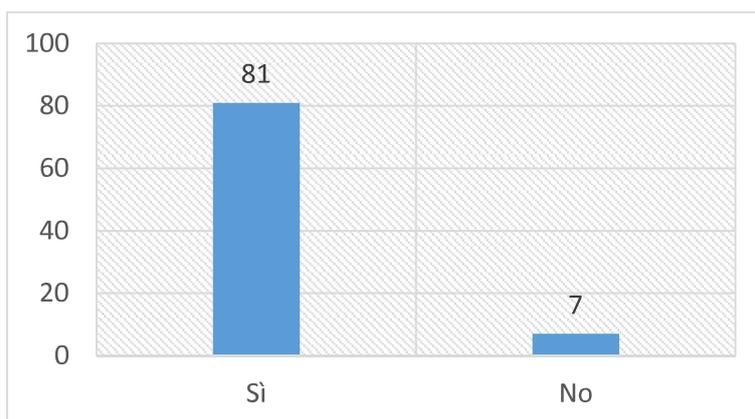
- (6) Sarebbe favorevole ad un possibile miglioramento dell'Istituto scolastico in questione?



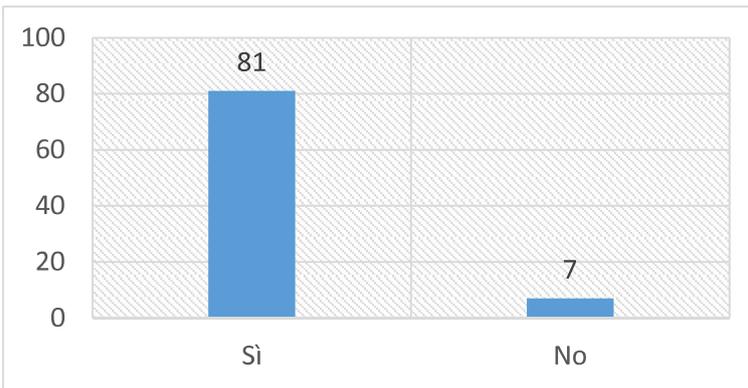
- (7) Quale sarebbe secondo lei il campo di miglioramento di maggiore importanza?



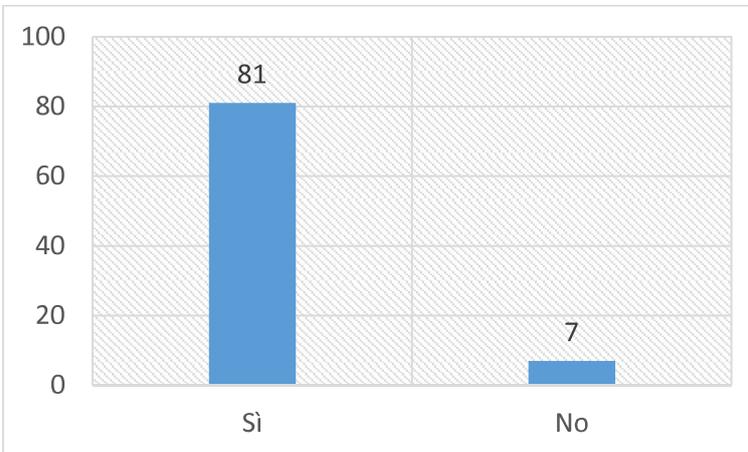
- (8) Lei è favorevole all'utilizzo della struttura scolastica in orari diversi da quelli delle lezioni da parte di comuni cittadini?



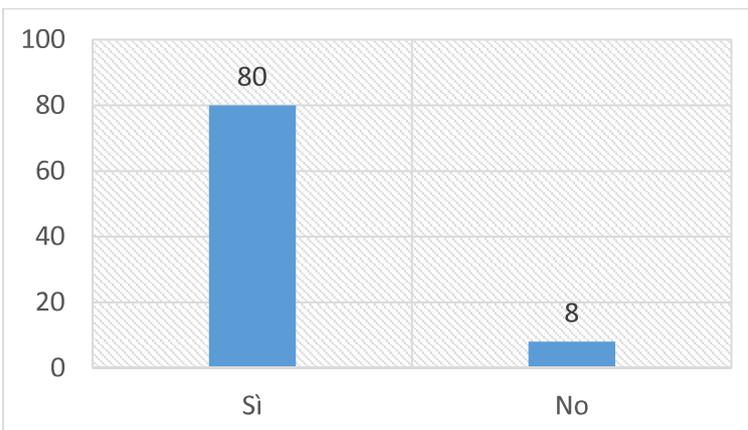
- (9) Riterrebbe utile riuscire ad integrare attività esterne alla scuola tramite spazi comuni, come sale d'incontri o sale polifunzionali per svariate attività, all'interno dell'edificio?



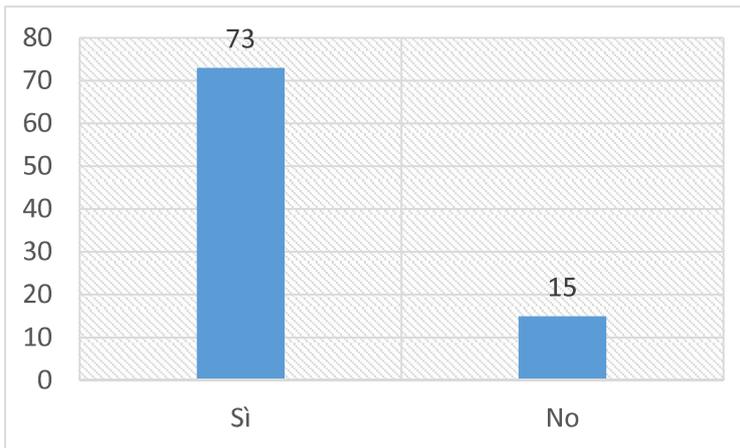
- (10) Pensa che integrare tali attività possa essere utile per lo sviluppo delle interazioni sociali tra i cittadini della comunità?



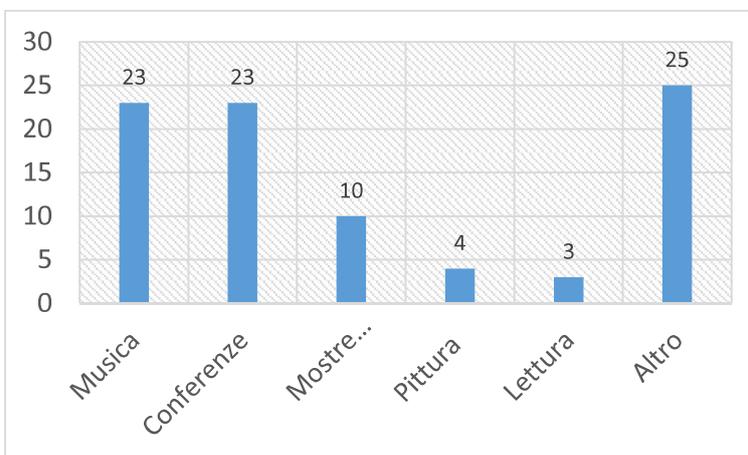
- (11) Sarebbe quindi favorevole all'apertura dell'Istituto oltre l'orario delle lezioni?



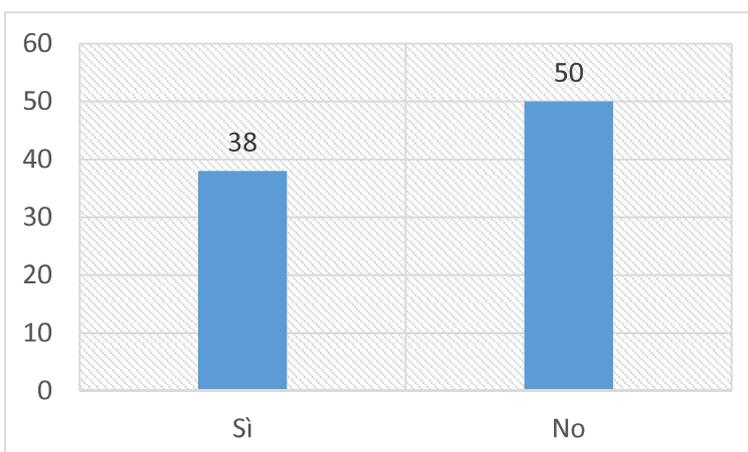
- (12) Lei utilizzerebbe tali spazi durante il suo tempo libero?



- (13) Quale tra queste attività riterrebbe più utile e più interessante avere all'interno di questi spazi comuni?



- (14) Sarebbe disposto a contribuire economicamente ad una eventuale riqualificazione del complesso per favorire un miglior servizio verso il futuro?



7.4.2 Considerazioni sui risultati ottenuti

Il questionario sottoposto ai cittadini residenti nel Comune di Brandizzo ha avuto un riscontro positivo, sia in termini di numero di risposte, che in termini di interesse verso il tema proposto. Il ruolo che essa ricopre all'interno del tessuto sociale del paese è significativo. Il 98,0% degli intervistati ha risposto positivamente sull'importanza della scuola per la comunità, ed in particolare il 97,0% di loro ha identificato questo livello di importanza come medio – alto.

Gli ambiti di miglioramento ritenuti più interessanti per un possibile intervento sulla scuola sono quelli nel campo della sicurezza e nel campo del risparmio energetico.

È rilevante il dato riguardante l'utilizzo della struttura scolastica in canoni diversi da quelli didattici, infatti circa il 94,0% degli intervistati afferma che sarebbe opportuno usufruire del complesso integrando al suo interno funzioni di carattere pubblico; durante il tempo libero, gli intervistati sarebbero disposti ad avvalersi dei servizi messi a loro disposizione.

Si è richiesto infine di esprimere una preferenza sulle possibili attività da inserire all'interno del complesso scolastico per meglio indirizzare l'attività progettuale. La risposta data dagli intervistati definiti come dipendenti scolastici è quella di maggior interesse: hanno infatti espresso ad unanime, la necessità di riqualificare l'edificio nell'ambito del risparmio energetico. Il loro parere, conoscendo le reali necessità della scuola e vivendola giorno per giorno, risulterà essere determinante nelle scelte progettuali apportate in ambito di tesi.

7.5 La scuola: descrizione architettonica

L'elaborazione delle planimetrie grafici e dei dettagli architettonici del complesso scolastico sono stati realizzati in mancanza di documentazione originale. Le informazioni riguardanti la scuola pervenute sono state reperite tramite una serie di sopralluoghi, rilievi metrici e fotografici e colloqui con il personale tecnico del Comune. Le stratigrafie delle partizioni murarie e degli orizzontamenti e i dettagli tecnologici sono stati ipotizzati tenendo considerando l'edilizia dei medesimi anni di costruzione della scuola.

L'edificio risale al 1966 (parte est, didattica). Esso è realizzato in struttura portante a telaio in calcestruzzo armato gettato in opera, costituito da pilastri di dimensioni di 35x35cm. I tamponamenti sono realizzati in muratura a cassavuota per uno spessore pari a 40cm secondo la seguente stratigrafia: laterizio forato di spessore 12 cm sul lato esterno, intercapedine d'aria di circa 13 cm e laterizio forato di 12 cm sul lato interno, rispettivamente intonacati su entrambi i lati. Dal sopralluogo si ipotizza la presenza di una trave di bordo ribassata in calcestruzzo armato presente lungo tutto il perimetro del complesso, di altezza pari a circa 28cm e di spessore pari a circa 14cm. I solai interpiano sono composti da travi in calcestruzzo armato in spessore, costituenti l'orditura principale, trasversali rispetto al corpo della scuola, e da un riempimento in travetti e pignatte in laterizio, orditi parallelamente al corpo principale della scuola. Lo spessore dei solai interpiano, dedotto dalle misure verificate in sito, risulta essere pari a 35cm. Il solaio di soffitto del piano primo, delimitante la zona termica riscaldata dalla zona termica non riscaldata del sottotetto, risulta essere di spessore inferiore, pari a circa 30 cm. Il solaio di pavimento del piano seminterrato invece risulta essere differente dai precedenti, infatti si ipotizza la presenza di tavelloni in laterizio come elementi di alleggerimento per uno spessore complessivo di 25cm. Il solaio risulta essere in appoggio tramite muretti in mattoni su di un vespaio non areato di profondità ipotizzata di circa 50 cm.

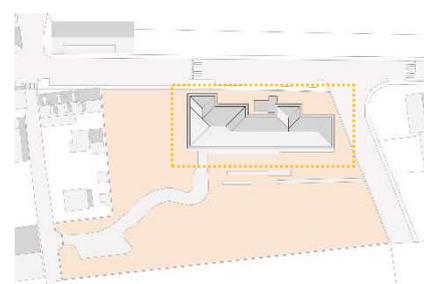


Figura 7.2: edificio originario, 1966.

L'involucro esterno del corpo risulta essere rifinito tramite due soluzioni: porzioni intonacate in colore "pastello chiaro" che segnano la presenza dei pilastri, alternate a porzioni rivestite in klinker di classico colore "laterizio". L'alternanza varia in maniera regolare seguendo le aperture finestrate, interrotte solo dalla presenza del pilastro che frammenta l'orizzontalità dei serramenti e dalle porzioni di rivestimento in klinker che mascherano la presenza delle travi di bordo dei solai. Le aperture risultano essere gli elementi che più caratterizzano le facciate, generando tre fasce ben distinte, in grado di trasmettere organicità al complesso.

L'edificio si amplia nel 1970. La nuova porzione viene realizzata in adiacenza alla precedente per ovviare alla mancanza di una palestra. La porzione di collegamento tra corpo scuola esistente e nuova palestra risulta essere gettata in opera con le medesime soluzioni progettuali e tecnologiche del blocco già esistente del 1966. L'unica variante si ha nello spessore delle pareti perimetrali, che varia a seconda dei casi dai 30 ai 40 cm. La palestra risulta invece essere caratterizzata da una struttura in c.a. prefabbricato, tipica dei capannoni industriali. Le travi di copertura hanno un'altezza di circa 100cm ed uno spessore pari a circa 35cm. Si contano 6 travi ad interasse costante di 5m, costituenti l'orditura principale del solaio di copertura della palestra. I pilastri, anch'essi in c.a. prefabbricato accolgono all'estradosso le travi di copertura. Tramite le apposite mensole laterali dei pilastri inoltre, collocate in mezzera e in sommità, si è permessa la realizzazione di due ordini di travi di bordo perimetrali in calcestruzzo armato. La loro funzione, vista l'altezza elevata della struttura, circa 7,70m, risulta essere quella di garantire una maggiore stabilità al tamponamento in laterizio in cassavuota, che avendo un appoggio interpiano, non risulta avere problemi statici o di distacco della facciata.

Qui di seguito si riportano le principali tipologie di pilastri in c.a. prefabbricato costituenti la tipologia costruttiva prefabbricata. In particolare si assume che il pilastro abbia una

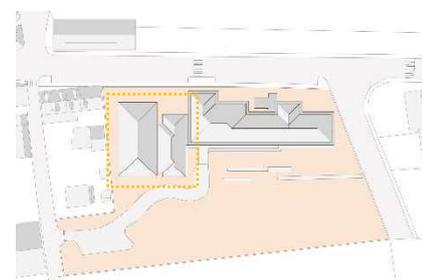


Figura 7.3: ampliamento, palestra e laboratori, 1970.

testa a forcella per l'alloggiamento della trave di copertura, con due mensole laterali, come raffigurato nelle immagini.

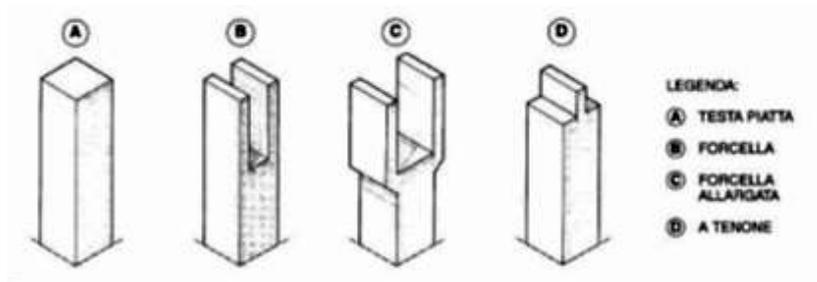


Figura 7.4: tipologie testa di pilastro, caso scelto: primo.

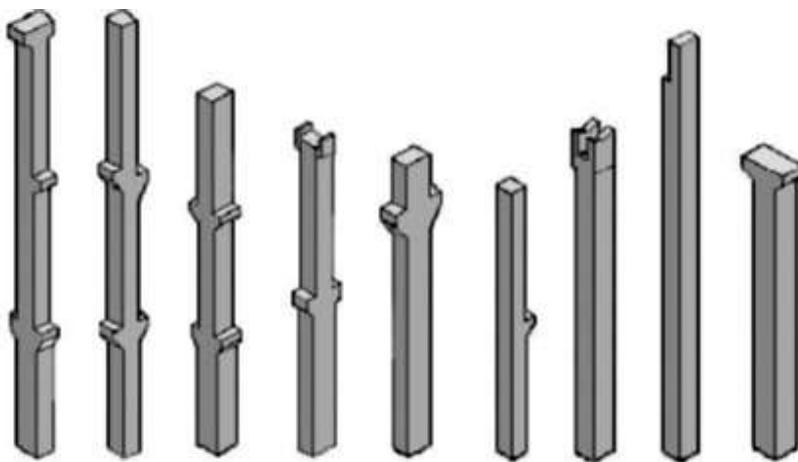


Fig. 7.5: tipologie di pilastro, caso scelto: sesto.

La composizione del solaio di copertura della palestra viene ipotizzata secondo tre possibili soluzioni tecnologiche: la prima prevede l'utilizzo di tegoli in c.a. prefabbricato con sezione a "pigreco", in appoggio sulla sommità delle travi di orditura principale; la seconda, prevede l'utilizzo di solai "alveolari" prefabbricati in c.a. di spessore variabile, in appoggio sull'estradosso delle travi di orditura principale; la terza prevede l'utilizzo di lastre "predalles", elementi prefabbricati in calcestruzzo armato alleggerito con pignatte in laterizio a perdere.

Dall'analisi degli spessori dei solai, e dalla loro composizione ipotizzata si ipotizza la presenza della seconda soluzione, con uno spessore del solaio prefabbricato pari a circa 22 cm.



Figura 7.6: tipologia di elemento in c.a. prefabbricato "pigreco".

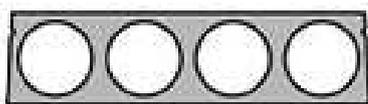


Figura 7.7: tipologia di elemento in c.a. prefabbricato "alveolare".



Figura 7.8: tipologia di elemento in c.a. "predalles".

Il blocco palestra e laboratori risulta essere completamente intonacato; ben visibili sono le strutture portanti che rimangono denunciate in facciata, come pilastri, travi di bordo e travi di copertura. Questa seconda porzione risulta meno elaborata della prima dal punto di vista architettonico, infatti l'andamento dei serramenti non segue più un rigido disegno in grado di dare carattere al complesso. L'andamento frastagliato delle facciate contribuisce a trasmettere l'idea di essere di fronte ad uno spazio di risulta, disomogeneo e discontinuo. Nonostante i pochi anni che separano i due edifici, il "distacco architettonico" è ben tangibile. Ci si trova davanti ad una scelta di probabile economizzazione a discapito di un risultato finale più ricercato ed appagante.

La copertura, a falde spioventi, non accessibile al momento dei sopralluoghi, si ipotizza essere composta da una struttura portante in calcestruzzo armato e laterizi di alleggerimento. Il manto di copertura risulta essere composto da lastre ondulate in fibro - cemento, come mostra l'immagine 7.8.



Figura 7.9: vista aerea del complesso scolastico.

L'ingresso principale del complesso, a nord, è situato su via Alba. Una serie di gradinate permettono di raggiungere il piano rialzato del corpo principale, mentre sulla destra si trova un piccolo accesso ricavato negli anni successivi e poco visibile, per l'utilizzo dell'ascensore dal piano di campagna.

L'orientamento nord-sud delle facciate principali permette una precisa disposizione degli spazi interni: a nord viene collocato il sistema distributivo, un lungo corridoio che permette di unire le aule didattiche e gli ambienti dedicati alla segreteria e alla presidenza. Le aule didattiche hanno una dimensione costante di circa 6,00 x 7,00m. La distribuzione verticale principale è affidata al vano scala, che permette di dare accesso ai vari piani di entrambi i blocchi. L'altezza dei piani di calpestio dei due edifici risulta essere sfalsata.

In origine la scala di sicurezza esterna, collocata a nord, lato strada, era realizzata in calcestruzzo armato (fig. 7.11), in adiacenza al corpo scuola, ma strutturalmente slegata da esso. A partire dagli anni Ottanta, a causa di una serie di cedimenti delle strutture di fondazione essa subisce un lento e progressivo distacco dalla facciata della scuola. (fig. 7.12). La struttura

viene infatti demolita in occasione degli interventi di adeguamento alle normative di sicurezza e di abbattimento delle barriere architettoniche negli anni 2007 e 2008, sostituendola con una scala antincendio in acciaio (fig. 7.26). Ad essa viene aggiunta un'altra scala antincendio per la porzione del 1970 sul lato sud (fig. 7.27).

Nella figura seguente è ben chiaro quello che fosse il progetto originario del complesso scolastico, e di come esso fosse concepito come un edificio intriso di carattere. Esso prevedeva un corpo di fabbrica unico, caratterizzato da aperture simili fra loro, collocate secondo un rigoroso schema. Il complesso scolastico racchiudeva in sé un carattere rigido, assecondando la funzione in esso contenuta. Osservando l'edificio attuale, si comprende come il progetto di ampliamento non sia stato bene integrato con la porzione del 1966.



Figura 7.10: scuola media Martiri della Libertà, rappresentazione di una cartolina, edificio originario, 1966.



Figura 7.11: scala di sicurezza esterna originaria in c.a. armato.



Figura 7.12: dettaglio del distacco del pilastro dalla facciata.

Le attività interne alla scuola sono legate ad un classico sistema di insegnamento che prevede lo svolgimento di attività didattiche all'interno delle aule. Avvalendosi del confronto con il progetto per il nuovo Istituto Enrico Fermi a Torino, si percepisce come si sia ben lontani dal sistema di insegnamento odierno⁹¹.

La scuola di Brandizzo contiene vari laboratori. Essi sono strutturati come meri contenitori senza particolari accorgimenti per i dettagli e le finiture. Nel piano seminterrato del fabbricato del 1966 vi è un'aula per laboratori generali ed un'aula per il laboratorio di musica. Al piano primo del 1966 vi è la presenza della biblioteca scolastica, mentre al piano primo del fabbricato del 1970 vi sono una serie di aule per laboratori informatici ed audiovisivi.

Il giardino è poco organizzato dal punto di vista degli spazi e risulta non avere un'area libera adeguatamente dimensionata per permettere agli studenti di svolgere la ricreazione. I campi sportivi presenti, recintati e in avanzato stato di degrado, risultano essere poco sfruttati. Il parcheggio dei dipendenti non è asfaltato e in caso di pioggia favorisce la formazione di pozze d'acqua dissestando la superficie.

È evidente come, in particolare dal caso studio torinese prima citato (Istituto Enrico Fermi), la concezione della scuola e della sua strutturazione a livello didattico stia evolvendo. Ad oggi si ha una idea di nuova scuola, che include ancora la formazione degli studenti secondo i classici canoni di insegnamento, ma che al tempo stesso comprenda anche la possibilità di avere delle scuole funzionali e flessibili a nuove esigenze, quali attività didattiche esterne, spazi comuni e collettivi. La comunità entra quindi in gioco come nuova utenza delle strutture scolastiche, che si trasformano in centri di aggregazione sociale, ora visti come luoghi di incontro per le interrelazioni.

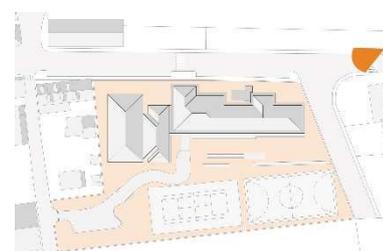
⁹¹ Il caso studio della scuola Enrico Fermi risulta essere di estrema importanza come esempio virtuoso: il progetto prevede il ridisegno completo di una scuola risalente allo stesso periodo del caso studio presentato all'interno della tesi. Nel progetto si cercano di integrare all'interno del complesso scolastico più funzioni, dando a comuni cittadini la possibilità di avere un nuovo centro nevralgico dove poter passare il tempo libero e svolgere differenti attività. Il fine è quello di ottimizzare l'utilizzo di un'architettura che altrimenti non verrebbe sfruttata nella sua complessità. Centrale rimane sempre la figura dello studente, al quale si garantisce la presenza di ambienti differenziati, collettivi e non, nel quale poter svolgere le attività didattiche e poter passare il tempo in orari extrascolastici.

7.7 Documentazione fotografica

I sopralluoghi effettuati sono stati quattro. Parte di essi sono stati eseguiti in presenza del personale tecnico comunale, che ha fornito le informazioni di massima. Il primo e l'ultimo sopralluogo hanno permesso di inquadrare la scuola nel suo contesto. Il secondo ed il terzo sopralluogo invece, hanno permesso di visitare l'interno dell'edificio scolastico, di visionare il giardino e le centrali tecniche, ambienti accessibili solo tramite permesso comunale. Di seguito si riportano le fotografie significative scattate durante i sopralluoghi.



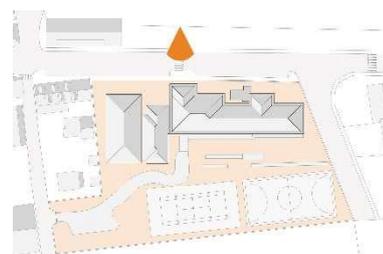
Figura 7.13: vista aerea del complesso scolastico Martiri della Libertà.



Navigatore



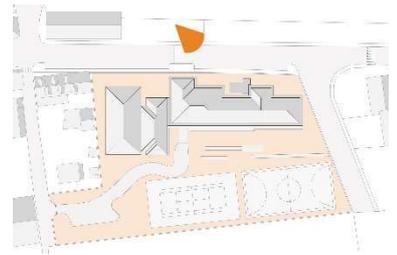
Figura 7.14: ingresso principale su via Alba.



Navigatore



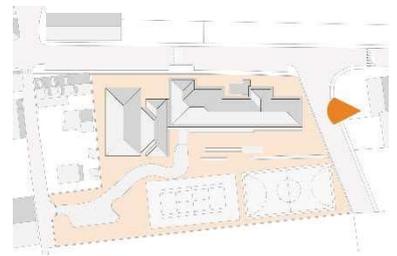
Figura 7.15: prospetto nord, aule.



Navigatore



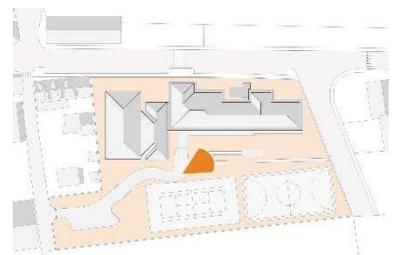
Figura 7.16: prospetto est, aule.



Navigatore



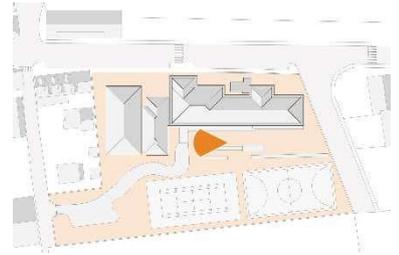
Figura 7.17: prospetto sud, aule.



Navigatore



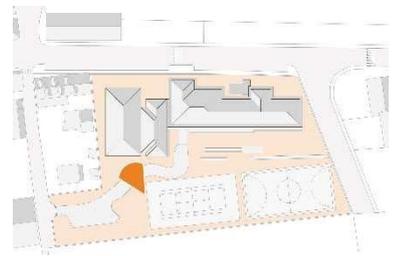
Figura 7.18: prospetto est, laboratori.



Navigatore



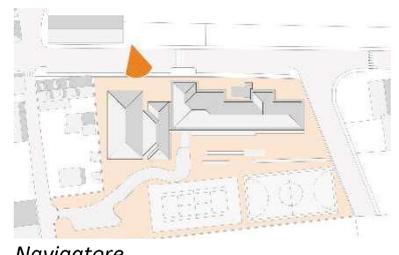
Figura 7.19: prospetto sud, palestra.



Navigatore



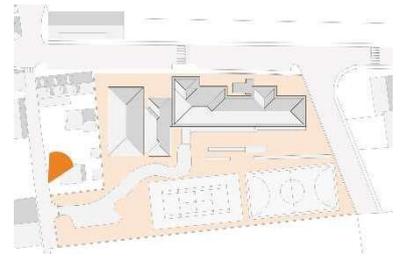
Figura 7.20: prospetto nord, laboratori e palestra.



Navigatore



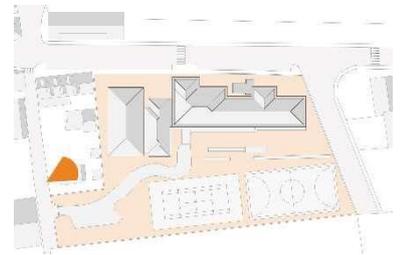
Figura 7.21: prospetto ovest, palestra.



Navigatore



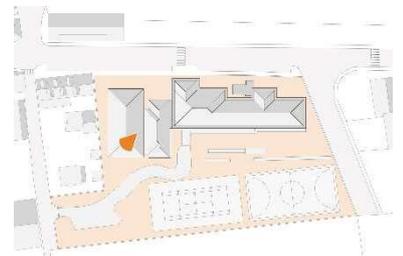
Figura 7.22: prospetto sud, palestra.



Navigatore



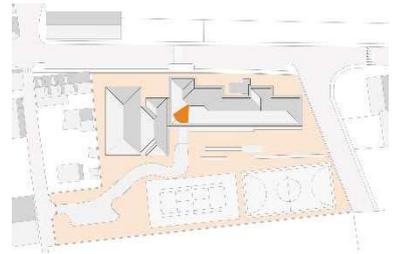
Figura 7.23: soffitto interno, palestra.



Navigatore



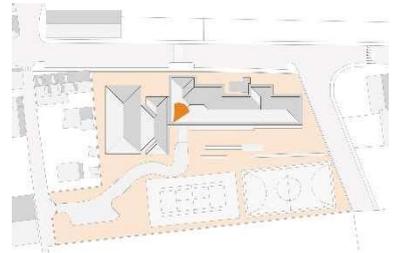
Figura 7.24: vano scala.



Navigatore



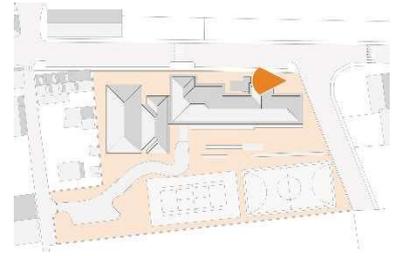
Figura 7.25: vano scala.



Navigatore



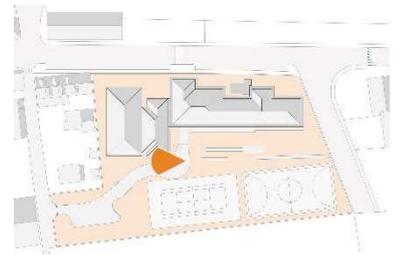
Figura 7.26: scala di sicurezza esterna a nord (2008).



Navigatore



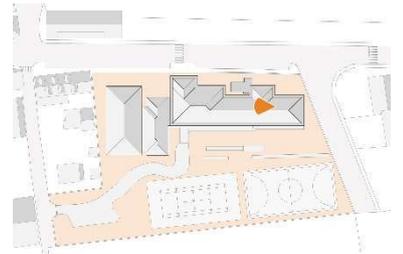
Figura 7.27: scala di sicurezza esterna a sud (2008).



Navigatore



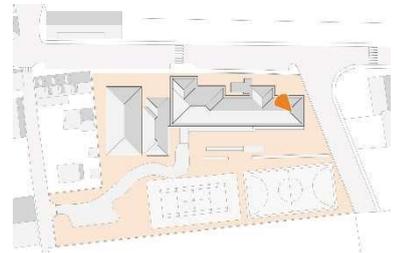
Figura 7.28: corridoio interno piano primo, aule.



Navigatore



Figura 7.29: serramenti originari.



Navigatore

8. Analisi dello stato di fatto

In questo capitolo si riportano i dati e le caratteristiche che definiscono gli elementi architettonici presenti nel caso studio. Vengono identificate le zone termiche climatizzate, quantificate le loro dimensioni, identificati i componenti disperdenti opachi e tecnici trasparenti, catalogati e simulati i ponti termici. Gli elementi riportati vengono ipotizzati nelle loro stratigrafie.

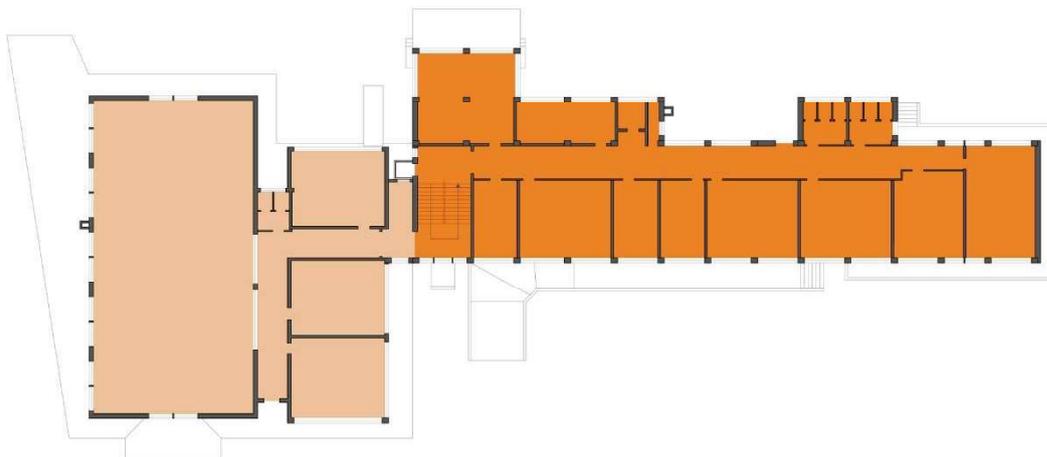
8.1 Definizione delle zone termiche climatizzate

Sono state identificate due zone termiche climatizzate distinte. La prima è servita dall'impianto di riscaldamento nel blocco aule (fabbricato 1966), la seconda è servita dall'impianto di riscaldamento nel blocco laboratori (fabbricato 1970). Le zone termiche non riscaldate corrispondono al vano tecnico dell'ascensore, ai locali deposito e al sottotetto non riscaldato.

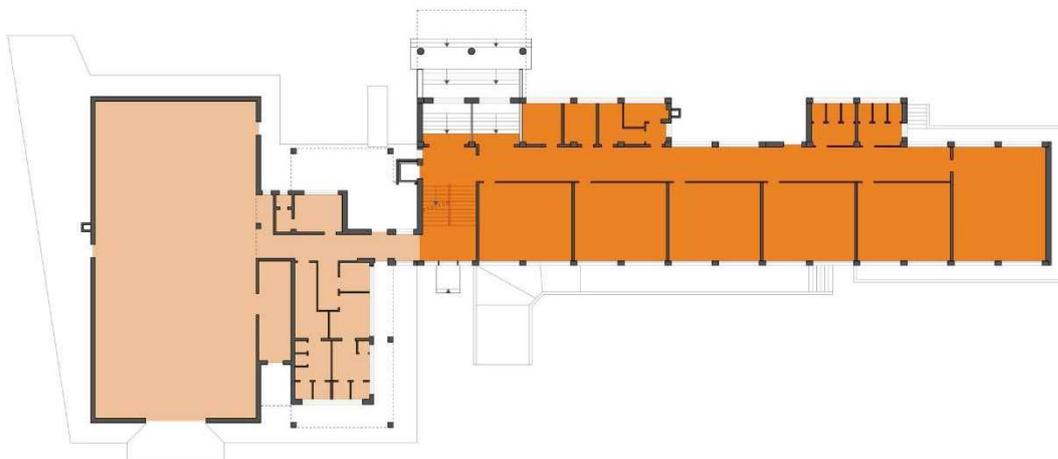
LEGENDA:

- Zona termica riscaldata, fabbricato 1966
- Zona termica riscaldata, fabbricato 1970
- Zona termica non riscaldata, fabbricato 1966

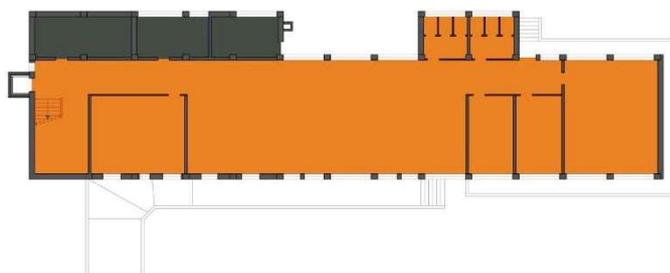
PLANIMETRIA PIANO PRIMO



PLANIMETRIA PIANO TERRA E RIALZATO



PLANIMETRIA PIANO SEMINTERRATO



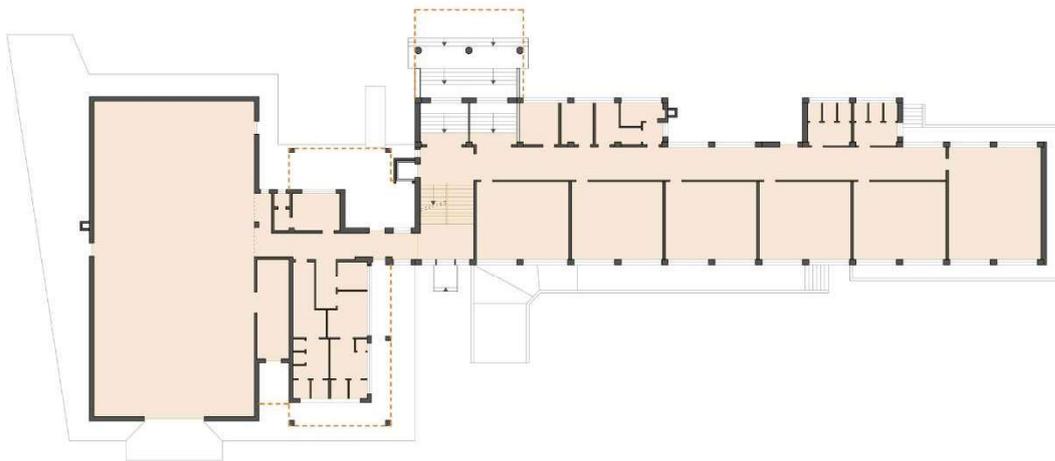
8.2 Aggetti ed ostruzioni esterne

Il contesto adiacente scuola è caratterizzato da bassi fabbricati, non risultano esservi ostruzioni esterne rilevanti. L'aggetto orizzontale più importante si ha in prossimità dell'ingresso principale, dove il solaio interpiano crea ombreggiamento per circa 10 m. Le coperture, invece, hanno delle sporgenze che non superano gli 80 cm.

LEGENDA:

----- Aggetti

PLANIMETRIA PIANO TERRA E RIALZATO



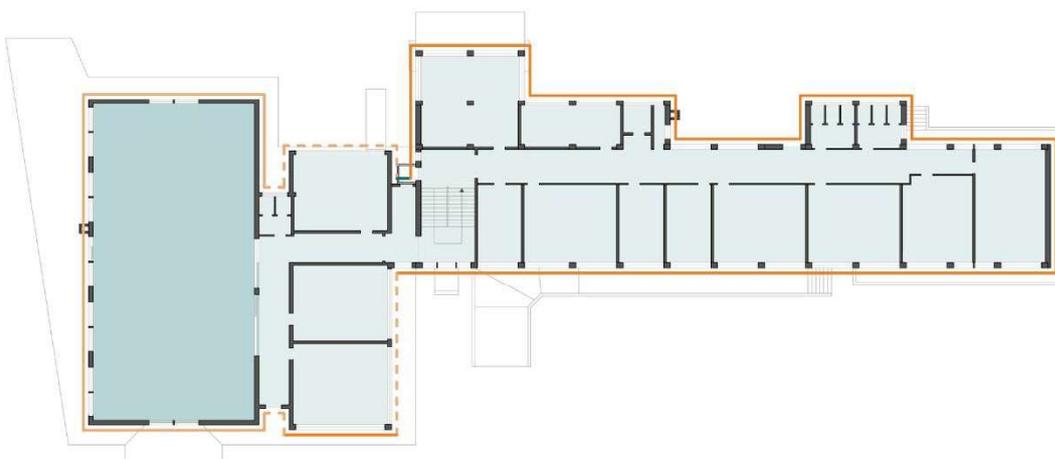
8.3 Abaco delle chiusure opache

Le chiusure opache verticali sono costituite da pareti a cassavuota in laterizio, di spessore variabile dai 30 ai 40 cm. Le chiusure opache orizzontali si suddividono in due tipologie: i solai a terra insistono su vespai non aerati. Hanno uno spessore di 25 cm e sono realizzati in laterocemento. I solai verso sottotetto non riscaldato, invece, sono composti in un caso da una struttura in laterocemento (fabbricato 1960) e nell'altro da una struttura prefabbricata in c.a. precompresso (fabbricato 1970). Essi hanno uno spessore pari a 30 cm.

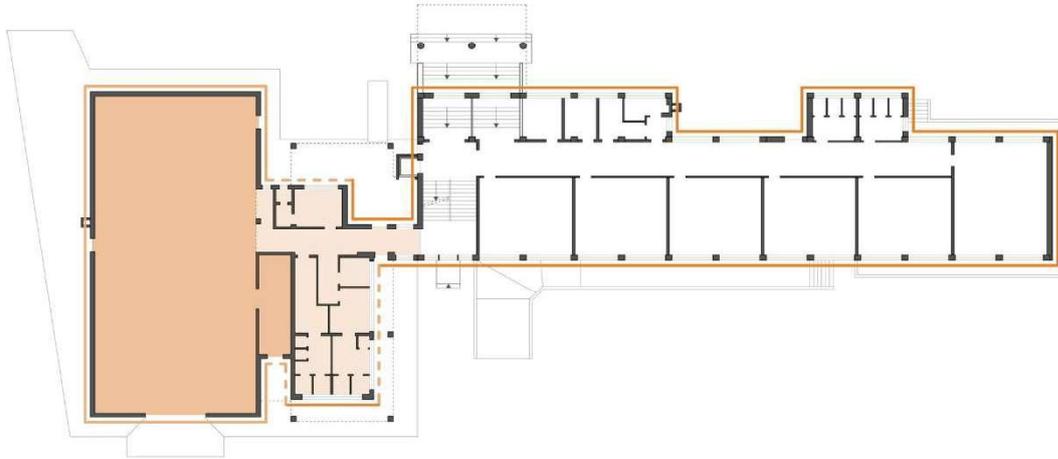
LEGENDA:

— OP_01 E parete cassavuota 40 cm	U = 1,02 W/m ² K
— OP_02 TERRENO parete c.a. 40 cm	U = 2,86 W/m ² K
- - - OP_04 ZNR parete cassavuota 20 cm	U = 1,12 W/m ² K
- - - OP_05 E parete cassavuota 30 cm	U = 1,15 W/m ² K
— OP_06 E parete cassavuota 35 cm	U = 1,02 W/m ² K
— OP_07 E parete cassavuota 20 cm	U = 1,33 W/m ² K
— OP_08 E parete c.a. 40 cm	U = 2,47 W/m ² K
■ SOF_03 ZNR soffitto 30 cm	U = 1,45 W/m ² K
■ SOF_02 ZNR soffitto palestra 30 cm	U = 1,72 W/m ² K
■ PAV_01 TERRENO solaio pavimento su vespaio 25 cm	U = 0,75 W/m ² K
■ PAV_05 TERRENO solaio pavimento su vespaio (palestra) 25 cm	U = 0,72 W/m ² K

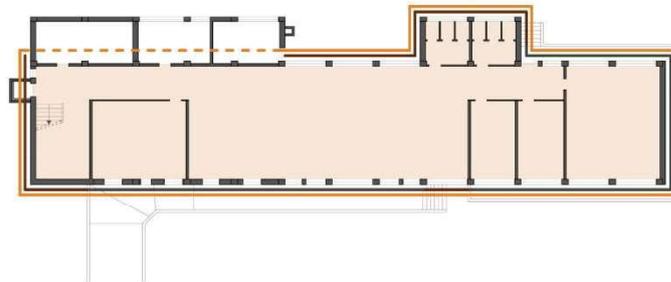
PLANIMETRIA PIANO PRIMO



PLANIMETRIA PIANO TERRA E RIALZATO

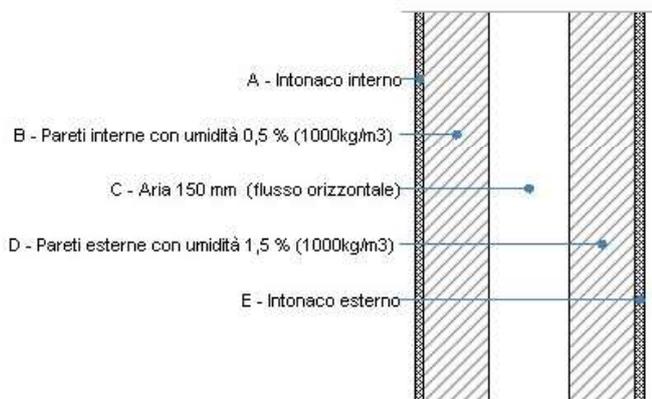


PLANIMETRIA PIANO SEMINTERRATO



Di seguito vengono riportate le caratteristiche termofisiche dei principali elementi dell'involucro edilizio opaco simulati tramite Termolog Epix 10, della casa Logical Soft S.r.l., riconosciuto e certificato dal CTI.

OP 01 E parete cassavuota 40 cm



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **OP 01 E parete cassavuota 40 cm**

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	425,0 mm
Trasmittanza U:	1,017 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,983 (m ² K)/W
Massa superf.:	240 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Pareti interne con umidità 0,5 % (1000kg/m ³)	120,0	0,360	0,333	1.000	0,84	5,6	5,6
C	Aria 150 mm (flusso orizzontale)	150,0	0,830	0,181	1	1,00	1,0	1,0
D	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1000kg/m ³)	120,0	0,470	0,255	1.000	0,84	5,6	5,6
E	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	425,0		0,983				

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

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

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

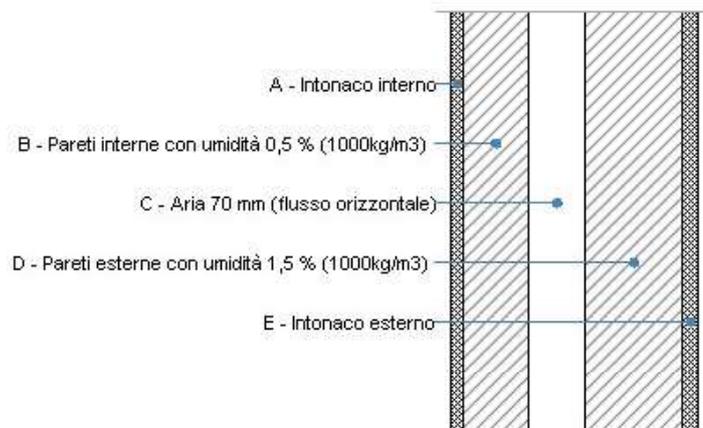
Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	1,017 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,300 W/(m ² K)

OP 05 E parete cassavuota 30 cm



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **OP_05 E parete cassavuota 30 cm**

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	305,0 mm
Trasmittanza U:	1,148 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,871 (m ² K)/W
Massa superf.:	200 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Pareti interne con umidità 0,5 % (1000kg/m ³)	80,0	0,360	0,222	1.000	0,84	5,6	5,6
C	Aria 70 mm (flusso orizzontale)	70,0	0,390	0,179	1	1,00	1,0	1,0
D	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1000kg/m ³)	120,0	0,470	0,255	1.000	0,84	5,6	5,6
E	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	305,0		0,871				

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

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

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

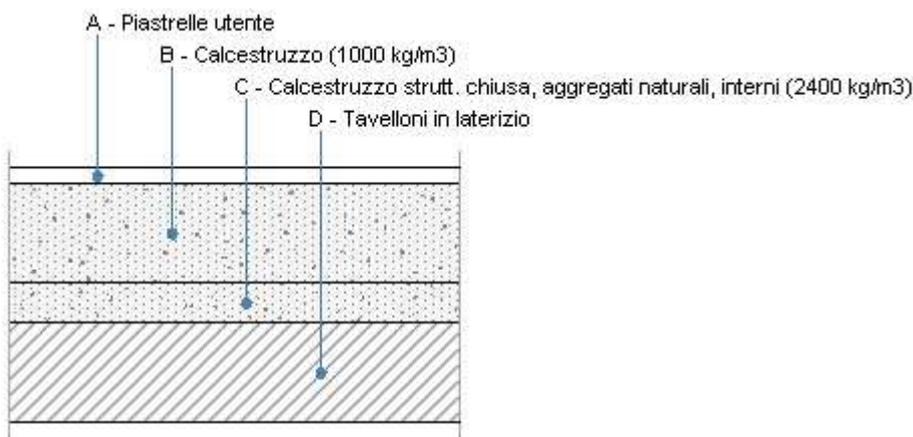
Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	1,148 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,300 W/(m ² K)

PAV_01 TERRENO solaio pavimento su vespaio 25 cm



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **PAV_01 TERRENO solaio pavimento su vespaio 25 cm**

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Terreno	Spessore:	255,0 mm
Trasmittanza U:	1,068 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,937 (m ² K)/W
Massa superf.:	283 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A Piastrelle utente	15,0	0,580	0,026	1.800	0,85	3,2	3,2
B Calcestruzzo (1000 kg/m ³)	100,0	0,380	0,263	1.000	0,88	3,3	3,3
C Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, interni (2400 kg/m ³)	40,0	1,910	0,021	2.400	0,88	76,9	50,0
D Tavelloni in laterizio	100,0	0,240	0,417	600	1,00	0,0	999,9 99,0
Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
TOTALE	255,0		0,937				

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

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

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 0,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,000 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

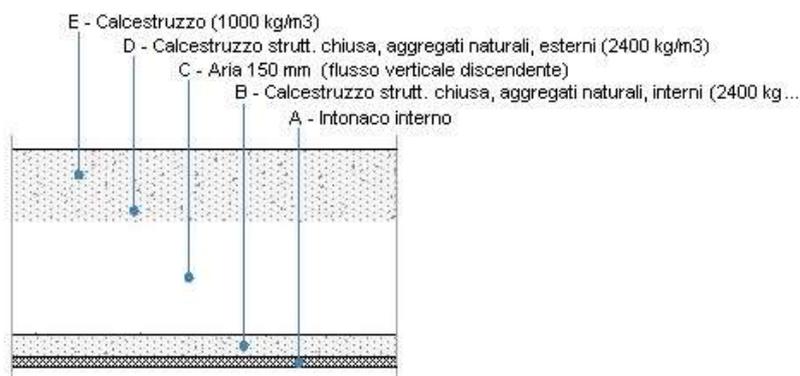
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	1,068 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,388 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

SOF_02_ZNR soffitto palestra 30 cm



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: SOF_02_ZNR soffitto palestra 30 cm

Note:

Tipologia:	<u>Soffitto</u>	Disposizione:	<u>Orizzontale</u>
Verso:	<u>Zona non riscaldata</u>	Spessore:	<u>290,0</u> mm
Trasmittanza U:	1,718 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,582 (m ² K)/W
Massa superf.:	209 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, interni (2400 kg/m ³)	30,0	1,910	0,016	2.400	0,88	76,9	50,0
C	Aria 150 mm (flusso verticale ascendente)	150,0	0,940	0,160	1	1,00	1,0	1,0
D	Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, esterni (2400 kg/m ³)	30,0	2,080	0,014	2.400	0,88	76,9	50,0
E	Calcestruzzo (1000 kg/m ³)	65,0	0,380	0,171	1.000	0,88	3,3	3,3
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
	TOTALE	290,0		0,643				

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

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

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

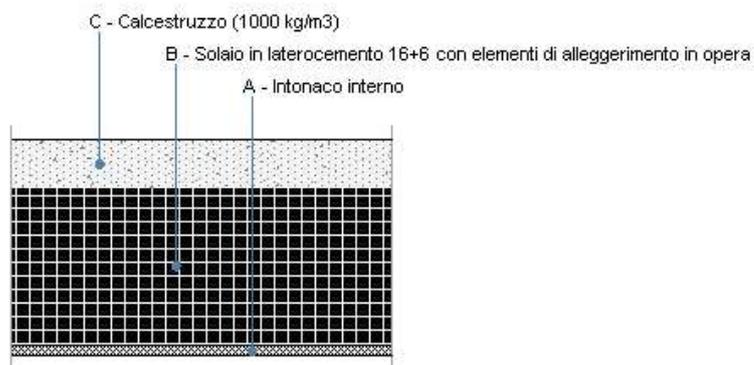
Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,100 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	<u>Brandizzo</u>	Zona climatica:	<u>E</u>
Trasmittanza della struttura U:	1,718 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,260 W/(m ² K)

SOF_03_ZNR soffitto 30 cm



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **SOF_03_ZNR soffitto 30 cm**

Note:

Tipologia:	<u>Soffitto</u>	Disposizione:	<u>Orizzontale</u>
Verso:	<u>Zona non riscaldata</u>	Spessore:	<u>300,0</u> mm
Trasmittanza U:	1,452 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,689 (m ² K)/W
Massa superf.:	461 Kg/m ²	Colore:	Chiaro

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Solaio in laterocemento 16+6 con elementi di alleggerimento in opera	220,0	0,743	0,296	1.800	1,00	10,0	5,0
C	Calcestruzzo (1000 kg/m ³)	65,0	0,380	0,171	1.000	0,88	3,3	3,3
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
	TOTALE	300,0		0,689				

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

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

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

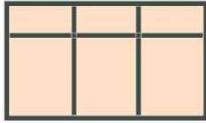
Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,100 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	<u>Brandizzo</u>	Zona climatica:	<u>E</u>
Trasmittanza della struttura U:	1,452 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,260 W/(m ² K)

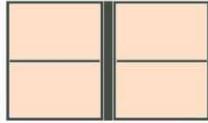
SERRAMENTI EDIFICIO AULE



sottof.
veneziane

TRF_01

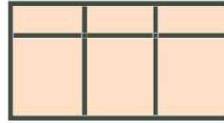
310 x 185 cm
(n.)



sottof.

TRF_02

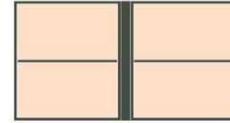
310 x 185 cm



sottof.
veneziane

TRF_03

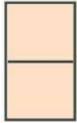
340 x 185 cm (n.)



sottof.

TRF_04

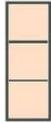
340 x 185 cm



sottof.

TRF_05

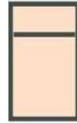
110 x 185 cm



sottof.

TRF_06

70 x 185 cm



sottof.

TRF_07

110 x 185 cm
(n.)



sottof.

TRF_08

140 x 370 cm



sottof.

TRF_09

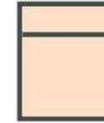
110 x 370 cm



sottof.
veneziane

TRF_10

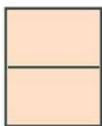
150 x 185 cm
(n.)



sottof.
veneziane

TRF_11

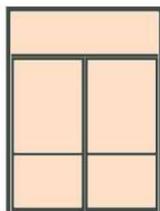
150 x 185 cm
(n.)



sottof.

TRF_12

150 x 185 cm



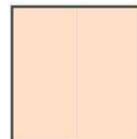
TRP_01

240 x 320 cm
(n.)



TRP_02

140 x 280 cm
(n.)



TRP_03

200 x 210 cm
(REI)



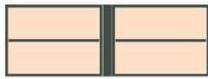
TRP_04

100 x 210 cm



TRP_05

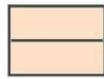
137 x 210 cm
(REI)



sottof.

TRF_40

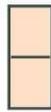
310 x 110 cm



sottof.

TRF_41

150 x 110 cm



sottof.

TRF_42

70 x 160 cm



sottof.

TRF_43

140 x 185 cm



sottof.

TRF_44

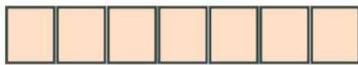
80 x 185 cm



TRP_06

130 x 258 cm
(REI)

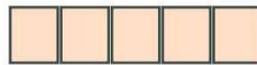
SERRAMENTI EDIFICIO LABORATORI



no sottof.

TRF_20

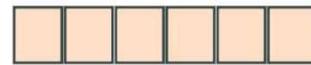
539 x 90 cm



no sottof.

TRF_21

385 x 90 cm



no sottof.

TRF_22

462 x 90 cm



no sottof.

TRF_23

65 x 65 cm



no sottof.

TRF_24

65 x 90 cm



no sottof.

TRF_25

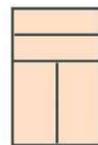
195 x 90 cm



no sottof.

TRF_26

65 x 180 cm



sottof.

TRF_27

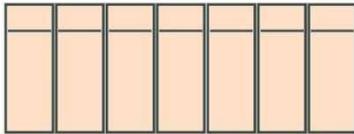
140 x 215 cm



sottof.

TRF_28

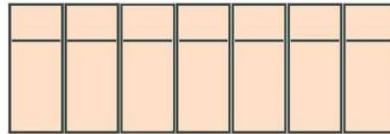
140 x 200 cm



sottof.

TRF_29

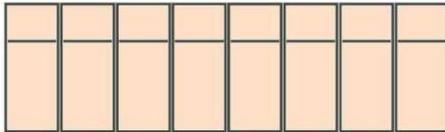
539 x 200 cm



sottof.

TRF_30

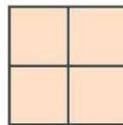
595 x 200 cm



sottof.

TRF_31

680 x 200 cm



TRF_32

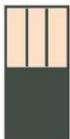
185 x 185 cm



no sottof.

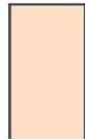
TRF_33

195 x 90 cm



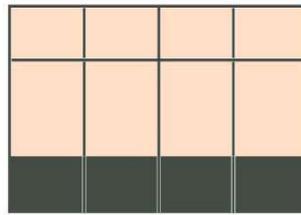
TRP_07

100 x 210 cm



TRP_08

120 x 210 cm
(REI)



TRP_09

460 x 320 cm
(palestra)

Di seguito vengono riportate le caratteristiche termofisiche dei principali elementi che compongono l'involucro edilizio trasparente.

TRF_02_310 x 185 cm

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **TRF_02_310 x 185 cm**

Note: /

Produttore: /

Larghezza: **310 cm**

Altezza: **185 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **5 cm**

Spessore inferiore del telaio: **5 cm**

Spessore sinistro del telaio: **5 cm**

Spessore destro del telaio: **5 cm**

Numero divisioni verticali: **1**

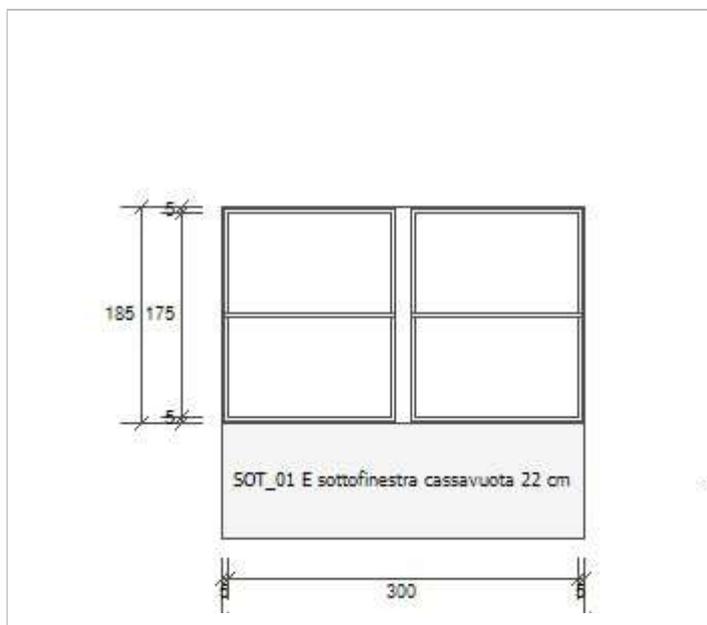
Spessore divisioni verticali: **20 cm**

Numero divisioni orizzontali: **1**

Spessore divisioni orizzontali: **5 cm**

Area del vetro A_g : **4,760 m²**

Area totale del serramento A_w : **5,735 m²**



Area del telaio A_f : **0,975 m²**

Perimetro della superficie vetrata L_g : **18,000 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4 mm**

Coefficiente di trasmissione solare g : **0,850**

Trasmittanza termica vetro U_g : **5,700 W/(m² K)**

Tipologia vetro: **Vetro singolo**

Emissività ϵ : **0,837**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore s_f : **0 mm**

Trasmittanza termica del telaio U_f : **5,700 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,000 W/(m K)**

Tipologia telaio: **Senza taglio termico**

Distanziatore: **Metallo**

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : **5,700 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella $U_w, CORR$: **5,772 W/(m² K)**

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: **Brandizzo**

Anno di riferimento: **2019**

Trasmittanza serramento U_w : **5,700 W/(m² K)**

Zona climatica di riferimento: **E**

Trasmittanza limite U_w : **1,900 W/(m² K)**

TRF 06 70 x 185 cm

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: TRF 06 70 x 185 cm

Note: /

Produttore: /

Larghezza: 70 cm

Altezza: 185 cm

Disperde verso: Esterno

Spessore superiore del telaio: 5 cm

Spessore inferiore del telaio: 5 cm

Spessore sinistro del telaio: 5 cm

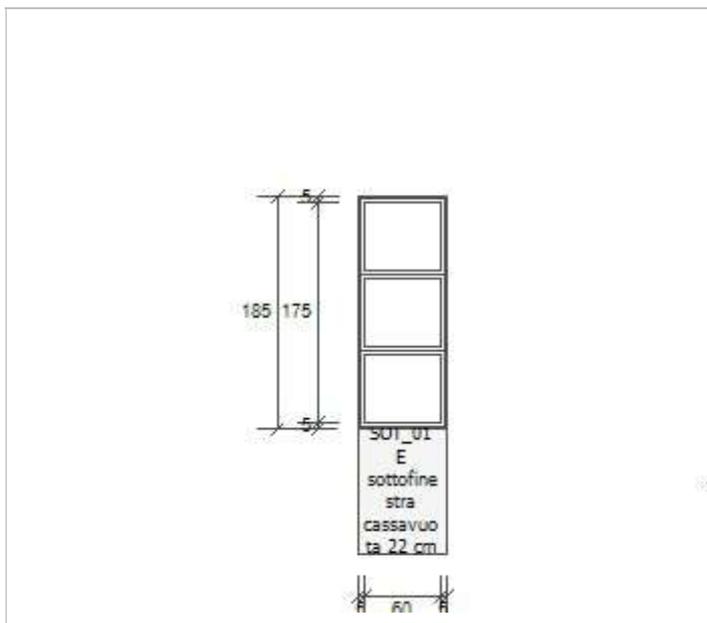
Spessore destro del telaio: 5 cm

Numero divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

Numero divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 5 cm



Area del vetro A_g : 0,990 m²

Area totale del serramento A_w : 1,295 m²

Area del telaio A_f : 0,305 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 6,900 m

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: Vetro 4 mm

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,850

Trasmittanza termica vetro U_g : 5,700 W/(m² K)

Tipologia vetro: Vetro singolo

Emissività ϵ : 0,837

Telaio

Materiale: Metallo

Spessore s_f : 0 mm

Trasmittanza termica del telaio U_f : 5,700 W/(m² K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : 0,000 W/(m K)

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Distanziatore: Metallo

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 5,700 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella U_w , CORR: 5,700 W/(m² K)

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: Brandizzo

Anno di riferimento: 2019

Trasmittanza serramento U_w : 5,700 W/(m² K)

Zona climatica di riferimento: E

Trasmittanza limite U_w : 1,900 W/(m² K)

TRF 32 185 x 185 cm

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **TRF 32 185 x 185 cm**

Note: /

Produttore: /

Larghezza: **185 cm**

Altezza: **185 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **5 cm**

Spessore inferiore del telaio: **5 cm**

Spessore sinistro del telaio: **5 cm**

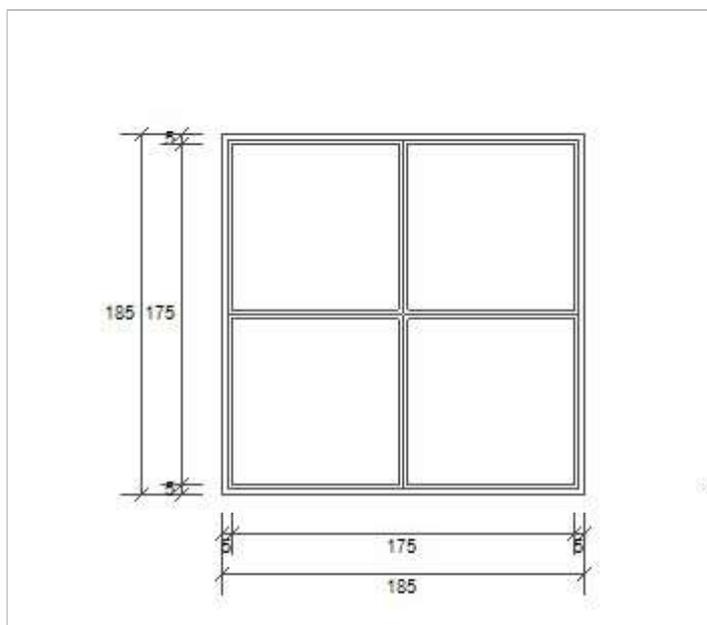
Spessore destro del telaio: **5 cm**

Numero divisioni verticali: **1**

Spessore divisioni verticali: **5 cm**

Numero divisioni orizzontali: **1**

Spessore divisioni orizzontali: **5 cm**



Area del vetro A_g : **2,890 m²**

Area totale del serramento A_w : **3,422 m²**

Area del telaio A_f : **0,532 m²**

Perimetro della superficie vetrata L_g : **13,600 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 4 mm**

Coefficiente di trasmissione solare g : **0,850**

Trasmittanza termica vetro U_g : **5,700 W/(m² K)**

Tipologia vetro: **Vetro singolo**

Emissività ϵ : **0,837**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore s_f : **0 mm**

Trasmittanza termica del telaio U_f : **5,700 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,000 W/(m K)**

Tipologia telaio: **Senza taglio termico**

Distanziatore: **Metallo**

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : **5,700 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella U_w , CORR: **5,700 W/(m² K)**

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: **Brandizzo**

Anno di riferimento: **2019**

Trasmittanza serramento U_w : **5,70 W/(m² K)**

Zona climatica di riferimento: **E**

Trasmittanza limite U_w : **1,900 W/(m² K)**

TRF_01 310 x 185 cm (installato nel 2007)

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **TRF_01 310 x 185 cm (n.)**

Note: /

Produttore: /

Larghezza: **310 cm**

Altezza: **155 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **2**

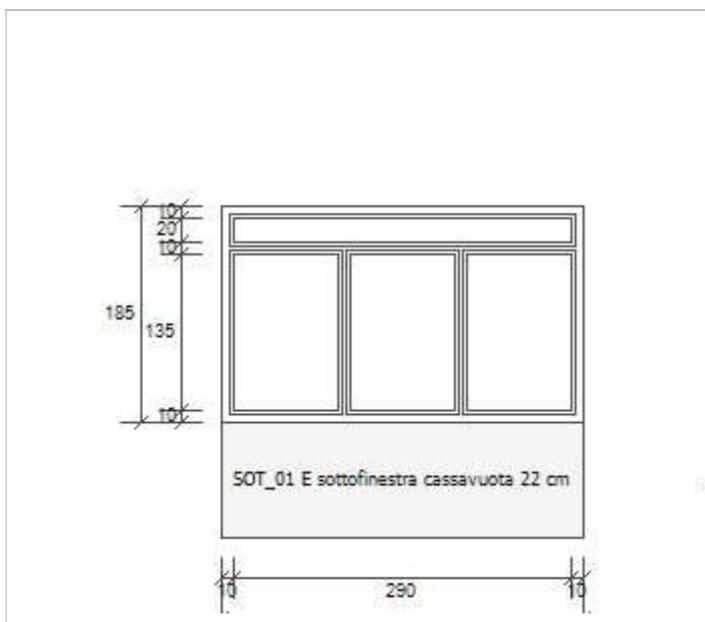
Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **0 cm**

Area del vetro A_g : **4,225 m²**

Area totale del serramento A_w : **5,735 m²**



Area del telaio A_f : **1,510 m²**

Perimetro della superficie vetrata L_g : **19,700 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro 6-15-6 (Argon)**

Coefficiente di trasmissione solare g: **0,750**

Trasmittanza termica vetro U_g : **1,312 W/(m² K)**

Tipologia vetro: **Doppio vetro normale**

Emissività ϵ : **0,837**

Telaio

Materiale: **Metallo**

Spessore sf: **40 mm**

Trasmittanza termica del telaio U_f : **2,709 W/(m² K)**

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

Tipologia telaio: **Con taglio termico**

Distanziatore: **Metallo**

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : **1,955 W/(m² K)**

Trasmittanza termica serramento comprendendo la tapparella U_w , CORR: **1,955 W/(m² K)**

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: **Brandizzo**

Anno di riferimento: **2019**

Trasmittanza serramento U_w : **1,955 W/(m² K)**

Zona climatica di riferimento: **E**

Trasmittanza limite U_w : **1,900 W/(m² K)**

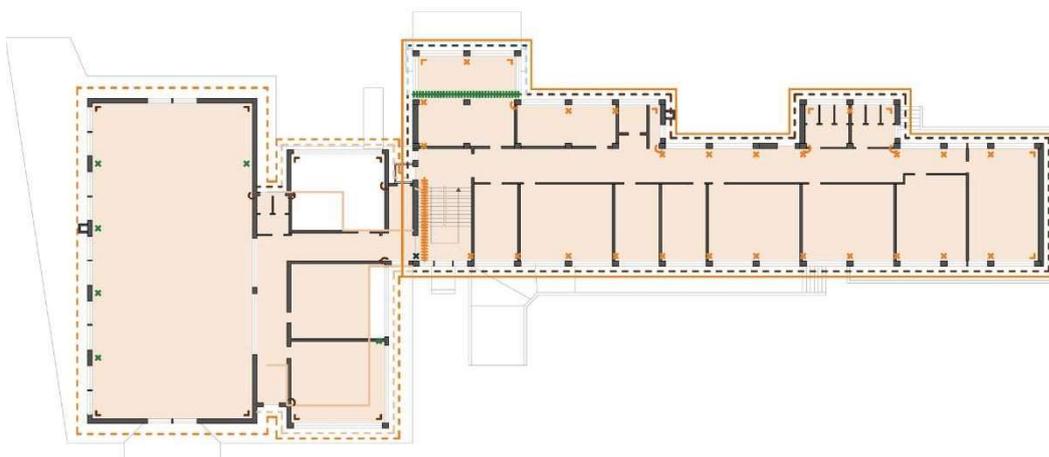
8.5 Abaco dei ponti termici

I ponti termici individuati e successivamente simulati vengono indicati e localizzati nella seguente elencazione.

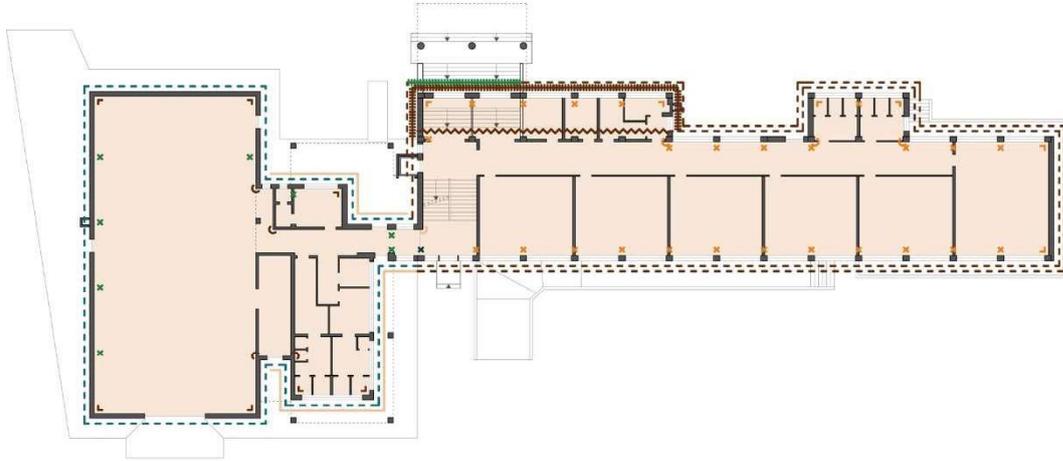
LEGENDA:

	PT_01 E serramento su parete 40 cm		PT_15 E sporto - parete 40 cm
	PT_02 E serramento su parete 30 cm		PT_16 E copertura - parete 40 cm
	PT_03 E solaio pavimento - parete 40 cm		PT_17 E copertura - parete 40 cm
	PT_04 TER solaio pavimento - parete 40 cm		PT_18 E copertura - parete 30 cm
	PT_05 ZNR solaio pavimento - parete 20 cm		PT_20 E angolo sporgente pilastro 40 cm
	PT_06 E cambio stratigrafia parete 40 cm		PT_21 Eangolo rientrante pilastro 40 cm
	PT_07 E solaio interpiano - parete 40 cm		PT_22 E pilastro su parete 40 cm
	PT_08 ZNR solaio interpiano - parete 20 cm		PT_23 E angolo sporgente pilastro 30 cm
	PT_09 E solaio interpiano - parete 40 cm		PT_24 E angolo rientrante pilastro 30 cm
	PT_10 E solaio pavimento - parete 30 cm		PT_25 E pilastro su parete 30 cm
	PT_11 E solaio interpiano - parete 30 cm		PT_26 E angolo rientrante pilastro 40 cm
	PT_12 E solaio pavimento - parete 40 cm		PT_27 ZNR pilastro su parete 20 cm
	PT_13 E solaio interpiano - parete 30 cm		PT_28 E pilastro su parete 40 cm
	PT_14 E solaio interpiano - parete 40 cm		

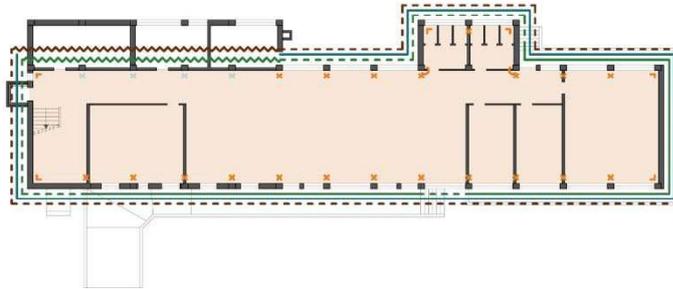
PLANIMETRIA PIANO PRIMO



PLANIMETRIA PIANO TERRA E RIALZATO



PLANIMETRIA PIANO SEMINTERRATO



Di seguito viene riportato l'elenco completo dei ponti termici simulati con il loro valori di trasmittanza termica lineica. La modellazione è stata effettuata tramite l'ausilio del programma di calcolo IRIS 4.1, della casa produttrice ANIT, riconosciuto e certificato dal CTI.

	Descrizione	Coefficiente lineico interno [W/m K]	Coefficiente lineico esterno [W/m K]
1	PT_01 E serramento su parete 40 cm	0,064	0,064
2	PT_02 E serramento su parete 30 cm	0,059	0,059
3	PT_03 E solaio pavimento - parete 40 cm	0,001	-1,443
4	PT_05 ZNR solaio pavimento - parete 20 cm	0,084	-0,632
5	PT_06 E cambio stratigrafia parete 40 cm	-0,059	-0,059
6	PT_07 E solaio interpiano - parete 40 cm	0,783	0,442
7	PT_08 ZNR solaio interpiano - parete 20 cm	-0,304	0,352
8	PT_09 E solaio interpiano - parete 40 cm	-0,543	0,333
9	PT_10 E solaio pavimento - parete 30 cm0.12	0,063	-0,664
10	PT_11 E solaio interpiano - parete 30 cm	-0,425	0,332
11	PT_12 E solaio pavimento - parete 40 cm	0,243	-0,315
12	PT_13 E solaio interpiano - parete 30 cm	0,439	-0,945
13	PT_14 E solaio interpiano - parete 40 cm	0,463	-0,311
14	PT_15 E sporto - parete 40 cm	0,476	-0,298
15	PT_16 E copertura - parete 40 cm	-0,135	0,780
16	PT_17 E copertura - parete 40 cm	0,684	-0,262
17	PT_18 E copertura - parete 30 cm	1,187	0,397
18	PT_20 E angolo sporgente pilastro 40 cm	0,351	-0,479
19	PT_21 E angolo rientrante pilastro 40 cm	-0,373	0,458
20	PT_22 E pilastro su parete 40 cm	0,397	0,397
21	PT_23 E angolo sporgente pilastro 30 cm	0,336	-0,317
22	PT_24 E angolo rientrante pilastro 30 cm	-0,118	0,535
23	PT_25 E pilastro su parete 30 cm	0,644	0,644
24	PT_27 E pilastro su parete 20 cm	0,840	0,840

9. Analisi energetica dello stato di fatto

Con la proposta di tesi si vuole migliorare il complesso scolastico anche in termini energetici. Attraverso l'analisi degli elementi tecnici verticali e orizzontali, sono state individuati gli aspetti più critici che caratterizzano l'involucro dell'edificio. Su di essi si concentrano gli interventi migliorativi, agendo sulle loro prestazioni energetiche, soprattutto in ambito di isolamento termico.

È importante dimostrare come il progetto proposto possa risultare di interesse per la collettività ma anche per l'amministrazione pubblica. Ad essa infatti si dovranno dimostrare i vantaggi dell'intervento sia in termini economici che in termini ambientali.

9.1 Descrizione del sistema impiantistico

L'impianto di riscaldamento dell'istituto scolastico è stato recentemente sottoposto a diversi interventi di miglioramento: nel 2007 è stato effettuato un intervento per l'installazione delle valvole di termoregolazione⁹³ su ogni radiatore presente nella scuola. più recentemente invece sono stati eseguiti i lavori per la sostituzione dei generatori di calore. Attualmente sono presenti due caldaie a condensazione alimentate a gas metano. Esse servono i due diversi blocchi del complesso scolastico, il blocco "aule" e il blocco "laboratori". I sistemi impianto-edificio vengono quindi considerati separati. Nell'analisi eseguita e nei successivi calcoli, il complesso scolastico viene trattato come composto da due edifici distinti.

Entrambi i generatori di calore sono installati all'esterno della zona termica riscaldate, nei due vani tecnici ai piani seminterrati. La loro aerazione viene garantita dalle ampie aperture praticate sulla muratura perimetrale e sulle porzioni di solaio (fig. 9.1).

⁹³ Si tratta di una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata. Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.



Figura 9.1: apertura per areazione su muratura esterna del vano tecnico della caldaia.

9.1.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione del blocco aule è costituito da terminali in ghisa, collocati nelle porzioni di sottofinestra di tutti gli ambienti riscaldati. I radiatori sono quelli originari, non sottoposti a sostituzione. Mediamente i radiatori della scuola sono composti da un numero che va dai 16 ai 26 elementi, per un'altezza di circa 90cm.

Nella porzione dei laboratori, i terminali che forniscono il calore negli ambienti e negli spogliatoi sono radiatori in ghisa. La palestra invece è riscaldata attraverso ventilconvettori idronici. Anch'essi sono originari, non sottoposti ad interventi di sostituzione.



Figura 9.2: radiatore in ghisa su parete esterna, in sottofinestra.



Figura 9.3: ventilconvettore a parete, palestra.

9.1.2 Sottosistema di regolazione

Durante i lavori di adeguamento del 2007, il sistema di regolazione è stato soggetto all'installazione di valvole termostatiche per entrambe le porzioni del complesso scolastico (fig. 9.4). Esse permettono oltre alla regolazione tramite sonda climatica esterna, anche la regolazione per ambiente, assunta per banda proporzionale a 2°C. La regolazione per l'ambiente palestra invece risulta essere una di zona.



Figura 9.4: valvola di termoregolazione su radiatore in ghisa.

9.1.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione risulta essere quello originario non essendo stato soggetto a rifacimenti o sostituzioni. In particolare si assume una distribuzione a monotubo a montanti. I montanti si ipotizzano passanti all'interno dell'intercapedine delle porzioni murarie perimetrali, per entrambe le porzioni scolastiche. Le tubazioni risultano essere scarsamente isolate nei tratti di distribuzione pertinenti ai vani tecnici delle caldaie (fig. 9.5 e 9.6), con un livello di isolamento conforme alle prescrizioni del DPR 412/93⁹⁴, mentre all'interno delle zone termiche riscaldate vengono considerate non isolate.

⁹⁴ Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, ottobre 1993.



Figura 9.5: isolamento delle tubazioni nel vano tecnico caldaia, porzione aule.



Figura 9.6: isolamento delle tubazioni nel vano tecnico caldaia, porzione laboratori.

9.1.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è suddiviso in due ed è composto da due caldaie distinte, serventi le due diverse porzioni scolastiche. Le caldaie, due Ygnis Varmax di recente installazione (fig. 9.7), hanno una potenza utile pari a 175,60 kW e 136,36 kW. Considerando una temperatura di lavoro dagli 80°C ai 60°C, sono caratterizzate da un rendimento pari a circa 97,5%. La modulazione della loro potenza va dal 100,0% fino al 20,0%. Esse sono anche utilizzate per la produzione di acqua calda sanitaria.

Le pompe di circolazione, hanno una potenza pari a 1560W (fig. 9.9).

La posizione delle canne fumarie è rimasta invariata e sono caratterizzate da un'altezza superiore ai 10 m.

Il vano tecnico delle caldaie, in entrambi i casi, risulta essere al piano interrato. La posizione necessita di opportuni accorgimenti per la realizzazione dello scolo della condensa della caldaia, che altrimenti andrebbe a creare problemi di deposito di acqua sul pavimento del vano tecnico, come attualmente accade (fig. 9.10).



Figura 9.7: caldaia a condensazione YGNIS VARMAX.



Figura 9.8: caldaia a metano originaria.



Figura 9.9: pompe di circolazione.



Figura 9.10: scarico della condensa nel vano tecnico.

9.2 Impianto di illuminazione e di movimentazione meccanica

Il sistema di illuminazione interno degli ambienti entro la zona termica climatizzata non verrà sottoposto ad intervento in quanto esso è stato soggetto a recenti interventi migliorativi: sono state sostituite le lampade a fluorescenza dei vari ambienti. Il sistema illuminante verrà considerato ai fini di un corretto calcolo del fabbisogno energetico del complesso scolastico. Gli impianti di illuminazione sono caratterizzati dalla presenza di lampade tubolari a fluorescenza, di potenza variabile, dai 18 ai 36W. Vengono qui riportati in sintesi i fabbisogni per l'impianto di illuminazione suddiviso per le due porzioni, e per l'impianto di movimentazione dell'ascensore servente il complesso:

- Fabbisogno energetico per l'illuminazione della porzione del 1966: 63.619,80kWh.
- Fabbisogno energetico per l'illuminazione della porzione del 1970: 12.920,40kWh.
- Fabbisogno energetico per il trasporto: 2.692,00kWh.

9.3 Simulazione del modello energetico

La simulazione del modello energetico dell'istituto scolastico è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma di calcolo Termolog Epix 10, della casa Logical Soft S.r.l. Esso è riconosciuto e certificato dal CTI⁹⁵ come conforme alle norme UNI/TS e UNI EN considerate nei calcoli.

Il modello energetico realizzato, ha permesso di capire e comprendere l'entità del fabbisogno energetico dell'istituto.

⁹⁵ Il Comitato termotecnico italiano energia e ambiente è una associazione senza fine di lucro, avente il compito di svolgere l'attività normativa nei settori della termotecnica e della produzione e utilizzazione di energia termica, e delle relative implicazioni ambientali.

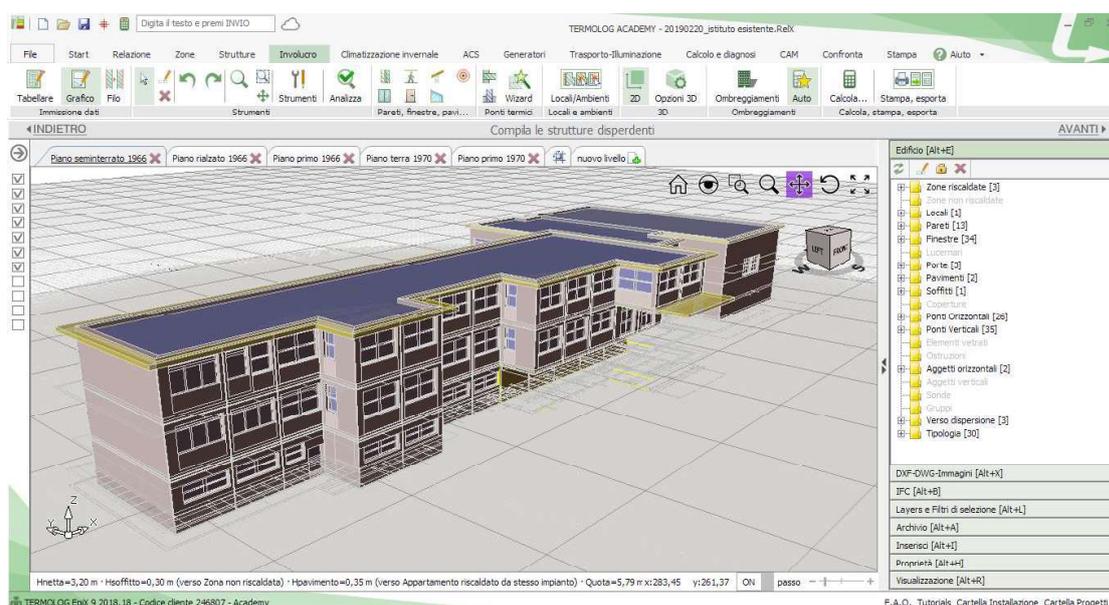


Figura 9.11: estratto della simulazione del modello tridimensionale da Termolog Epix.10.

La scuola è stata modellata come due edifici distinti, considerando l'edificio edificio come "un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutto o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi ad un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti"⁹⁶.

⁹⁶ D. Lgs. 192/05, attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, articolo 2, comma 1, lettera a, settembre 2005.

Le stratigrafie delle pareti murarie, così come quelle degli orizzontamenti, sono state ipotizzate in base alle informazioni reperite in loco e in base al confronto con le tipologie costruttive risalenti agli anni Settanta.

Di particolare utilità è stato il caso della scuola Enrico Fermi di Torino, dove strutture ed orizzontamenti sono stati osservati durante le diverse fasi di demolizione che hanno riguardato il complesso torinese nel periodo di ottobre e novembre 2018.

Per la simulazione del modello si sono assunte le seguenti scelte in quanto non è stato possibile approfondire la conoscenza della composizione di alcuni elementi edilizi:

- il solaio controterra viene ipotizzato come un solaio in appoggio su di un vespaio non aerato composto da gambette in laterizio.
- la porzione prossima al terreno della parete perimetrale al piano seminterrato viene ipotizzata in calcestruzzo armato, in quanto in alcune parti ha il compito di parete controterra.
- il solaio di soffitto della palestra viene assunto come un solaio prefabbricato elementi in calcestruzzo armato.

Successivamente sono stati studiati e simulati i ponti termici presenti nel complesso scolastico. La modellazione è stata effettuata tramite l'ausilio del programma di calcolo IRIS 4.1, della casa produttrice ANIT, riconosciuto e certificato dal CTI.

I ponti termici sono poi stati sviluppati e risolti successivamente, andando a simulare nuovamente ciascuno di essi con le nuove soluzioni tecnologiche, verificando in particolare l'assenza di condensa superficiale ed interstiziale.

Nell'allegato allegato F si riporta la documentazione di sintesi sullo studio dei ponti termici appartenenti allo stato di fatto.

Dal modello simulato le due porzioni del complesso scolastico risultano avere una potenza termica di progetto pari a 170,56 kW per la porzione del 1966 e pari a 119,4 kW per la porzione del 1970. Esse risultano in linea con la scelta delle caldaie a condensazione installate.

9.4 Consumi energetici ed indicatori

Il modello di calcolo standard, considerando la stagione di riscaldamento di 183 giorni come da normativa, dal 15 ottobre al 15 aprile, per la porzione delle aule, riporta un fabbisogno di energia termica di riscaldamento dell'involucro pari a $Q_{H,nd} = 333079,10\text{kWh}$ ed un fabbisogno di energia primaria non rinnovabile pari a $EP_{gl,nren} = 338,06\text{kWh/m}^2$.

In dettaglio si riporta il fabbisogno per la climatizzazione invernale dell'involucro, indicando quelli che sono gli apporti gratuiti, le dispersioni e il fabbisogno energetico nei diversi mesi di climatizzazione.

	Um	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	TOTALI
nn	giorni	17,00	30,00	31,00	31,00	28,00	31,00	15,00	183,00
Qint	kWh	2.321,03	4.095,94	4.232,47	4.232,47	3.822,87	4.232,47	2.047,97	24.985,21
Qsol,w	kWh	4.339,26	5.261,96	5.211,46	5.838,65	6.950,85	8.861,20	4.701,50	41.164,89
Qsol,op	kWh	458,49	509,30	524,24	568,84	707,78	953,14	500,91	4.222,69
Qgn	kWh	6.660,29	9.357,90	9.443,93	10.071,12	10.773,72	13.093,67	6.749,47	66.150,10
Qd + Qg + Qu	kWh	14.617,74	37.731,63	51.683,56	55.914,96	45.316,96	34.455,71	12.681,00	252.401,57
Qr	kWh	874,46	1.329,98	1.592,07	1.733,59	1.624,84	1.717,83	1.048,38	9.921,13
QH,ve	kWh	8.127,15	20.977,98	28.734,96	31.087,53	25.195,26	19.156,64	7.050,37	140.329,90
QH,ht	kWh	23.160,87	59.530,29	81.486,35	88.167,24	71.429,28	54.377,04	20.278,84	398.429,91
gamma H	-	0,29	0,16	0,12	0,11	0,15	0,24	0,33	-
etaH,gn	-	0,97	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	-
QH,nd	kWh	16.671,11	50.228,16	72.068,51	78.122,93	60.713,46	41.504,42	13.770,49	333.079,09

Tabella 9.1: fabbisogno mensile per la climatizzazione invernale, aule.

LEGENDA	
nn	numero giorni di riscaldamento
Qint	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Qsol,w	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetriati
Qsol,op	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Qgn	apporti totali di energia termica
Qd + Qg + Qu	scambi di energia termica totali verso esterno, terreno, ambienti non riscaldati
Qr	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
QH,ve	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di riscaldamento
QH,ht	scambio di energia termica totale nel caso di riscaldamento
gamma H	rapporto apporti - dispersioni
etaH,gn	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
QH,nd	fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento degli ambienti

Nel seguente grafico si evidenzia il rapporto tra gli apporti termici gratuiti e le dispersioni totali della porzione in analisi. Risulta evidente come le dispersioni abbiano un ordine di grandezza diverso rispetto agli apporti e di come quest'ultimi risultino influenzare minimamente il fabbisogno termico per la climatizzazione.

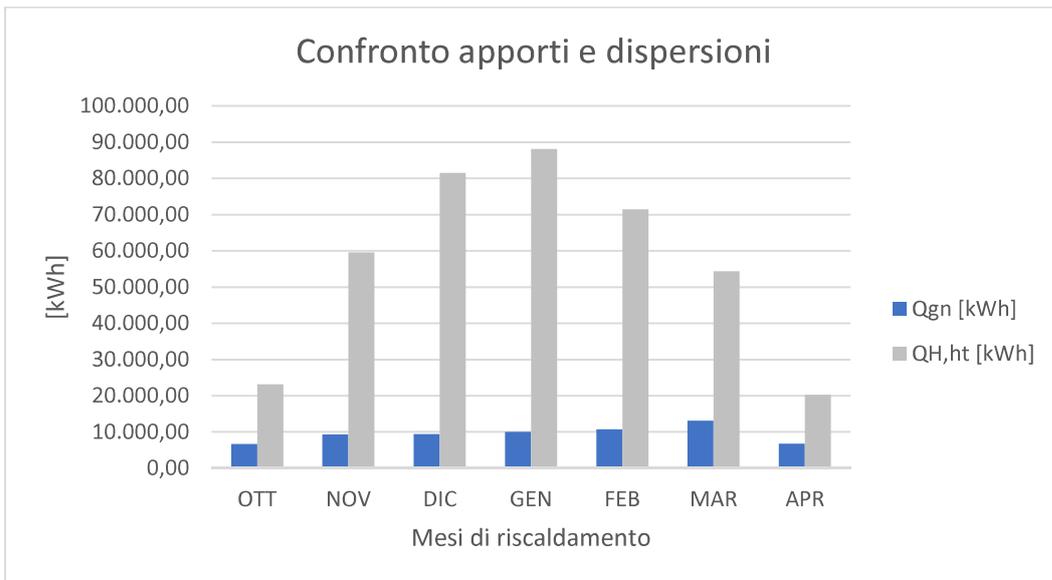


Grafico 9.1: apporti e dispersioni, aule.

La classe energetica che ne risulta è una classe D.

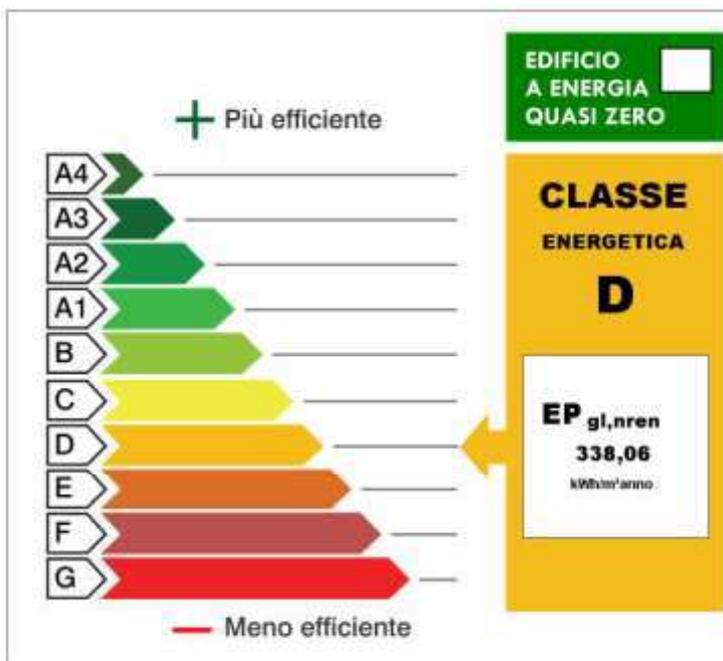


Figura 9.13: classe energetica porzione aule.

La porzione dei laboratori invece risulta essere caratterizzata da un fabbisogno di energia termica di

riscaldamento dell'involucro pari a $Q_{H,nd} = 233448,20\text{kWh}$ ed un fabbisogno di energia primaria non rinnovabile pari a $EP_{gl,nren} = 342,98\text{kWh/m}^2$.

In dettaglio si riporta il fabbisogno per la climatizzazione invernale dell'involucro, indicando quelli che sono gli apporti gratuiti, le dispersioni e il fabbisogno energetico nei diversi mesi di climatizzazione.

	Um	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	TOTALI
nn	giorni	17,00	30,00	31,00	31,00	28,00	31,00	15,00	183,00
Qint	kWh	1.491,32	2.631,74	2.719,47	2.719,47	2.456,29	2.719,47	1.315,87	16.053,64
Qsol,w	kWh	2.998,37	3.294,14	3.325,23	3.629,53	4.570,28	6.306,01	3.394,57	27.518,13
Qsol,op	kWh	238,58	247,87	239,04	266,53	363,26	526,12	305,37	2.186,78
Qgn	kWh	4.489,69	5.925,88	6.044,70	6.348,99	7.026,58	9.025,48	4.710,44	43.571,77
Qd + Qg + Qu	kWh	10.561,02	27.260,32	37.340,30	40.397,40	32.740,56	24.893,53	9.161,76	182.354,90
Qr	kWh	514,00	781,75	935,80	1.018,99	955,07	1.009,73	616,23	5.831,56
QH,ve	kWh	5.221,91	13.478,89	18.462,95	19.974,54	16.188,60	12.308,63	4.530,04	90.165,56
QH,ht	kWh	16.058,34	41.273,09	56.500,02	61.124,40	49.520,97	37.685,77	14.002,66	276.165,24
gamma H	-	0,28	0,14	0,11	0,10	0,14	0,24	0,34	-
etaH,gn	-	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95	-
QH,nd	kWh	11.735,05	35.406,79	50.488,51	54.807,87	42.561,65	28.907,48	9.540,81	233.448,17

Tabella 9.2: fabbisogno mensile per la climatizzazione invernale, porzione laboratori.

LEGENDA	
nn	numero giorni di riscaldamento
Qint	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Qsol,w	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetrati
Qsol,op	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Qgn	apporti totali di energia termica
Qd + Qg + Qu	scambi di energia termica totali verso esterno, terreno, ambienti non riscaldati
Qr	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
QH,ve	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di riscaldamento
QH,ht	scambio di energia termica totale nel caso di riscaldamento
gamma H	rapporto apporti - dispersioni
etaH,gn	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
QH,nd	fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento degli ambienti

Nel seguente grafico si evidenzia il rapporto tra gli apporti termici gratuiti e le dispersioni totali della porzione in analisi. Risulta evidente come le dispersioni abbiano un ordine di grandezza diverso rispetto agli apporti e di come quest'ultimi risultino influenzare minimamente il fabbisogno termico per la climatizzazione.

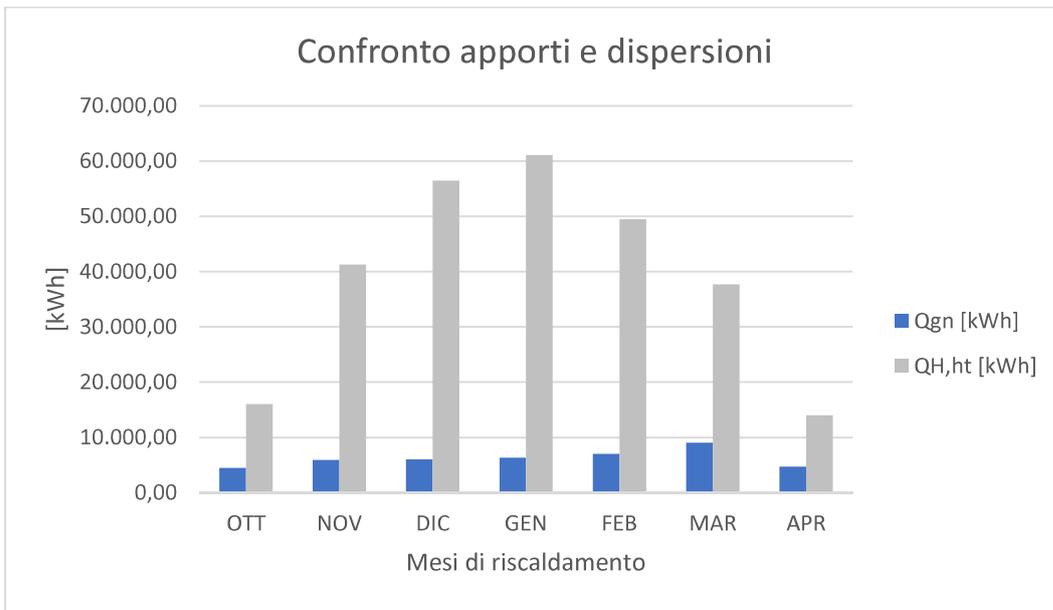


Grafico 9.2: apporti e dispersioni, porzione laboratori.

La classe energetica che ne risulta è una classe E.



Figura 9.14: classe energetica porzione laboratori.

Nella tabella che segue è stato evidenziato il consumo di gas metano espresso in mc e la spesa che ne deriva, considerando un costo del metano pari a 0,255 €/mc. Ai fini dei calcoli si considera la resa termica di 9,36 kWh per 1 mc di gas metano, avendo un rendimento di generazione pari a 97,5%. Va evidenziato come il calcolo si basi su un consumo di gas metano teorico. Esso non è stato rapportato al consumo reale in quanto non è stato possibile reperire i dati dei reali consumi energetici del complesso scolastico.

		Fabbisogno energetico		Indice di prestazione	Metano consumato	Spesa per il riscaldamento (costo metano = 0,80 €/mc)
		[kWh]		[kWh/m ²]	[m ³]	[]
Edificio AULE (energia termica)	$Q_{H,nd}$	333079,10	$EP_{H,nd}$	234,20	/	/
Edificio LABORATORI (en. termica)	$Q_{H,nd}$	233448,20	$EP_{H,nd}$	255,47	/	/
Fabbricato AULE (en. primaria)	$Q_{p,gl,tot}$	495661,50	$EP_{gl,tot}$	348,52	52955,29	€ 42.364,23
Fabbricato LABORATORI (en. primaria)	$Q_{p,gl,tot}$	319768,80	$EP_{gl,tot}$	349,93	34163,33	€ 27.330,67
Edificio (energia termica)	$Q_{H,nd}$	566527,30	$EP_{H,nd}$	489,67	/	/
Fabbricato (energia primaria totale)	$Q_{p,gl,tot}$	815430,30	$EP_{gl,tot}$	698,45	/	/
Consumo complessivo di metano	anno	/	/	/	87118,62	/
Spesa complessiva per il riscaldamento	anno	/	/	/	/	€ 69.694,90

Tabella 9.3: consumo di metano e spesa complessiva, complesso scolastico.

A titolo esaustivo si riportano le tabelle descriventi il fabbisogno energetico per il raffrescamento estivo del complesso scolastico. Questo non verrà però preso in considerazione in fase di progetto.

	Um	GIU	LUG	AGO	TOTALI
nn	giorni	18,00	31,00	20,00	69,00
Qint	kWh	2.457,56	4.232,47	2.730,62	9.420,65
Qsol,w	kWh	7.689,68	13.388,84	7.363,69	28.442,21
Qsol,op	kWh	732,26	1.330,32	787,19	2.849,77
Qgn	kWh	10.147,24	17.621,30	10.094,31	37.862,86
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	5.633,69	6.221,43	5.616,89	17.472,01
Qr	kWh	1.422,85	2.778,05	1.304,38	5.505,28
QC,ve	kWh	3.195,48	3.528,85	3.185,95	9.910,29
QC,ht	kWh	9.519,77	11.198,02	9.320,03	30.037,82
gamma C	-	1,07	1,57	1,08	-
etaC,gn	-	0,88	0,98	0,89	-
QC,nd	kWh	1.728,55	6.695,32	1.796,51	10.220,38

Tabella 9.4: fabbisogno mensile per la climatizzazione estiva, porzione aule.

	Um	GIU	LUG	AGO	TOTALI
nn	giorni	17,00	31,00	21,00	69,00
Qint	kWh	1.312,82	2.719,47	1.663,72	5.696,01
Qsol,w	kWh	4.294,55	9.092,99	5.201,15	18.588,69
Qsol,op	kWh	404,37	876,82	470,31	1.751,50
Qgn	kWh	5.607,36	11.812,46	6.864,87	24.284,69
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	3.524,48	4.632,05	4.048,52	12.205,04
Qr	kWh	712,11	1.632,92	740,87	3.085,90
QC,ve	kWh	1.669,18	2.267,38	1.931,22	5.867,78
QC,ht	kWh	5.501,39	7.655,52	6.250,30	19.407,22
gamma C	-	1,02	1,55	1,10	-
etaC,gn	-	0,88	0,98	0,91	-
QC,nd	kWh	105,97	4.156,94	614,56	4.877,47

Tabella 9.5: fabbisogno mensile per la climatizzazione estiva, porzione laboratori.

LEGENDA	
nn	numero giorni di raffrescamento
Qint	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Qsol,w	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetrati
Qsol,op	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Qgn	apporti totali di energia termica
Qd+Qg+Qu+Qa	scambi di en. termica totali verso est., ter., ambienti non risc. e ambienti risc. adiacenti
Qr	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
QH,ve	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di raffrescamento
QH,ht	scambio di energia termica totale nel caso di raffrescamento
gamma H	rapporto apporti - dispersioni
etaH,gn	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
QH,nd	fabbisogno ideale di energia termica per il raffrescamento degli ambienti

10. Progetto

Con il progetto di riqualificazione della scuola Martiri della Libertà, si vuole sottoporre all'amministrazione comunale una soluzione per ottimizzarne l'utilizzo in termini di sfruttabilità e prestazioni energetiche.

Lo scopo principale è quello di realizzare un nuovo involucro, grazie ad una serie di interventi che ne andranno ad interessare orizzontamenti e murature, la riorganizzazione degli ambienti interni e la risistemazione del giardino scolastico. L'intervento sull'involucro mira a rendere il complesso più omogeneo e compatto, rendendo i due blocchi, aule e laboratori, più uniformi tra loro, consolidando l'idea di istituzione scolastica organica e strutturata. Questo intervento non avrà come fine unico quello di ridisegnare le facciate dell'edificio, ma avrà anche il compito di ridurre sensibilmente il fabbisogno energetico richiesto per il riscaldamento invernale, una riduzione di circa 50% del fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale pre-intervento.

Gli ambienti interni saranno riorganizzati secondo le specifiche esigenze degli utenti. In particolare si vuole proporre una maggiore apertura ai cittadini durante gli orari extrascolastici, andando a trasformare la porzione centrale del fabbricato in un elemento architettonico in grado di accogliere le utenze nei diversi momenti della giornata. Si favorirà quindi l'utilizzo condiviso del complesso tramite la creazione di zone pubbliche e la possibilità di utilizzo delle attrezzature sportive.

L'edificio scolastico sarà integrato nel verde del giardino. Esso sarà sottoposto ad un ampliamento e a un completo ridisegno dei suoi spazi, garantendo agli utenti, soprattutto agli studenti, aree dedicate dove poter passare il tempo libero e aree adibite allo svolgimento di attività sportiva.

Lo sviluppo del progetto di riqualificazione si basa sul rispetto e sull'ottenimento di alcuni elementi fondamentali in ambito architettonico:

- **Carattere:** inteso come espressione della funzione dell'edificio; esso dovrà infatti essere in grado di trasmettere una idea di solidità e rigidezza, caratteristiche simili a quelle delle istituzioni scolastiche.
- **Contesto:** la preesistenza ambientale sarà integrata e valorizzata per poter dare unicità al progetto.
- **Flessibilità:** caratteristica fondamentale, il complesso infatti dovrà rispondere a differenti esigenze.
- **Semplice:** il progetto dovrà rispettare la massima economizzazione dei mezzi, razionalizzando il risultato finale tramite scelte concrete e chiare.
- **Spazio:** non dovrà essere solo inteso come quello delimitato dagli elementi architettonici, ma dovrà essere inteso anche come spazio comportamentale, ovvero quello spazio percepito a livello sensoriale grazie ad accorgimenti e soluzioni non necessariamente architettoniche.
- **Trasparenza:** permetterà di avere sempre un contatto continuo tra interno ed esterno, tramite il mantenimento di grandi aperture e l'utilizzo di materiali permeabili alla vista degli utenti; la trasparenza non sarà solo fisica, ma anche fenomenica, il complesso dovrà trasmettere sensazioni di sicurezza e organicità.
- **Utente:** sarà posto al centro del progetto, le scelte e le soluzioni adottate saranno tutte plasmate sulle sue esigenze.
- **Circolazione:** il tema dell'accessibilità e della fruizione sarà al centro dell'intervento. La circolazione verrà infatti affrontata sia a livello urbano che a quello architettonico.

10.1 Obiettivi progettuali

L'istituto comprensivo Martiri della Libertà è la scuola media di Brandizzo, l'unica di questo livello in tutto il Comune. È importante mantenerla attiva sia per il servizio offerto ai giovani ragazzi che per l'identità di Brandizzo, che riconosce in essa un punto di riferimento.

Gli obiettivi che vengono individuati all'interno dell'attività progettuale riguardano due tematiche: quella di vasta scala, riguardante l'impianto scolastico inserito nel suo contesto, e la seconda, quella riguardante gli aspetti tecnologici e le caratteristiche dell'edificio.

Gli obiettivi generali riguardanti l'impianto e il suo contesto; sono riassumibile in 3 punti chiave:

1. Il massimo sfruttamento delle risorse ambientali, non solo in termini energetici ma anche in termini qualitativi, integrando il più possibile ciò che circonda il complesso scolastico e sfruttando le potenzialità presenti in sito.
2. Creare un nuovo punto di riferimento per la comunità che sia mantenuto nel tempo e che sia soggetto a continua manutenzione.
3. Ottenere un complesso scolastico funzionale e flessibile, che possa accogliere studenti per attività didattiche e utenti esterni per altri tipi di attività, come spettacoli, eventi o mostre.

In termini generali si vuole sfruttare la scuola nella sua complessità per mettere in mostra quali siano le possibilità e le potenzialità di un'architettura sostenibile e funzionale, che adattata all'utenza può essere in grado di rispondere a esigenze tra loro differenti. La scuola dovrà essere intesa quindi come uno *strumento dimostrativo*, in grado di ispirare terzi e di guidare progetti futuri.

Gli obiettivi specifici invece sono quelli che dovranno essere raggiunti a livello tecnologico e spaziale:

1. Miglioramento delle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio con una possibile integrazione delle fonti rinnovabili per la produzione di energia.
2. Organizzare spazi e ambienti organici, funzionali e facilmente fruibili, che possano accogliere un bacino di utenza diversificato e che mantenendo alte le condizioni di benessere e di comfort.
3. Sviluppare un legame diretto tra edificio scolastico e giardino scolastico, integrando percorsi, ambienti e aree verdi diversificate sotto un unico grande sistema in grado di far dialogare tutti i vari elementi.

Il fine generale che si cerca di raggiungere tramite i passaggi citati è quello di educare i giovani cittadini al rispetto per l'ambiente tramite l'utilizzo della scuola come *strumento pedagogico*, un contenitore nel quale sia possibile apprendere, conoscere, interagire e sviluppare nuove idee.

10.2 Il quadro esigenziale

Per poter ottenere un progetto che risponda sia in termini prestazionali e sostenibili che in termini di sensazioni percepite, assecondando le necessità degli utenti interni ed esterni, è stato necessario redigere il quadro esigenziale.

“L’utente fornirebbe il materiale attraverso cui l’architettura può finalmente realizzare il suo potenziale”⁹⁷.

Con il quadro esigenziale si sono posti alla base gli obiettivi progettuali che si sono voluti raggiungere. Esso è stato strutturato in due sezioni: la prima, quella riguardante gli utenti interni, gli studenti, aventi esigenze ben specifiche, molto legate alla sicurezza e alla salubrità degli ambienti. Essi sono gli utilizzatori primari del complesso e il progetto si plasma su di loro. La seconda invece, è quella che caratterizza le esigenze degli utenti esterni e cittadini dediti al mondo dello sport interessati all’utilizzo delle attrezzature messe a disposizione nel complesso. Il progetto terrà infatti conto anche di questa nuova utenza, che permetterà di ottenere una maggiore fruibilità del complesso edilizio.

10.2.1 Quadro esigenziale interno, studente

“L’istruzione impartita per almeno dieci anni è obbligatoria ed è finalizzata a consentire il conseguimento di un titolo di studio di scuola secondaria superiore o di una qualifica professionale di durata almeno triennale entro il diciottesimo anno di età”⁹⁸.

Con questo articolo si rende obbligatoria l’istruzione scolastica per almeno 10 anni, per un periodo di studio che vada dai 6 anni ai 16 anni. L’istruzione obbligatoria è gratuita, e deve garantire ai bambini e ai ragazzi, scuole e ambienti che possano essere in grado di accogliere l’utenza in situazioni di comfort e soprattutto stimolando le attività intellettuali che fisiche.

“Il moderno ideale umano riconosce il diritto di ogni bambino ad avere una educazione che gli permetta di vivere felicemente e con successo. L’educazione è perciò importante, ma la vita e

⁹⁷ Adrian Forty, *Parole e edifici, un vocabolario per l’architettura moderna*, Bologna, Pendragon, 2000, p. 338.

⁹⁸ Legge 27 dicembre 2006, n. 296, articolo 1, comma 622, *Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato* (legge finanziaria 2007).

la salute lo sono ancora di più. È perciò necessario trovare le maniere per offrire ai bambini una educazione che non metta in pericolo la loro vita e non danneggi la loro salute”⁹⁹.

⁹⁹ Bollettino n. 23 del 1917,
Dipartimento degli Interni, Stati
Uniti d’America.

È importante quindi mantenere al centro dell’attenzione l’utente principale, lo studente. Ne va garantita la sua istruzione, la sua sicurezza e il suo corretto svolgimento delle attività nel periodo di frequentazione della scuola. Il quadro esigenziale diventa lo strumento principale per poter migliorare la situazione esistente:

- Promuovere una maggiore sensibilità ambientale nei giovani, contribuendo tramite la strutturazione degli ambienti e degli spazi allo sviluppo del loro senso civico.
- Stimolare le loro potenzialità percettive, la loro curiosità e la loro creatività tramite una corretta disposizione degli spazi e la creazione di ambienti vari e diversificati, che non scaturiscano mai situazioni di monotonia.
- Permettere la crescita a contatto con la natura aumentando il benessere degli utenti, integrando nelle attività didattiche e nel complesso scolastico aree verdi facilmente accessibili sia fisicamente che visivamente.
- Avere a disposizione diversi ambienti, differenti da quelli didattici, dove sia possibile svolgere attività di gruppo come laboratori o grandi sale, favorendo l’interazione sociale tra gli utenti.
- Favorire la percezione tra ambienti interni e spazi esterni tramite ampie e frequenti aperture in modo da avere sempre un continuo contatto visivo con il contesto.
- Favorire la mobilità sostenibile per raggiungere il complesso scolastico, garantendo la presenza di percorsi pedonali e ciclabili percorribili in totale sicurezza da parte degli utenti.
- Diversificare gli accessi per ridurre i rischi dovuti ad interferenze da compresenze di utenze.

10.2.2 Quadro esigenziale esterno, cittadino

Il quadro esigenziale per gli utenti esterni è utile ai fini dell'individuazione degli aspetti e degli elementi che possano garantire un maggior utilizzo del complesso scolastico:

- Riqualificare una scuola che diventi un riferimento per il quartiere e per l'intero paese, un edificio che tramite la strutturazione di spazi comuni come la biblioteca e il giardino, possa essere un centro di aggregazione sociale favorendo l'interrelazione tra le diverse generazioni.
- Favorire un facile accesso al complesso, di facile lettura e differenziato da quello degli utenti principali, gli studenti
- Permettere una maggiore fruibilità degli ambienti interni e degli spazi esterni, rendendo accessibili i servizi offerti.
- Avere un'area delimitata adibita a parcheggio a anche servizio degli utenti.
- Avere a disposizione un ambiente di sosta, un piccolo locale ristoro che possa accogliere gli utenti nei momenti di pausa, e che possa permettere loro di consumare vivande sia al chiuso che all'aperto tramite la strutturazione di un'area attrezzata a sedute e tavolini.

10.3 L'idea progettuale

L'idea di progetto nasce dalla necessità di garantire spazi piacevoli e salubri agli studenti e allo stesso tempo dalla necessità di dare una maggiore apertura della scuola ai cittadini. Alla base del progetto si pongono due specifiche domande: come accedervi e da dove. Questi quesiti hanno dato modo di sviluppare il pensiero che ha portato poi alla scelta della realizzazione di un nuovo sistema di accesso. Esso sarà diversificato in base alle diverse esigenze, e garantirà inoltre una migliore fruibilità del manufatto edilizio.

L'unione tra suolo pubblico e suolo pubblico scolastico avviene tramite la collocazione di un asse che fisicamente collega il giardino interno a via Alba, passando negli ambienti della scuola. L'asse oltre ad essere un percorso fisico e tangibile, assume un significato simbolico, che trasmette il volere progettuale. Mettere a disposizione della collettività un edificio pubblico mediante un intervento di apertura, che tramite il passaggio di un percorso ne permette una più ampia accessibilità. La porzione architettonica intaccata dall'intervento sarà quella che permetterà l'accesso a tutte le tipologie di utenze previste.

L'asse non è in grado di generare solo l'apertura della scuola. All'interno del suo giardino infatti, darà vita ad una compartimentazione delle diverse aree, che allestite tramite l'utilizzo di materiali differenti e la piantumazione di specie arboree variegata, offrirà agli utenti situazioni ed aree differenti e mai monotone. L'inclinazione dell'asse principale e i camminamenti secondari che si sviluppano all'interno del giardino scolastico, sono generati dalle inclinazioni delle preesistenze contestuali. In particolare essi seguono l'andamento delle strade limitrofe al complesso scolastico, assecondando le diverse geometrie dei lotti confinanti.

All'interno del giardino, l'idea che si vuole trasmettere è quella di una sempre maggiore presenza della natura man mano che ci allontana dalla posizione centrale dell'asse.

Allontanandosi da esso infatti si giunge ad un'area verde naturale, nella quale si cerca di trasmettere al visitatore e soprattutto agli studenti, la sensazione di trovarsi in un'area naturale in assenza di regole antropiche.

Con lo schema riportato di seguito si vuole esemplificare quella che sarà la strutturazione del complesso scolastico, per meglio comprenderne il suo funzionamento.

Gli studenti avranno accesso a tutte le aree del complesso scolastico. L'area delle aule didattiche sarà accessibile negli orari scolastici, mentre non sarà più accessibile in orari extrascolastici.

Il resto del complesso, la porzione dell'asse, la palestra ed il giardino interno con le relative aree verdi e area sportiva, sarà accessibile anche da utenti terzi nei momenti della giornata in cui non vi sarà lo svolgimento delle lezioni.

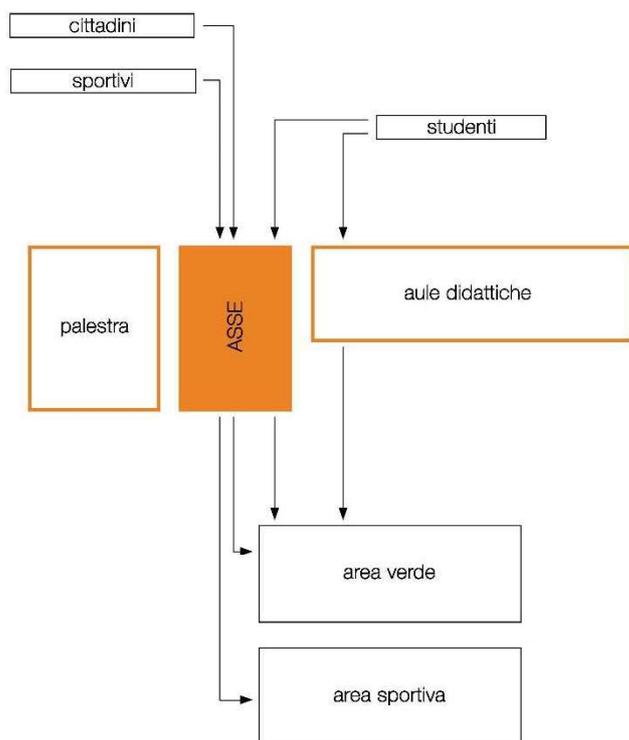


Figura 10.1: schematizzazione delle fruizioni da parte delle diverse utenze.

10.4 Accessibilità e collegamenti esterni

L'aspetto dei collegamenti esterni ha una grande rilevanza, soprattutto nel caso in cui al centro del tema di progetto vi sia un edificio pubblico come la scuola in oggetto. In particolare la fascia d'età che viene ospitata nelle strutture scolastiche secondarie di primo livello è caratterizzata da una fase di accrescimento di responsabilità a cui i ragazzi sono soggetti. L'avvicinarsi autonomamente alla scuola in orario di lezione e in orari extrascolastici è uno di quei fattori che ne scaturiscono questo accrescimento.

È importante garantire agli studenti la presenza di percorsi pedonali e piste ciclabili facilmente accessibili, distinte dalle carreggiate veicolari e che possano permettere loro di raggiungere la scuola in sicurezza.

Si propone la realizzazione di due percorsi pedonali: quello principale, che permette di raggiungere la scuola dal centro del paese tramite la risistemazione dell'attuale percorso pedonale, evidenziandolo opportunamente tramite segnaletica orizzontale e verticale. Il percorso proposto passerà da via Maestro Rossi e da via G. Matteotti, per poi concludere il suo arrivo in via Alba. Il secondo invece, prevede un percorso che serva la zona residenziale in via di sviluppo a est del paese, collegando la fermata del bus più vicina alla scuola; il percorso passerà per via Giacomo Francone e per via Nilde Iotti, per poi concludersi in via Alba. In particolare questo, sarà importante, in quanto permetterà di collegare il parco pubblico del vicino quartiere.

Il percorso ciclabile sarà integrato nelle carreggiate veicolari esistenti, cercando di far passare gli studenti nelle vie del Comune soggette ad un basso livello di traffico veicolare. La proposta progettuale inoltre, prevede la predisposizione di parcheggi per biciclette posti in prossimità dell'entrata principale del complesso scolastico, con l'intenzione di favorire la mobilità sostenibile.

In prossimità dell'ingresso principale si propone l'ampliamento dell'attuale zona di sbarco degli studenti, andando a predisporre un'isola pedonale che possa accoglierli nei momenti di ingresso e di uscita. La zona sarà soggetta ad una velocità limitata, "zona 30", per limitare il passaggio di veicoli e i rischi dovuti al loro transito.

L'accesso secondario sarà destinato ai dipendenti scolastici, che avranno a disposizione un'area dedicata per la sosta di veicoli privati. Tale accesso sarà utilizzabile anche in orari diversi da quelli didattici da parte di utenti esterni, i quali avranno accesso alle zone comuni e ai servizi sportivi offerti.

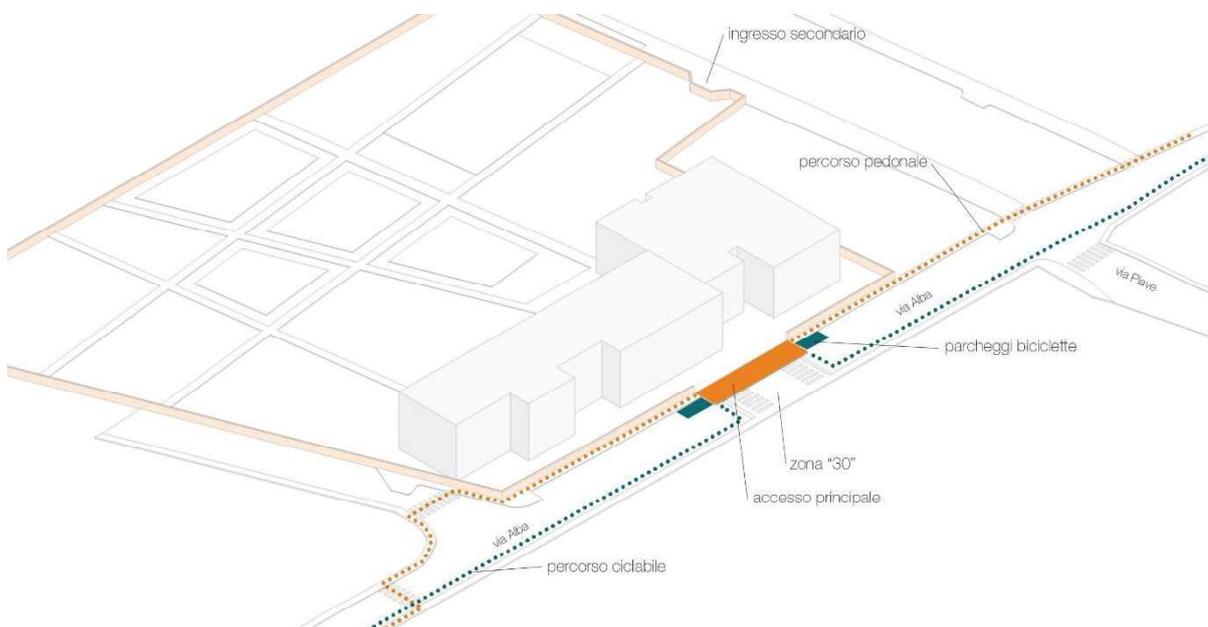


Figura 10.2: schematizzazione degli accessi e dei collegamenti esterni.

10.5 L'involucro edilizio

Analizzando la qualità architettonica del complesso scolastico, ne risulta evidente la sua frammentazione nei volumi; si propone un intervento che miri a fornire una idea di integrità all'intero manufatto, al fine di renderlo organico e compatto nella sua funzione.

Dal punto di vista dell'involucro, il progetto prevede un completo rifacimento delle facciate realizzando un cappotto termico, integrato a modificazioni e sostituzioni di serramenti.

Queste, andranno a regolarizzare le aperture. Il prospetto nord sarà interessato dall'inserimento di due porzioni di facciata avanzata realizzate in pannelli di acciaio stirato. Esse, simmetriche, daranno alla scuola due nuovi elementi cardine in facciata: il primo, sarà posizionato in corrispondenza della scala di sicurezza realizzata nel 2008, in struttura metallica, che poco coerente con le caratteristiche architettoniche della scuola, verrà mascherata; il secondo andrà invece a marcare la nuova porzione di ingresso contenente le funzioni di interesse pubblico.

Sul prospetto sud si propone l'installazione di un sistema di ombreggiatura a frangisole fissi che permettano un ombreggiamento completo di tutti gli ambienti interessati dai fenomeni di irraggiamento diretto. La struttura sarà anteposta alle pareti ed intercetterà i raggi solari prima che essi possano raggiungere le superfici vetrate. La scelta di adottare dei frangisole di medie dimensioni permette allo stesso tempo di mantenere il contatto visivo con l'esterno, garantendo agli utenti una continua relazione con il giardino. Il sistema ombreggiante sarà quindi permeabile alla vista.

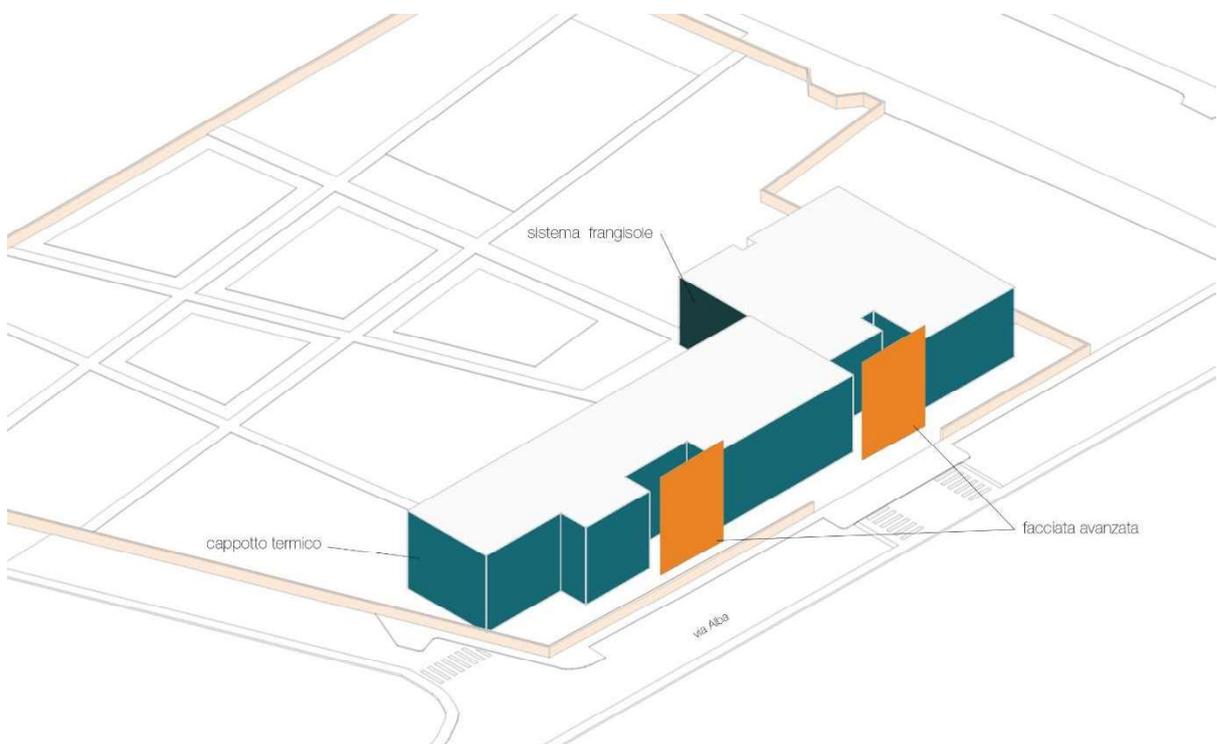


Figura 10.3: schematizzazione degli interventi sui fronti del complesso scolastico.

10.6 Il progetto degli interni

Il complesso scolastico sarà sottoposto a cambiamenti anche negli ambienti interni. Essi saranno riorganizzati e suddivisi in base alle funzioni che dovranno ospitare, un'azione che genererà ambienti e zone diversificate: quelle prettamente didattiche degli studenti a quelle di carattere pubblico. La porzione delle aule (blocco del 1966) resterà quasi del tutto immutata, contenendo le attività didattiche e i laboratori formativi, mentre la porzione dei laboratori (blocco 1970) verrà strutturata in maniera da poter accogliere le diverse utenze nei diversi momenti della giornata. Al piano terra verranno realizzati degli ambienti ex novo, come il punto ristoro e il punto accoglienza.

10.6.1 Modifiche delle aperture su corridoi comuni

Al fine di garantire una maggiore sicurezza agli studenti nella percorrenza dei corridoi, viene proposta una modificazione delle aperture degli ambienti che insistono su questi. In particolare, le aule didattiche e gli ambienti di servizio come segreteria e presidenza, saranno soggetti ad un arretramento delle aperture di accesso.

Come riportato dallo schema, il fine sarà quello di ottenere un ingombro ridotto nel momento di apertura delle porte, che non ecceda rispetto al filo esterno della parete muraria, garantendo così minor disagio e assenza di ostacoli nei corridoi.

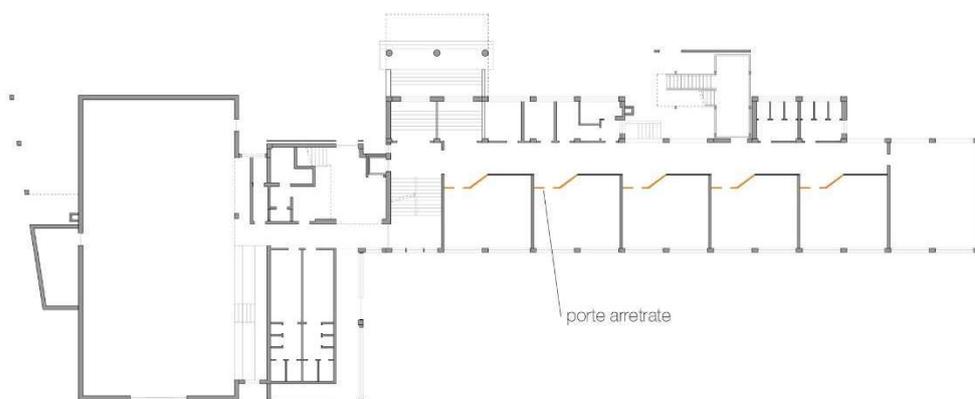


Figura 10.4: schematizzazione dell'intervento di arretramento delle porte delle aule in entrambi i piani.

10.6.2 Recupero volumetrico

Verrà recuperata una porzione di volume riscaldato, che permetterà al complesso di avere un aspetto più compatto, riducendo la quantità di superficie disperdente complessiva.

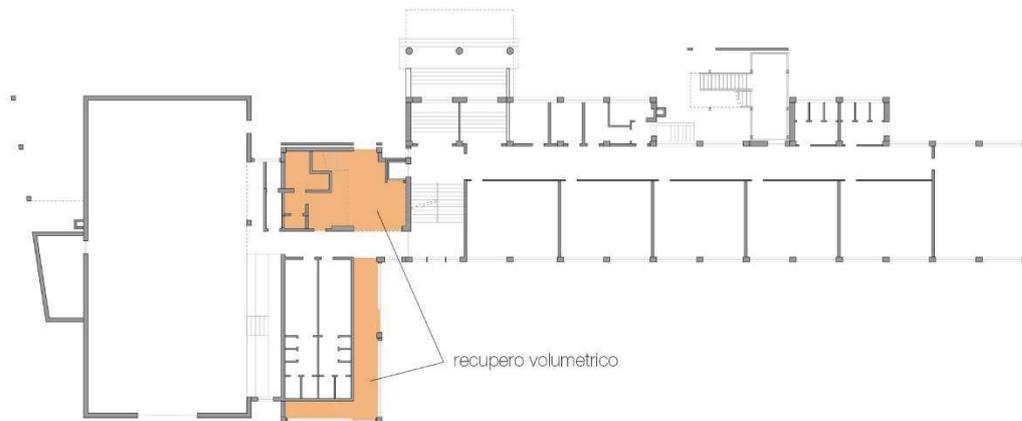


Figura 10.5: schematizzazione dell'intervento di recupero volumetrico al piano terra.

10.6.3 Ambienti di servizio e integrazione asse

L'asse che attraversa il complesso scolastico verrà integrato nella scuola realizzando un lungo corridoio in grado di unire il suolo pubblico urbano con il giardino scolastico. All'entrata verrà collocato un locale di accoglienza che permetterà agli utenti esterni di poter sostare e avere informazioni utili a riguardo dei servizi offerti all'interno del complesso scolastico. L'ambiente sarà caratterizzato anche dalla presenza di un piccolo locale ristoro.

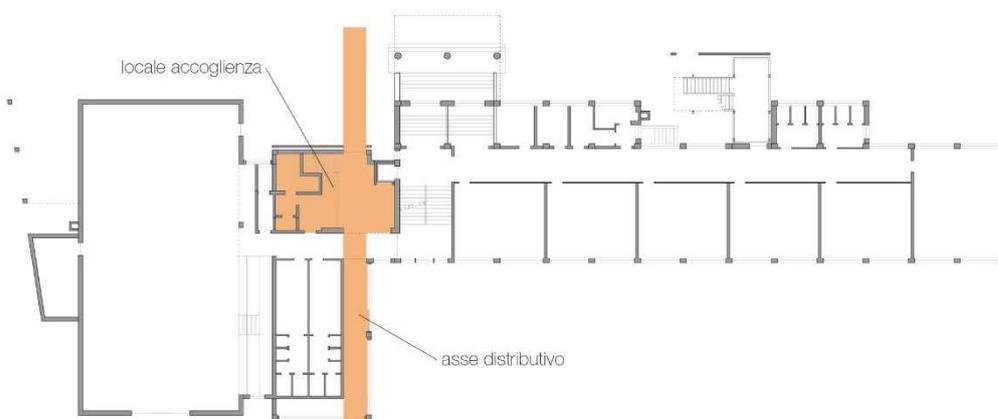


Figura 10.6: schematizzazione dell'intervento di passaggio dell'asse al piano terra.

10.6.4 Spogliatoi e spazio palestra

Gli spogliatoi verranno ridimensionati e regolarizzati, rendendo gli ambienti più funzionali potendo accogliere utenti esterni. Nella palestra sarà realizzata una piccola tribuna, dove si potrà partecipare come spettatori ad eventi sportivi o spettacoli scolastici. Verrà predisposto in adiacenza alla palestra, sul lato ovest, il nuovo magazzino delle attrezzature sportive.

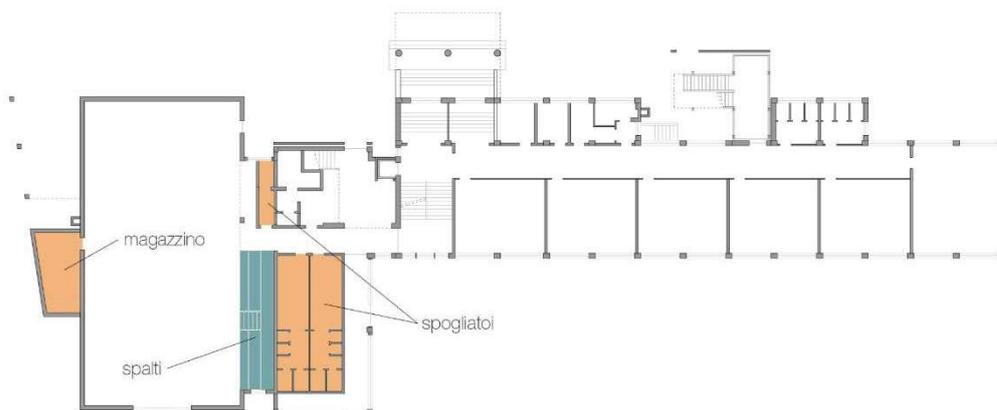


Figura 10.7: schematizzazione dell'intervento di ricostituzione degli spogliatoi e aree utili al piano terra.

10.6.5 Biblioteca

La nuova biblioteca scolastica sarà collocata al piano primo della scuola. Essa avrà un affaccio sia a nord che a sud, a dimostrazione del volere progettuale di unire e rendere questa porzione l'elemento di unione e di aggregazione tra interno ed esterno. Il locale sarà strutturato come un ampio ambiente unico, favorendo il lavoro di gruppo e la collaborazione tra studenti.

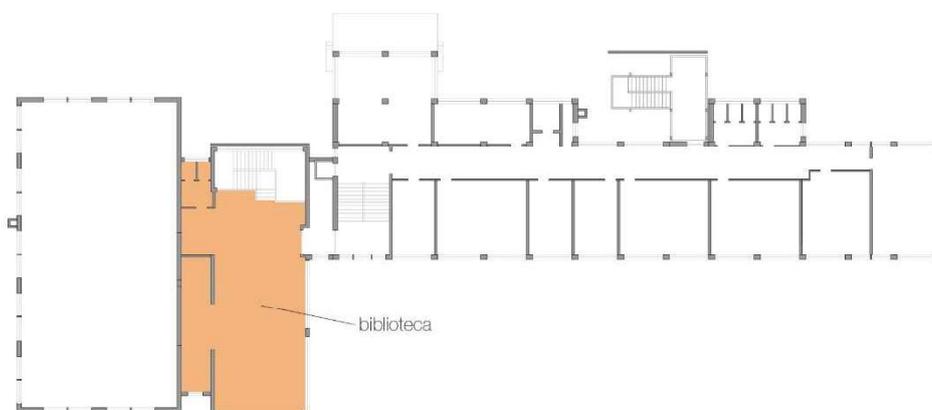


Figura 10.8: schematizzazione dell'intervento di realizzazione della biblioteca al piano primo.

10.7 Sistemi per il raffrescamento passivo

All'interno del progetto verranno utilizzati sistemi di raffrescamento passivo. Essi saranno in grado di portare benefici in termini di comfort agli occupanti, senza l'ausilio di macchinari o di energia. In particolare verranno utilizzati due principali sistemi: un sistema che si avvale dell'uso della vegetazione ed un sistema di schermature solari verticali.

La vegetazione sarà ampiamente utilizzata nella composizione del giardino ed essa sarà scelta in base alle diverse caratteristiche delle essenze vegetali. In particolar modo per beneficiare degli effetti di raffrescamento dovuti alla presenza di alberi e arbusti, si selezioneranno essenze in grado di sviluppare folte chiome ad una altezza medio alta per garantire ombreggiamento e raffrescamento nelle zone limitrofe (allegato A). Il sistema di alberi permetterà quindi di avere delle zone fresche nelle quali sarà possibile stazionare nelle ore più calde delle giornate del periodo estivo. Essa andrà inoltre a smorzare i possibili venti presenti all'interno dell'area scolastica, generando zone calme in assenza di venti prevalenti.

La vegetazione sarà utilizzata inoltre per intercettare i raggi solari incidenti sulle porzioni est e ovest del complesso scolastico: trattandosi di pareti cieche o con serramenti del locale palestra, sarà possibile posizionare alberi aventi funzione ombreggiante, limitando l'incidenza dei raggi solari sulle superfici esterne.

Il secondo sistema utilizzato sarà quello delle schermature solari verticali. Esso sarà posizionato sul fronte sud del complesso scolastico, fornendo un aspetto uniforme a tutta la facciata. La scelta ricade sull'utilizzo di frangisole esterni in alluminio, ancorati su struttura metallica parallela alla facciata. Il surriscaldamento dovuto all'irraggiamento diretto sarà limitato grazie all'utilizzo di lame forate, che al contempo permetteranno di mantenere il sufficiente grado di illuminazione naturale all'interno degli ambienti.

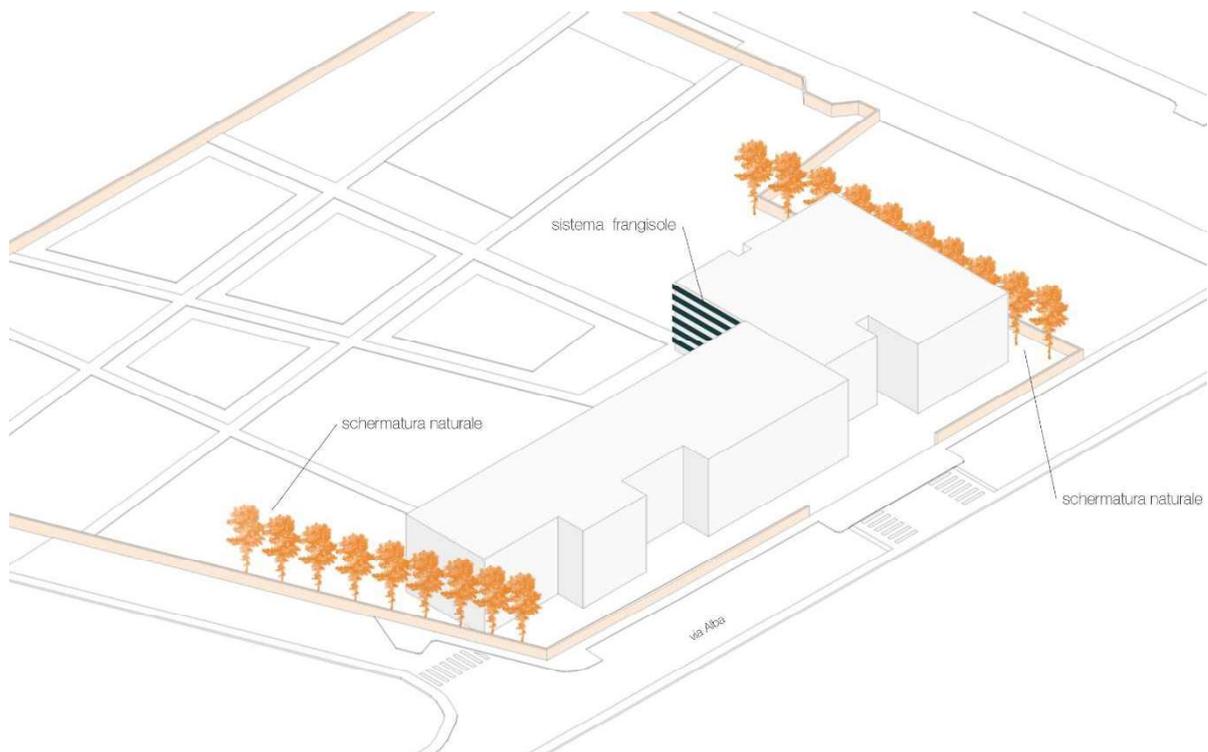


Figura 10.9: schematizzazione dei sistemi utilizzati per il raffrescamento passivo.

10.8 Strutturazione del giardino

Con la progettazione del giardino si vuole garantire alla scuola e soprattutto agli studenti la presenza della giusta quantità di area verde che possa permettere loro di avere a disposizione delle aree libere nei momenti di ricreazione e di svago. Oltre a questo, nell'area giardino si andranno ad organizzare piccole zone derivanti dalla struttura a compartimentazione, alle quali saranno assegnate specifiche funzioni per offrire agli utenti ambienti il più possibile variegati.

Gli spazi sono quindi organizzati in ambiti tematici, assecondando e integrando la didattica scolastica. L'obiettivo è anche quello di invogliare gli studenti a potersi fermare nei momenti del dopo scuola. I materiali scelti per la composizione delle aree saranno materiali caratterizzati da una lunga durabilità nel tempo, di origine prevalentemente naturale, e la vegetazione sarà selezionata in maniera tale da poter minimizzare gli interventi di manutenzione.

L'aspetto che si vuole trasmettere sarà quello di aree con superfici dure più adiacenti all'asse distributivo, che man mano

andranno a degradare fino ad arrivare ad aree più naturale caratterizzate da una maggiore presenza della vegetazione. Il contatto con l'ambiente naturale ha quindi un'importanza pari a quella della progettazione architettonica. Esso è infatti fondamentale per la vita e per un maggiore stimolo degli studenti.

“Sono divenute necessità, luce solare, raggi ultravioletti, riposo dopo l'esercizio, aria aperta e fresca per polmoni avvelenati”¹⁰⁰.

¹⁰⁰ Johannes Duiker, *Le scuole 1890 – 1935*, Roma, Clear, 1982, p. 8.

Nell'allegato A vengono riportate le essenze arboree utilizzate nel giardino scolastico e le essenze arboree consigliate per la corretta realizzazione dell'area dedicata alla fitodepurazione e per le altre aree verdi.

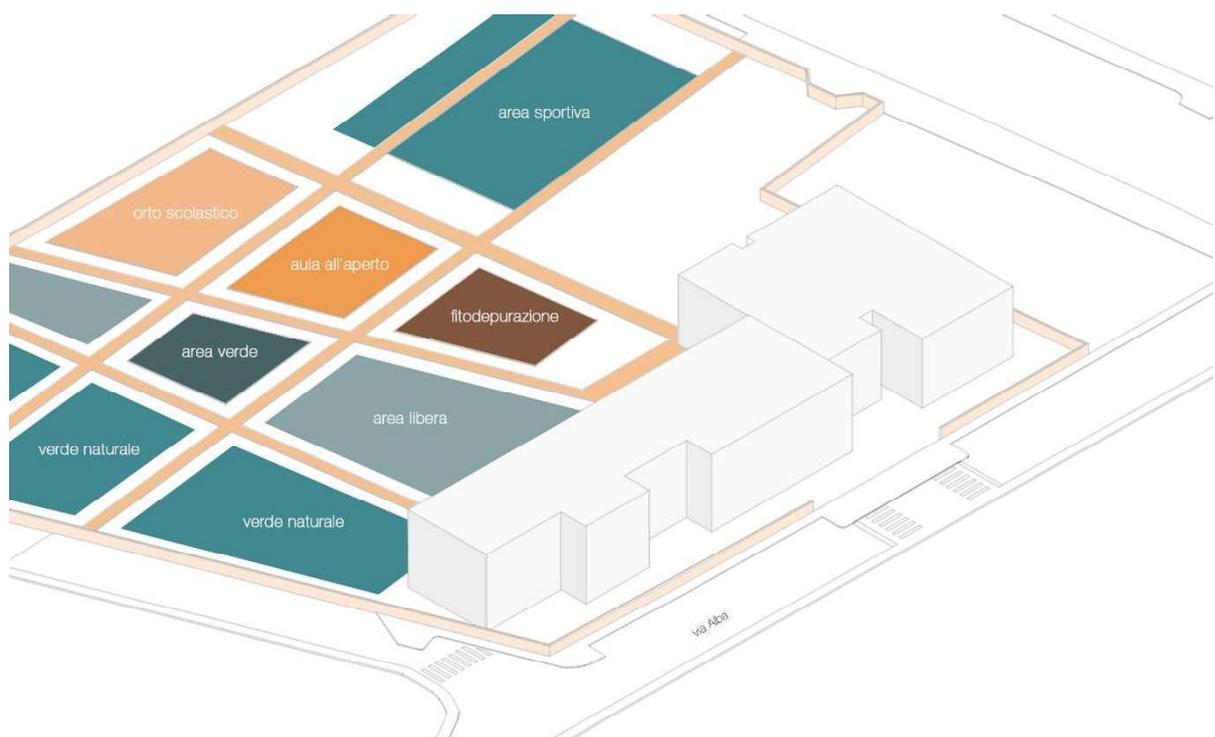


Figura 10.10: schematizzazione della strutturazione e della distribuzione delle diverse aree del giardino scolastico.

10.8.1 Area libera

Lo spazio libero è di fondamentale importanza, in quanto allo stato di fatto risulta essere di piccole dimensioni e poco adatto alle esigenze degli studenti. Spesso viene inoltre utilizzato come parcheggio veicolare, danneggiandone il manto erboso. La prima porzione, quella più adiacente alla scuola, sarà caratterizzata dalla presenza di sedute e tavolini, i quali potranno essere sfruttati per consumare piccoli pasti. Lo spazio sarà gestito dal personale del punto bar. La seconda porzione dello spazio libero sarà caratterizzata dalla presenza di un ampio manto erboso, allestito con sedute puntuali. Esso permetterà agli studenti di poter passare il loro tempo libero e di avere momenti di relax. Una lunga panca ad altezza differente dal piano di campagna segnerà la limitazione di questa rispetto all'area di giardino retrostante, segnando il limite con l'inserimento di vegetazione a bassa manutenzione, come arbusti sempreverdi e graminacee. Questo sarà il cortile di rappresentanza della scuola, avente una funzione più libera rispetto alle altre aree.

10.8.2 Area sportiva

L'area sportiva sarà strutturata con l'inserimento di un campo sportivo predisposto per lo svolgimento di più attività, calcetto, tennis e basket, con a disposizione una piccola struttura dedicata a spalti per poter accogliere spettatori in momenti di manifestazioni sportive. Una piccola area antistante gli spalti sarà adibita al salto in lungo. L'area sarà collocata a sinistra dell'asse distributivo principale, dividendo così le funzioni più aperte al pubblico da quelle dedicate maggiormente agli studenti. Esse saranno contraddistinte da superfici dure che andranno in contrasto con la composizione delle aree successive del giardino.

10.8.3 Giardino per la fitodepurazione e aula all'aperto

Questa porzione sarà quella più vicina agli aspetti didattici del complesso scolastico. Sarà infatti presente una vasca

d'acqua adibita alla fitodepurazione ed un'area adibita ad attività didattiche esterne.

L'area dedicata alla fitodepurazione sarà utile agli studenti per comprendere meglio quali possano essere le tematiche ambientali sostenibili e come con dei semplici elementi sia possibile recuperare e gestire le acque reflue. Essa sarà strutturata come una vasca a drenaggio orizzontale, uno dei sistemi più semplici ed economici da realizzare. La scelta sull'utilizzo di questo giardino è determinata dai seguenti vantaggi:

- Semplice ed economica realizzazione.
- Costi di gestione ridotti.
- Manutenzione semplificata e programmabile.
- Utilizzo di materiali sostenibili e facilità di smaltimento.
- Miglioramento della qualità ambientale.

L'aula all'aperto, derivata dall'idea di aula all'aperto sviluppata nel comune di Andora¹⁰¹. Essa permette di implementare il concetto di didattica all'aria aperta. Sarà in grado di accogliere gli studenti per svolgere lezioni in situazioni di comfort, in un luogo ombreggiato, fresco ed opportunamente distante dalle attività didattiche della scuola, in modo tale da non portare disturbo ad altri studenti. I materiali utilizzati per la sua realizzazione saranno materiali naturali, i quali potranno essere facilmente smaltiti e riutilizzati in un secondo momento. La struttura sarà realizzata tramite un assemblaggio a bullonatura, permettendone una facile manovrabilità.

10.8.4 Verde naturale

Importante sarà la presenza di un'area adibita a verde naturale, la quale sarà caratterizzata dalla presenza di vegetazione autoctona lasciata prevalentemente allo stato naturale, con un minimo livello di manutenzione. Questo garantirà a mantenere l'idea di compartimentazione alla base della progettazione del giardino scolastico, avendo un'area totalmente differente da quelle precedenti. Questa porzione sarà

¹⁰¹ *“Andora: un'aula all'aria aperta per la scuola di via Cavour diverrà realtà grazie al progetto donato da un benefattore”*, savonanews, attualità, 9 aprile 2019, fonte:

<http://www.savonanews.it>

infatti la porzione conclusiva, nella quale la presenza del verde sarà maggiormente prevalente.

10.9 Integrazione delle fonti rinnovabili

L'integrazione delle fonti rinnovabili all'interno della tipologia di intervento è prevista nell'ordine della copertura del 65,0% per il fabbisogno di acqua calda sanitaria da parte di un impianto solare termico e del 50,0% per il fabbisogno di energia elettrica da parte di un impianto fotovoltaico.

10.9.1 Solare termico

Il progetto prevede l'installazione di un impianto solare termico per coprire parte del fabbisogno richiesto dal complesso scolastico per l'acqua calda sanitaria (ACS). Il calcolo del fabbisogno viene eseguito secondo normativa seguendo le indicazioni della UNI/TS 11300-2¹⁰².

L'energia termica richiesta Q_w per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria di un edificio in funzione del volume di acqua richiesto e della differenza fra le temperature di erogazione e dell'acqua fredda in ingresso è data da:

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum_i [V_{w,i} \times (\theta_{er,i} - \theta_0)] \times G \text{ [kWh]}$$

dove:

- ρ_w : massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m³]
- c_w : calore specifico dell'acqua, pari a 1,162 * 10⁻³ [kWh/(kg K)]
- $V_{w,i}$: volume di acqua giornaliero [m³/gg]
- $\theta_{er,i}$: temperatura di erogazione dell'acqua per l'i-esima attività o servizio richiesto [°C]
- θ_0 : temperatura dell'acqua fredda in ingresso [°C];
- G : numero di giorni del periodo di calcolo considerato [gg]

L'impianto sarà suddiviso per i due blocchi presenti nel complesso scolastico, aule e laboratori, collegati alle rispettive caldaie.

¹⁰² UNI/TS 11300-2 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali", febbraio 2019.

Il fabbisogno calcolato in regime standard secondo l'utilizzo della UNI/TS 11330-2¹⁰³ e della UNI 10349-1¹⁰⁴ per quanto riguarda la media delle temperature mensili, considerando una utenza di 250 alunni, risulta essere pari a:

- Porzione aule: 6.938,77 kWh/anno
- Porzione laboratori: 2.775.51 kWh/anno

I pannelli solari termici selezionati sono collettori a tubi sottovuoto (Paradigma AQUA PLASMA 19/34), aventi una resa annua specifica pari a 659,00 kWh/(m²/anno). Dai calcoli effettuati, risultano essere necessari 11 pannelli per la porzione delle aule e 5 pannelli per la porzione dei laboratori, per delle superficie totali rispettivamente di 36,85 m² e di 16,75 m². I collettori verranno posizionati sulle falde esposte a sud permettendone una esposizione ottimale ed una inclinazione rispetto ai raggi solari di circa 30°.

Il costo ipotizzato ai fini di una spesa economica di massima dell'intervento di riqualificazione è pari a 1250 €/m², per un totale di 67.500 euro.

10.9.1 Solare fotovoltaico

Il progetto prevede l'installazione di un impianto solare fotovoltaico per coprire parte del fabbisogno elettrico del complesso scolastico. Il valore minimo richiesto nel caso della scuola Martiri della Libertà è pari a 24,3 KW. I pannelli scelti sono degli "EXE Solar", con una potenza nominale di picco pari a 270 Wp. Secondo i calcoli effettuati per la copertura del fabbisogno richiesto sono necessari 133 m² di pannelli fotovoltaici, i quali verranno installati sulle falde a sud del complesso scolastico, con una inclinazione ottimale di 30°. Il costo ipotizzato preso in considerazione è pari a 2.000 €/KW, per un totale di circa 47.000 euro.

¹⁰³ Ibidem.

¹⁰⁴ UNI 10349-1 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata", marzo 2016.



Figura 10.11: collettori solari a tubi sottovuoto Paradigma AQUA PLASMA 19/34.

10.10 Illuminazione naturale su ambienti tipo

Il progetto prevede l'installazione di un sistema a lame frangisole fisse per ombreggiare gli ambienti interni. Risulta essere quindi necessario garantire il livello di illuminazione minimo all'interno degli ambienti scolastici. In particolare va verificato il "fattore di luce diurna medio" (FDLm)¹⁰⁵, che per gli ambienti scolastici risulta essere pari al 3,0%. Va inoltre verificato l'illuminamento medio sul piano di lavoro, che deve essere superiore ai 300 lx. Per la modellazione dei due ambienti tipo selezionati, un'aula e la biblioteca, si è utilizzato il programma di simulazione illuminotecnica "DIALUX evo".

Gli ambienti simulati sono stati caratterizzati dalla presenza di una controsoffittatura che ha ridotto l'altezza dei locali di 10 cm e dei valori di riflessione delle superfici dell'involucro interno pari a: pavimento al 40,0%, pareti al 60,0% e soffitti all'80,0%. I valori in analisi sono stati considerati ad un'altezza media di lavoro pari a 0,85 m.

La presenza dei frangisole è stata simulata tramite la modellazione di elementi ombreggianti posti dinnanzi alle vetrate orientate a sud per l'aula didattica e a sud ed est per la biblioteca. Nel primo caso i frangisole modellati hanno una larghezza pari a 15 cm, mentre nel secondo caso, per quelli della biblioteca, sono stati modellati con una larghezza pari a 30 cm. All'interno del modello essi sono caratterizzati da una superficie completamente opaca, ponendosi quindi nella situazione più sfavorevole dal punto di vista del FLDm.

¹⁰⁵ Si tratta del parametro per calcolare del parametro utilizzato per valutare il livello di illuminazione naturale all'interno di un ambiente.

10.10.1 Aula tipo

La simulazione dell'illuminazione naturale in un'aula tipo di dimensioni pari a 7,00 x 6,00 m, con due serramenti uguali di dimensioni pari a 3,10 x 1,85 m, restituisce i seguenti valori:

Illuminamento medio sul piano di lavoro: 345 lx

Illuminamento medio sul piano di lavoro minimo: 300 lx

FLDm: 3,425%

FLDm minimo: 3,0%

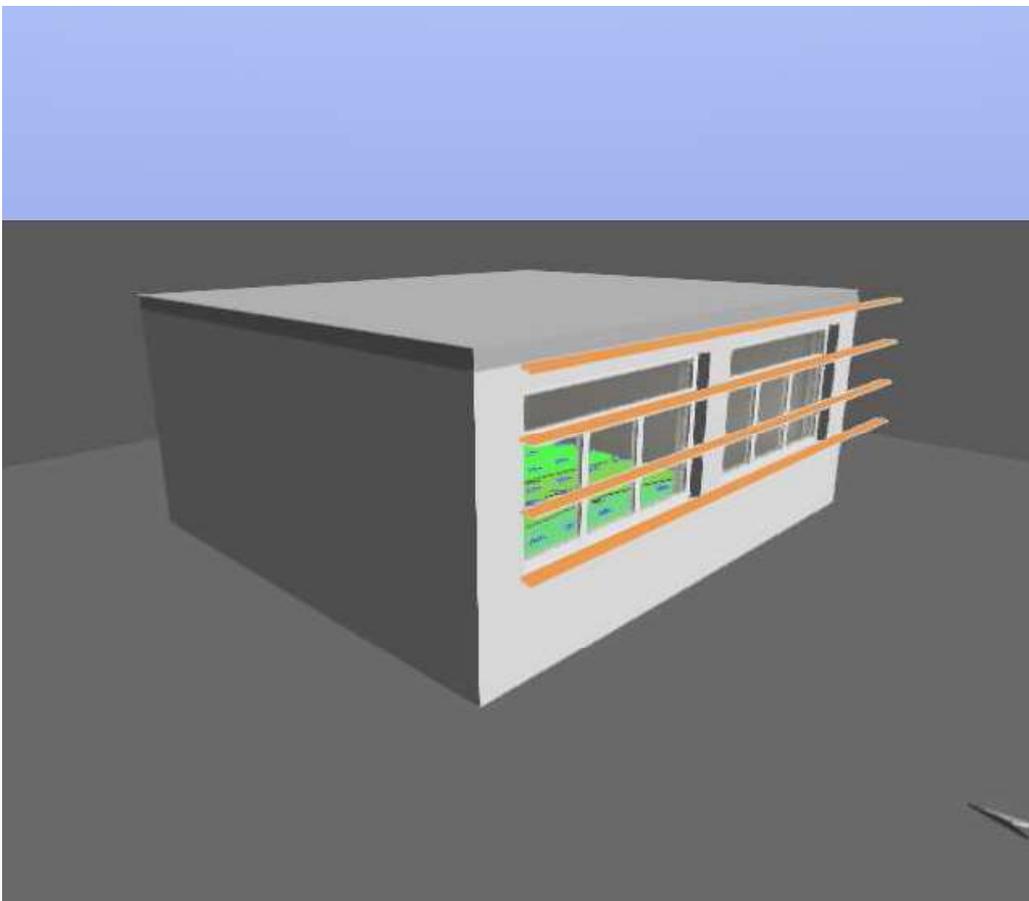


Figura 10.12: simulazione del modello di un'aula tipo.

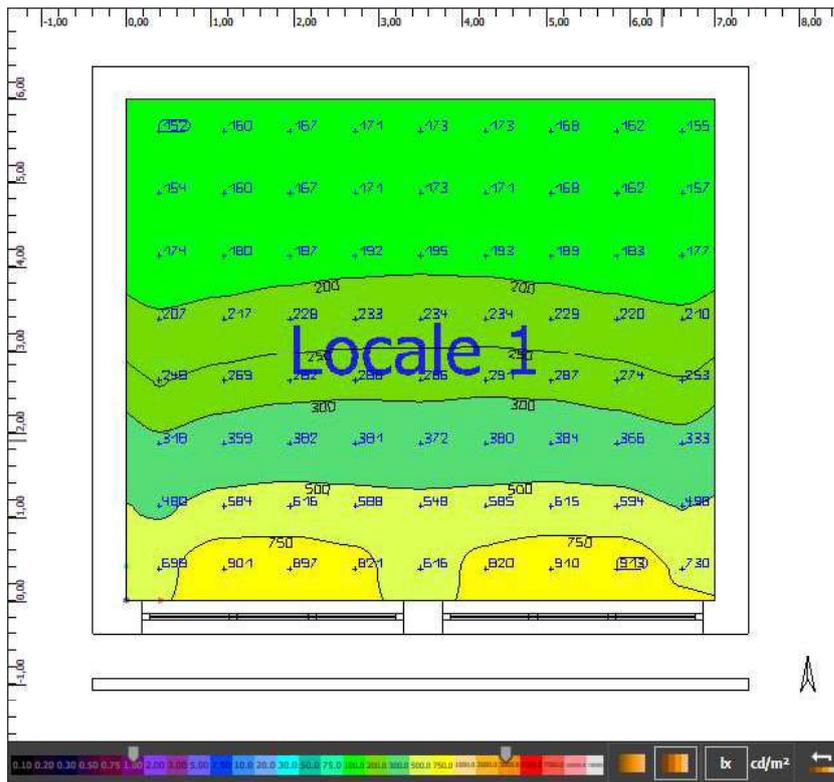


Figura 10.13: illuminamento sul piano di lavoro, $h = 0,85$ m.

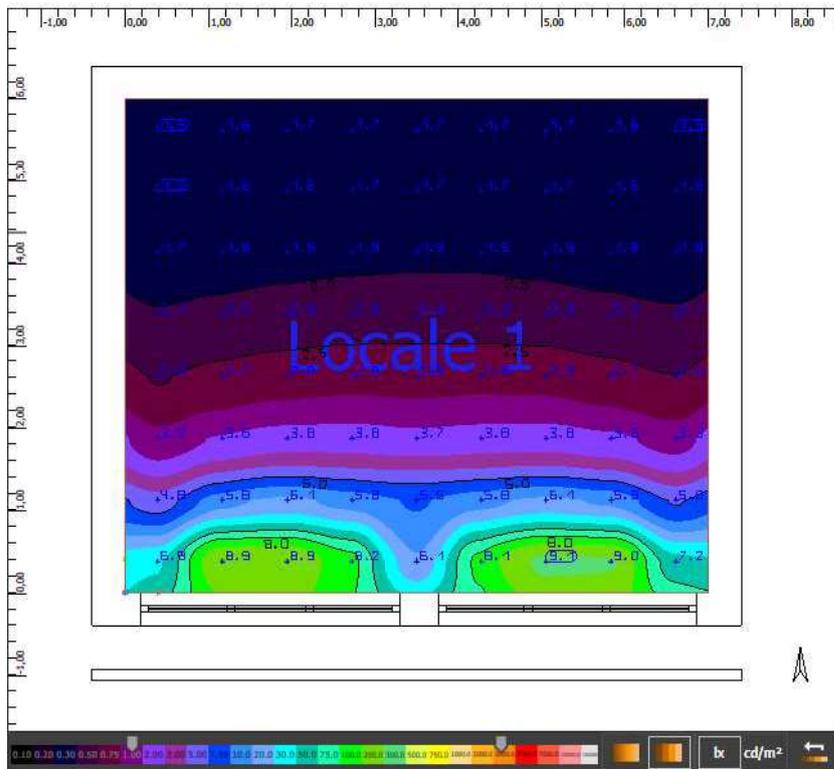


Figura 10.14: fattore di luce diurna medio, $h = 0,85$ m.

10.10.2 Biblioteca

La simulazione dell'illuminazione naturale nella biblioteca di dimensioni pari a 7,20 x 20,70 m, con quattro serramenti di diverse dimensioni, pari a circa 6,00 x 2,00 m, restituisce i seguenti valori:

Illuminamento medio sul piano di lavoro: 351 lx

Illuminamento medio sul piano di lavoro minimo: 300 lx

FLDm: 3,483%

FLDm minimo: 3,0%

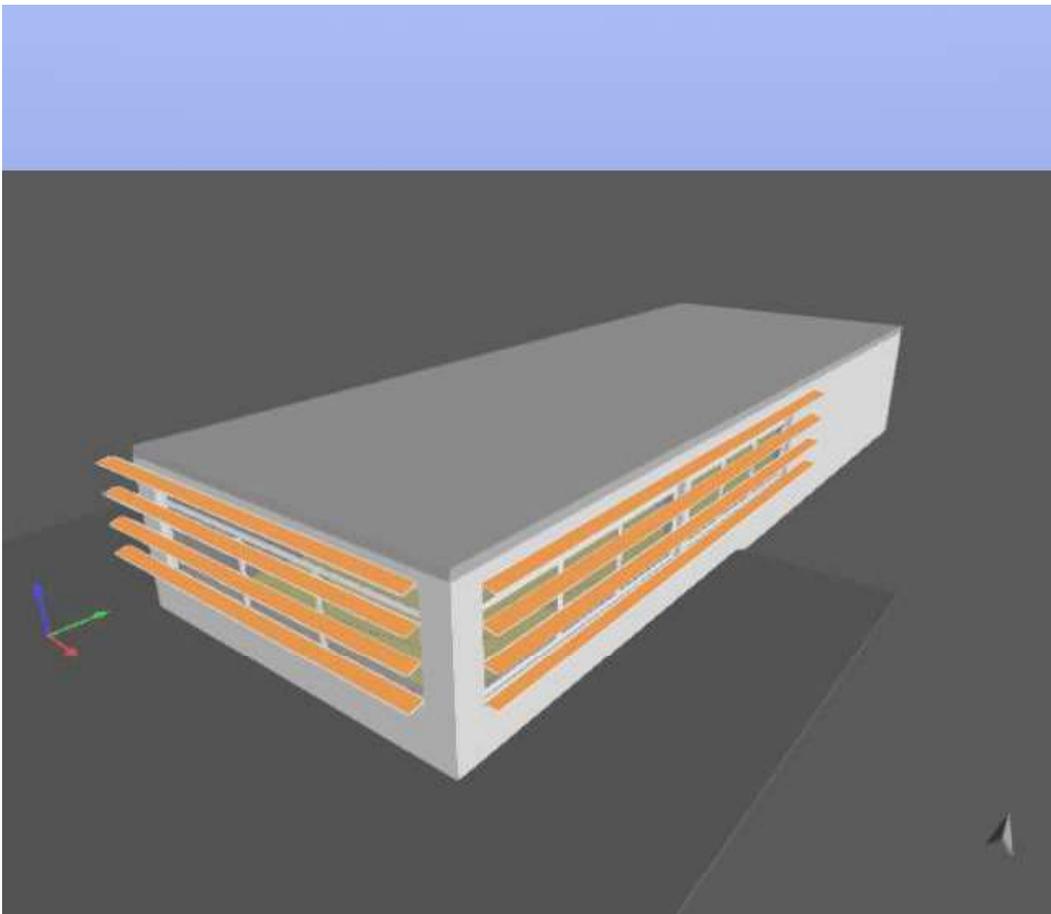


Figura 10.15: simulazione del modello della biblioteca.

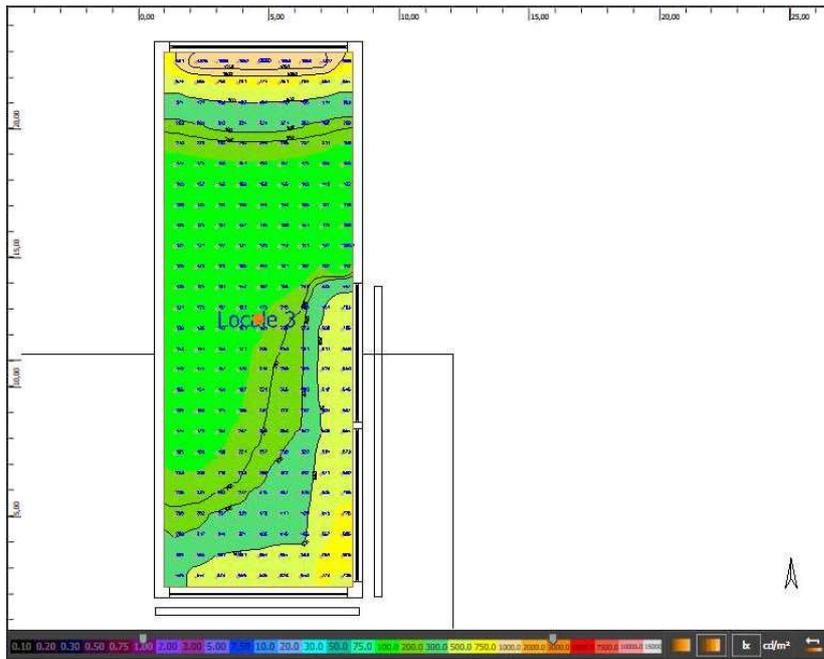


Figura 10.16: illuminamento sul piano di lavoro, $h = 0,85$ m.

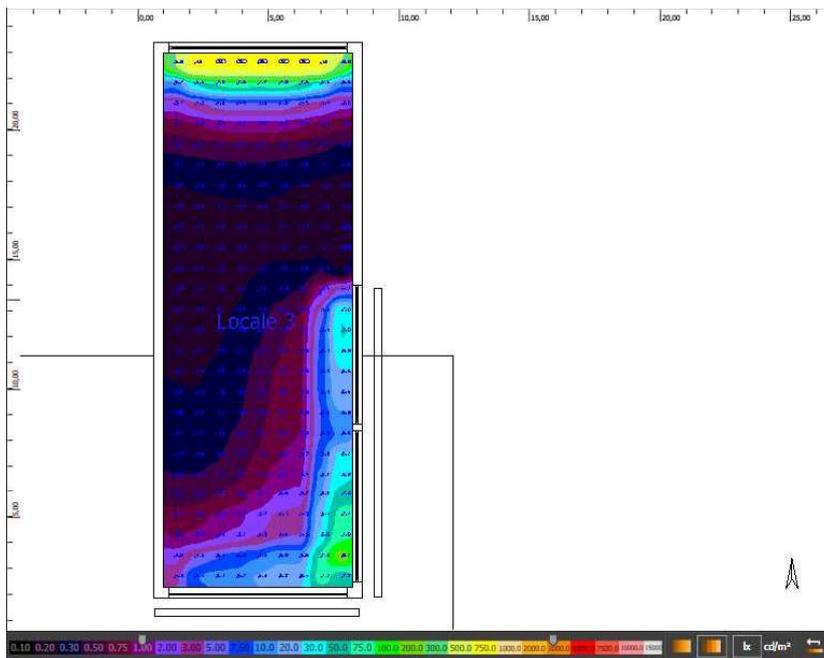


Figura 10.17: fattore di luce diurna medio, $h = 0,85$ m.

10.11 Interventi migliorativi

Gli interventi migliorativi in termini energetici riguardano l'intero involucro scolastico, sia le chiusure opache verticali e orizzontali, che le chiusure tecniche trasparenti. In un secondo momento si agirà sui benefici dati dalle soluzioni passive, come elementi ombreggianti o recupero di acque piovana e acque grigie.

La scelta dei materiali e degli elementi architettonici per la realizzazione dei suddetti interventi cerca di garantire il mantenimento della sostenibilità ambientale, tramite l'utilizzo, dove possibile, di materiali di derivazione naturale e di elementi architettonici provenienti da ditte il più possibile vicine al complesso scolastico. L'attenzione va anche al possibile smantellamento di tali elementi, che a fine ciclo di vita potrebbero essere riutilizzati in altri ambiti.

10.11.1 Cappotto termico

La scelta di utilizzare questa soluzione permette di avere un ottimo risultato in termini di isolamento termico e la risoluzione dei ponti termici dell'edificio. L'intervento ricopre tutte le porzioni opache e si suddivide in tre fasi:

- La prima, quella più invasiva, prevede la realizzazione della nuova pavimentazione del piano seminterrato e del piano terra, le porzioni disperdenti verso il vespaio non areato e quindi verso il terreno, inserendo pannelli rigidi in fibra di legno con conduttività termica pari a $\lambda = 0,046$ **W/mk**. I pannelli scelti sono "Naturaliabau PAVABOARD", in grado di garantire sufficiente resistenza a compressione e adatti a essere utilizzati per massetti ad umido. Lo spessore utilizzato per soddisfare i requisiti minimi è di **14 cm**, arrivando ad un valore di trasmittanza termica media pari a **$U = 0,26$ w/m²K ($U_{lim} = 0,29$ w/m²K)**



Figura 10.18: pannelli isolanti in fibra di legno, Naturaliabau PAVABOARD.

- La seconda fase prevede il cappotto sull'involucro esterno per le pareti verticali. Questa risulta essere la fase più importante dell'intera opera di isolamento in quanto ricopre la maggior parte della superficie disperdente. La porzione di parete adiacente al terreno sarà sottoposta ad un cappotto termico tramite l'utilizzo di materiale isolante a celle chiuse per evitare fenomeni di degrado che andrebbero invece a crearsi con materiale fibrosi a celle aperte. Il materiale scelto è del poliuretano espanso con caratteristiche di isolamenti termico molto simili alla fibra di legno. Il cappotto verrà realizzato con pannelli in fibra di legno intonacabili e sufficientemente resistenti ad urti esterni. La loro conduttività termica è pari a $\lambda = 0,040 \text{ W/mk}$. I pannelli scelti sono "Naturaliabau NATURAWALL", di spessore pari a **14 cm**, arrivando ad un valore di trasmittanza termica media pari a **$U = 0,23 \text{ w/m}^2\text{K}$** (**$U_{lim} = 0,28 \text{ w/m}^2\text{K}$**). Il materiale scelto risulta essere adatto anche per un miglioramento delle prestazioni di isolamento acustico grazie alla sua struttura porosa.
- La terza fase è quella meno invasiva. Si tratta infatti della posa di materiale isolante sull'estradosso del solaio di copertura degli ambienti climatizzati. I pannelli scelti hanno una conduttività termica è pari a $\lambda = 0,038 \text{ W/mk}$ e sono "Naturaliabau NATURAFLEX PREMIUM", di spessore pari a **16 cm**, arrivando ad un valore di trasmittanza termica media pari a **$U = 0,20 \text{ w/m}^2\text{K}$** (**$U_{lim} = 0,24 \text{ w/m}^2\text{K}$**). Il materiale risulta essere estremamente maneggevole grazie alla sua flessibilità. Il pannello inoltre risulta avere ottime caratteristiche di isolamento termico estivo grazie allo sfasamento termico che è in grado di generare, pari a circa 13h.



Figura 10.19: pannelli isolanti in fibra di legno, Naturaliabau NATURAWALL.



Figura 10.20: pannelli isolanti in fibra di legno, Naturaliabau NATURAFLEX PREMIUM.

10.11.2 Sostituzione dei serramenti

L'intervento prevede la sostituzione di tutti i serramenti originari dell'edificio. La scelta ricade sull'utilizzo di serramenti in PVC a cinque camere, con triplo vetro basso-emissivo, aventi una trasmittanza media pari a $U_w = 1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. La scelta dell'utilizzo di un materiale plastico rispetto ad un materiale metallico è per questione di sicurezza degli utenti: gli spigoli e le finiture di un serramento in PVC risultano essere meno pericolose in caso di urti accidentali.

10.11.3 Sistema ombreggiante a frangisole

Il sistema ombreggiante a frangisole permette di avere una sostanziale riduzione dell'irraggiamento solare. La soluzione tecnologica scelta permette di mantenere il sufficiente livello di illuminazione naturale all'interno degli ambienti. I frangisole selezionati sono "NACO Frangisole AIRLUX", caratterizzati da lame in alluminio forate, permettono il passaggio della luce. In una sua applicazione è risultato avere una schermatura del 70,0% dei raggi solari. L'inclinazione dei frangisole può essere variato a seconda dell'inclinazione dei raggi solari nei diversi periodi dell'anno attraverso un semplice sistema manuale, il quale permette la rotazione delle lame lungo il loro asse.



Figura 10.22: dettaglio frangisole in lamiera di alluminio forato, NACO Frangisole AIRLUX, posato su mensola orizzontale.

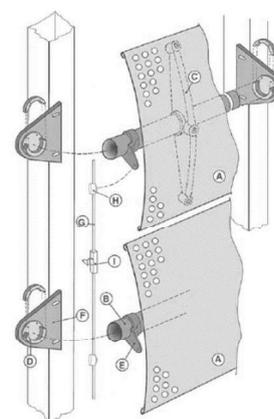


Figura 10.21: frangisole in lamiera di alluminio forato, NACO Frangisole AIRLUX.

10.11.4 Sistema di fitodepurazione e di recupero delle acque

Il progetto prevede la realizzazione di un'area dedicata all'interno del giardino scolastico, adibita alla fitodepurazione. Il sistema permette di avere un recupero delle acque grigie e delle acque bianche, quelle aventi un basso livello di inquinamento. Esse dopo il passaggio all'interno del sistema di fitodepurazione, grazie alla presenza di specifiche specie arboree, ne permette un filtraggio naturale. Successivamente le acque possono essere reinserite in circolo e riutilizzate per usi secondari come ad esempio lavaggio delle strade, a servizio degli ambienti o per irrigazione. Il sistema può essere integrato ad un recupero delle acque piovane, ottimizzando e riducendo così il consumo di acqua potabile all'interno del complesso scolastico.

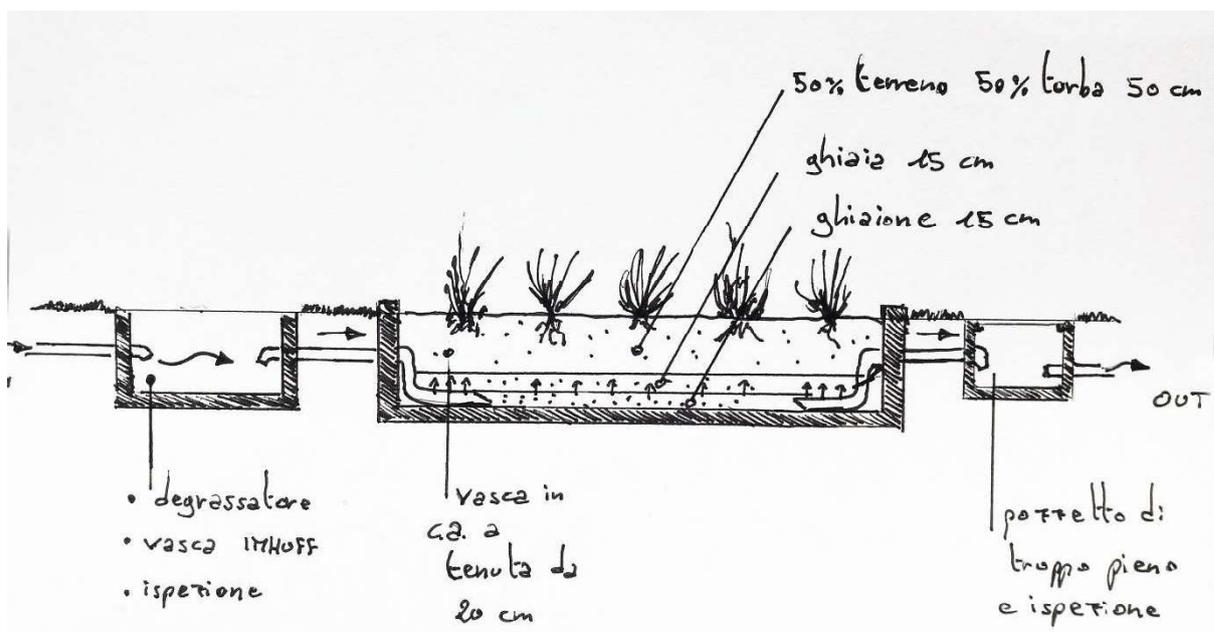


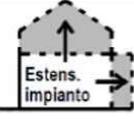
Figura 10.23: schematizzazione di un impianto di fitodepurazione a vasche piane.

10.12 Analisi energetica del progetto

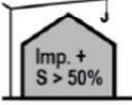
Dopo la simulazione del modello energetico dello stato di fatto si è proceduto con la simulazione del complesso scolastico sottoposto agli interventi migliorativi in ambito di isolamento termico tramite cappotto in pannelli in fibra di legno e di sostituzione dei serramenti originari con serramenti in PVC a cinque camere in triplo vetro basso-emissivo. Il sistema impiantistico di riscaldamento simulato per il modello dello stato di fatto, così come il sistema di illuminazione, rimane invariato. Si prevede solamente che le caldaie installate, dopo i miglioramenti energetici e la risoluzione dei ponti termici, risultino sovradimensionate.

10.12.1 Requisiti richiesti da normativa

L'intervento deve soddisfare determinati requisiti in termini di risparmio energetico, che vengono suddivisi a seconda della tipologia di intervento alla quale si sottopone il manufatto edilizio. Con il Decreto Ministeriale 26/6/2015 vengono identificati i seguenti casi di ambiti di intervento:

	Nuova costruzione (All.1 Art.1.3) Per edificio di nuova costruzione si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del DM 26/6/15 (<i>nrd, ovvero dal 1° ottobre 2015</i>)
Sono assimilati a edifici di nuova costruzione:	
	Demolizione e ricostruzione (All. 1, Art. 1.3) Rientrano in questa categoria gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario.
	Ampliamento di edifici esistenti con nuovo impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*) Ampliamento di edifici esistenti (dotati di nuovi impianti tecnici) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none">• nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente• nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³ La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.
Per quanto riguarda gli ampliamenti, il decreto individua di fatto un'ulteriore casistica:	
	Ampliamento di edifici esistenti con estensione di impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*) Ampliamento di edifici esistenti (collegati all'impianto tecnico esistente) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none">• nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente• nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³

Il decreto individua la categoria delle “Ristrutturazioni importanti” come segue:

	<p>Ristrutturazioni importanti di primo livello (All. 1 Art. 1.4.1) La ristrutturazione prevede contemporaneamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • un intervento che interessa l’involucro edilizio con un’incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio (**); • la ristrutturazione dell’impianto termico (***) per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all’intero edificio. <p>In tal caso i requisiti di prestazione energetica si applicano all’intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.</p>
	<p>Ristrutturazioni importanti di secondo livello (All. 1 Art. 1.4.1) L’intervento interessa l’involucro edilizio con un’incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio (**) e può interessare l’impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.</p> <p><i>(Le verifiche previste per questa casistica riguardano quindi il controllo di prestazioni sull’involucro e/o sugli impianti in base all’intervento previsto. Per facilitare la lettura della nostra guida, si è deciso di scindere la casistica in due parti riconducendo le verifiche separatamente all’involucro e/o agli impianti se previsto).</i></p>

Il decreto individua infine la categoria delle “Riqualficazioni energetiche” per tutti gli interventi non riconducibili ai casi precedenti e che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell’edificio. In questa categoria ricadono interventi sia sull’involucro che sugli impianti come di seguito descritto:

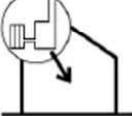
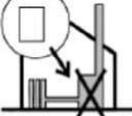
	<p>Riqualficazione energetica dell’involucro (All. 1 Art. 1.4.2) Interventi sull’involucro che coinvolgono una superficie ≤ 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell’edifici (**).</p>
	<p>Nuova installazione di impianto (All. 1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1) (****) Gli interventi di nuova installazione di impianto termico asservito all’edificio per i servizi di riscaldamento, di raffrescamento e produzione di ACS .</p>
	<p>Ristrutturazione di impianto (All. 1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1) (****) Gli interventi di ristrutturazione di impianto termico asservito all’edificio (***) per i servizi di riscaldamento, di raffrescamento e produzione di ACS.</p>
	<p>Sostituzione del generatore (All. 1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1) (****) Gli interventi di sostituzione del solo generatore e installazione di generatori e/o altri impianti tecnici per il soddisfacimento dei servizi dell’edificio.</p>

Tabella 10.1: tipologie di intervento, fonte: guida anazionale ANIT, www.anit.it

Note:

(*) Il rispetto dei requisiti deve essere condotto solo sulla nuova porzione di edificio (FAQ 2.8). Nel caso di ampliamento con volume 15% del volume lordo climatizzato o 500 m3 l’intervento va ricondotto agli altri ambiti d’applicazione (FAQ. 2.9).

(**) Con superficie disperdente si intende la superficie disperdente lorda degli elementi opachi e trasparenti che delimitano il volume a temperatura controllata dall’ambiente esterno e da ambienti non climatizzati quali le pareti verticali, i solai contro terra e su spazi aperti, i tetti e le coperture. La superficie su cui calcolare la percentuale di intervento è quella dell’involucro dell’intero edificio, costituito dall’unione di tutte le unità immobiliari che lo compongono (FAQ 2.13).

(***) Con ristrutturazione dell’impianto si intende quanto previsto dal DLgs192/2005 All.A, ovvero: “l’insieme di opere che comportano la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che di distribuzione ed emissione del calore; rientrano in questa categoria

anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali, nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato"

(****) Gli apparecchi o gli impianti installati e destinati principalmente a funzioni diverse che non riguardino il mantenimento del comfort delle persone (ad es. usi di processo, esigenze di conservazione di beni di varia natura) non devono rispettare i requisiti minimi imposti dal DM "requisiti minimi". (FAQ. 2.37).

L'intervento proposto in ambito di tesi ricade nella tipologia di "Ristrutturazione importante di secondo livello". Esso infatti non contempla il rispetto di requisiti minimi riguardanti l'impianto di climatizzazione invernale, che non viene in alcun modo alterato o modificato.

La classificazione degli edifici segue la catalogazione data dal DPR 412/93¹⁰⁵:

¹⁰⁵ Decreto del Presidente della Repubblica n. 412, Art. 3, "Classificazione generale degli edifici per categorie", 26 agosto 1993.

E. 1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili, rurali, collegi, conventi, case di pena e caserme E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili E.1 (3) abitazioni adibite ad albergo, pensione e attività similari
E. 2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico
E. 3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici
E. 4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo
E. 5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni
E. 6	Edifici adibiti ad attività sportive E.6 (1) piscine, saune e assimilabili E.6 (2) palestre e assimilabili E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive
E. 7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E. 8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili

Tabella 10.2: classificazione degli edifici, fonte: guida anazionale ANIT, www.anit.it

Le verifiche da rispettare di conseguenza sono le seguenti, come indicato dall'estratto della tabella riassuntiva dei requisiti minimi:

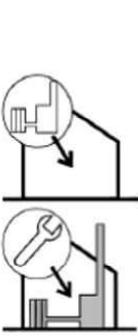
							
E1(1)	A,B,D,F,G, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,F,H, K,Q,S, T,W,Y	A,B,D,E,F,G, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,C,E,F,I, K, L*	C,E,F,I, K,Q	E, M,N,O, Q, R,S, U,V, W,X,Y	M,O, Q, R,S, W,X
E1(2)							
E1(3)							
E2							
E3							
E4							
E5							
E7							
E6	A,B,D,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	A,B,D,E,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y					
E8	A,B,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	A,B,E,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,C,E,F, K, L*	C,E,F, K,Q			

Tabella 10.3: schema delle verifiche, fonte: guida anazionale ANIT, www.anit.it

Elenco e denominazione dei requisiti da rispettare:

- B. coefficiente medio globale di scambio termico.
- C. trasmittanza delle strutture opache e trasparenti.
- E. deroga delle altezze minime.
- F. muffa e condensazione interstiziale.
- I. fattore di trasmissione solare totale.
- K. Controllo estivo delle coperture.
- L. fonti rinnovabili.

Dettaglio dei requisiti da rispettare:

- H'_T coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente [W/m^2K], verificare che $H'_T < H'_T$, **limite**. Il caso studio risulta avere un fattore di forme pari a $S/V = 0,436$

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \quad [W/m^2K]$$

Dove:

$H_{tr,adj}$: è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro (UNI/TS 11300-1)[W/K];

A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro [m^2].

Il valore di H'_T deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 10 in funzione della zona climatica e del rapporto S/V .

TABELLA 10 (Appendice A)						
Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T [W/m^2K]						
N. riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Zona climatica						
N. riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Tabella 10.4: valore massimo ammissibile di H'_T , fonte: guida anazionale ANIT, www.anit.it

- Trasmissioni delle chiusure tecniche trasparenti e opache, verificare che trasmissione strutture opache verticali valori limite, trasmissione strutture opache orizz. coperture valori limite, trasmissione strutture opache orizz. pavimenti valori limite, trasmissione chiusure tecniche trasparenti o opache valori limite [W/m²K]

TABELLA 1 (Appendice B) Trasmissione termica U massima delle <u>strutture opache verticali</u> , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

TABELLA 2 (Appendice B) Trasmissione termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di <u>copertura</u> , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

TABELLA 3 (Appendice B) Trasmissione termica U massima delle strutture opache orizzontali di <u>pavimento</u> , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

TABELLA 4 (Appendice B) Trasmissione termica U massima delle <u>chiusure tecniche trasparenti</u> e opache e dei cassonetti (*), comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatiz. soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

Tabella 10.5: valori limite di trasmissione, fonte: guida anazionale ANIT, www.anit.it

(*) i cassonetti sono valutati solo nel caso si intervenga sul cassonetto e comunque separatamente rispetto alle strutture trasparenti (FAQ 2.53).

I valori limite presi in considerazione per poter avere maggiori possibilità di accedere ai vari finanziamenti, sono quelli in vigore dal 1° gennaio 2021. Tali requisiti vanno inoltre a generare benefici non solo economici ma anche a livello ambientale, in quanto la sempre minor richiesta di energia per poter soddisfare i fabbisogni di climatizzazione richiederà un impiego minore di fonti energetiche.

- Requisito sulle altezze minime dei locali secondo il DM 5/7/75¹⁰⁶, per le quali è possibile andare in deroga di 10 cm.
- Verifiche igrotermiche: assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione e assenza di condensazioni interstiziali.
- Verificare che per le chiusure tecniche trasparenti delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno con orientamento da est a ovest, passando per sud, il valore del fattore di trasmissione solare totale della componente finestrata sia inferiore al valore limite, g_{gl+sh} **0,35**.
- Controllo estivo delle coperture: per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di materiali a elevata riflettanza solare per le coperture, assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a 0,65 nel caso di coperture piane e a 0,30 nel caso di copertura a falde. Verificare inoltre l'utilizzo di tecnologie di climatizzazione passiva.
- Fonti rinnovabili: per il rinnovabile termico gli impianti di produzione di energia termica devono garantire il rispetto della copertura, tramite il ricorso a fonti rinnovabili, di 50% EP_{acs} e 50% ($EP_i + EP_e + EP_{acs}$) dal 01/01/2018 e per il rinnovabile elettrico la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, deve essere superiore o uguale al valore calcolato secondo la formula $P = (1/K) * S$, dove $K = 50$ dal 01/01/2017. La potenza sarà quindi pari a **P = 26,0 kW**.

¹⁰⁶ Decreto ministeriale Sanità, "Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896, relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione", 5 luglio 1975.

10.12.2 Verifica dei requisiti richiesti da normativa

Requisito B, coefficiente medio globale di scambio termico: il requisito viene rispettato dal modello simulato $H'_{Tlim} = 0,650$, in particolare per la porzione del 1966 risulta essere pari a $H'_T = 0,421$ mentre per la porzione del 1970 $H'_T = 0,295$. Il coefficiente medio globale di scambio termico dell'intero complesso scolastico risulta essere pari a $H'_T = 0,366$.

Requisito C, trasmittanza delle strutture opache e trasparenti: la verifica della trasmittanza delle strutture opache viene verificata con il metodo manuale per tipologia degli elementi, andando a considerare l'incidenza dei ponti termici a loro pertinenti. I serramenti risultano avere tutti una trasmittanza termica verificata, al di sotto del limite normativo.

- **Pareti verticali $U_{lim} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$**

OP_01 E parete cassavuota 40 cm

$U = 0,222 \text{ W/m}^2\text{K}$

OP_05 E parete cassavuota 30 cm

$U = 0,228 \text{ W/m}^2\text{K}$

OP_06 E parete cassavuota 35 cm

$U = 0,222 \text{ W/m}^2\text{K}$

OP_08 E parete c.a. 40 cm

$U = 0,255 \text{ W/m}^2\text{K}$

SOT_01 E sottofinestra cassavuota 22 cm

$U = 0,232 \text{ W/m}^2\text{K}$

- **Copertura $U_{lim} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$**

SOF_02 ZNR soffitto palestra 30 cm

$U = 0,209 \text{ W/m}^2\text{K}$

SOF_03 ZNR soffitto 30 cm

$U = 0,204 \text{ W/m}^2\text{K}$

- **Pavimento $U_{lim} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$**

PAV_01 TER solaio pavimento 25 cm

$U = 0,169 \text{ W/m}^2\text{K}$

PAV_05 TER solaio pavimento pal. 25 cm

$U = 0,230 \text{ W/m}^2\text{K}$

- **Serramenti $U_{lim} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Nell'**allegato D** (schede dei serramenti) è possibile visionare il rispetto di tale requisito. La trasmittanza media dei serramenti è pari a **$U = 1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Requisito E, deroga delle altezze minime sono rispettate, in particolare l'altezza minima da normativa richiede un valore pari a 2,70 m. Nella scuola le altezze interne non risultano inferiori a 3,20 m. Considerando l'inserimento di una controsoffittatura per la riduzione di disturbi acustici da un ambiente ad un altro, le altezze non scenderanno al di sotto dei **3,00 m**.

Requisito F, muffa e condensazione interstiziale. Le verifiche igrometriche vengono rispettate sia nelle stratigrafie delle chiusure opache verticali e orizzontali, che nella simulazione dei ponti termici, nei nodi più delicati della struttura scolastica. Nell'**allegato C** (schede delle stratigrafie) e nell'**allegato F** (schede dei ponti termici) è possibile visionare la verifica di tali requisiti.

Requisito I, fattore di trasmissione solare totale. Nell'**allegato D** (schede dei serramenti) è possibile visionare il rispetto di tale requisito. Tutti i serramenti di nuova installazione risultano rispettare il g_{gl+sh} 0,35. In particolare il fattore di trasmissione solare medio risulta essere pari a $g_{gl+sh\ medio} = 0.178$

Requisito K, Controllo estivo delle coperture: il controllo estivo delle coperture prevede il rispetto del requisito nell'utilizzo di materiali ad elevata riflettanza nella composizione del manto di copertura, in particolare del 0,30 nel caso di copertura a falde; esso viene considerato rispettato vista la chiara colorazione del manto di copertura presente nel complesso scolastico. Viene richiesta anche la presenza di sistemi passivi per il raffrescamento estivo, elementi presenti in facciata, le lame frangisole, e presenti all'estradosso del solaio di copertura degli ambienti climatizzati, lo strato di isolante in fibra di legno, in grado di garantire ottimi livelli di sfasamento termico per il controllo del calore estivo.

Requisito L, fonti rinnovabili. La copertura dei fabbisogni di acqua calda sanitaria e di energia elettrica da fonti rinnovabili, risulta essere soddisfatto, come descritto nel capitolo 10 paragrafo 9 e 10.

10.13 Confronto stato di fatto e progetto

La simulazione del modello energetico del complesso scolastico, sempre con il metodo standard¹⁰⁷, mette in evidenza il sostanziale risparmio in termici energetici ed in termini di impatto ambientale che si possa ottenere tramite un intervento di questa entità su un edificio esistente. I benefici che si possono ottenere in termini di consumi energetici si aggirano intorno al 50,0%. In particolare, per quanto riguarda il fabbisogno di riscaldamento, considerando un costo del gas metano pari a 0,80 €/mc, comprendente dei costi degli oneri e dell'IVA, a fronte di una spesa annua per il riscaldamento allo stato di fatto pari a **69.694,90 €/anno**, ne consegue un risparmio monetario di circa **37.351,85 €/anno**. La spesa stimata per il fabbisogno energetico del riscaldamento dello stato di progetto infatti è pari a **32.343,04 €/anno**.

La tabella riporta le variazioni fra lo stato di fatto e di progetto in termini di fabbisogno energetico per il riscaldamento, metri cubi di metano consumato e CO2 prodotta. Si prende in considerazione come fattore di produzione di CO2, un valore di 1,95 kg di CO2 generata per m³ di gas metano consumato¹⁰⁸.

¹⁰⁷ La simulazione del modello con il metodo standard prevede un utilizzo standardizzato del complesso scolastico, che non tiene conto del reale utilizzo dell'edificio da parte degli utenti. Il calcolo della spesa annua per il riscaldamento sarà quindi basato sul consumo standard, che potrebbe non rispecchiare i reali consumi del complesso.

¹⁰⁸ Tabella parametri standard nazionali, fonte: www.minambiente.it

		Fabbisogno energetico		Indice di prestazione	Metano consumato	Spesa per il riscaldamento (costo metano = 0,80 €/mc)	CO2 prodotta
		[kWh]		[kWh/m ²]	[m ³]	[€]	[kg]
Stato di fatto (energia primaria totale)	Q _{p,gl,tot}	815430,30	EP _{gl,tot}	698,45	87118,62	€ 69.694,90	170404,02
Progetto (energia primaria totale)	Q _{p,gl,tot}	378413,60	EP _{gl,tot}	307,53	40428,80	€ 32.343,04	79078,74
Differenza % consumo complessivo di metano	anno	/	/	/	53,59%	/	/
Differenza della spesa complessiva per il riscaldamento	anno	/	/	/	/	€ 37.351,85	/
Risparmio di CO2 prodotta	anno	/	/	/	/	/	91325,28

Tabella 10.6: Confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto.

Il dato riguardante la CO₂, con un risparmio di 91.325,28 kg di CO₂ prodotti annualmente è molto importante. Secondo uno studio condotto da gruppo di ricercatori della Università di Stanford, il costo sociale di una tonnellata di CO₂ è pari a 220 dollari a testa, ma l'aspetto più grave è quello riguardante il costo ambientale di tali emissioni. Una tonnellata di CO₂ nell'atmosfera ha prima di tutto conseguenze su clima e ambiente, che si ripercuotono a cascata sull'attività agricola dell'uomo e sull'economia. L'aumento dei livelli di CO₂ nell'atmosfera diventa un fattore determinante per:

- La diminuzione della produzione agricola.
- La diminuzione della produttività dei lavoratori.
- La crescita dei costi e delle spese legate alla sanità.
- L'aumento della spesa per la salvaguardia e gli interventi di ripristino a favore dell'ambiente¹⁰⁹.

In entrambe le porzioni del complesso scolastico, la classe energetica raggiunta risulta essere **A1**, ed in entrambi i casi il valore di energia primaria non rinnovabile risulta avere un valore inferiore a $EP_{gl,nren} < 150 \text{ KWh/m}^2$, a fronte di un dato di partenza del complesso scolastico allo stato di fatto che superava il valore di $EP_{gl,nren} > 335 \text{ KWh/m}^2$.

¹⁰⁹ Deriu Morena, "Inquinamento: ma quanto ci costa una tonnellata di CO₂?", fonte: www.fotovoltaicosulweb.it

In dettaglio si riportano le diverse classi energetiche con i loro relativi valori di energia primaria non rinnovabile. In entrambi i casi il dato di partenza risulta essere stato dimezzato. La porzione dei laboratori risulta risentire particolarmente dei vantaggi dati dall'intervento, questo grazie al recupero volumetrico apportato e quindi alla riduzione di superficie disperdente alla quale è soggetto, e alla presenza di una minor quantità di superficie vetrata, caratterizzata da un valore di trasmittanza termica più elevato.

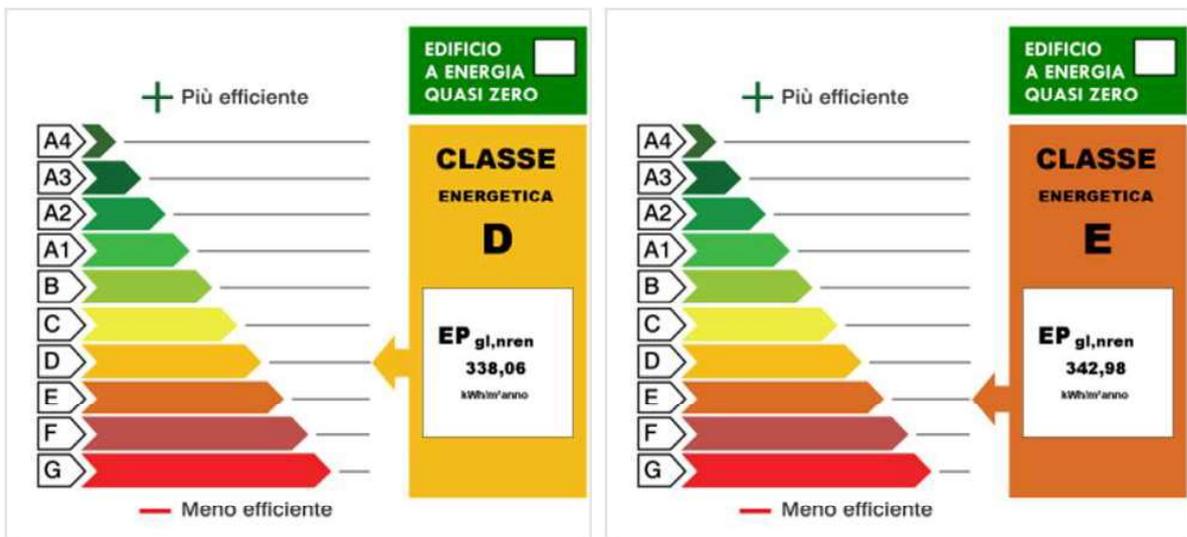


Figura 10.24: classe energetica blocco aule e blocco laboratori allo stato di fatto.

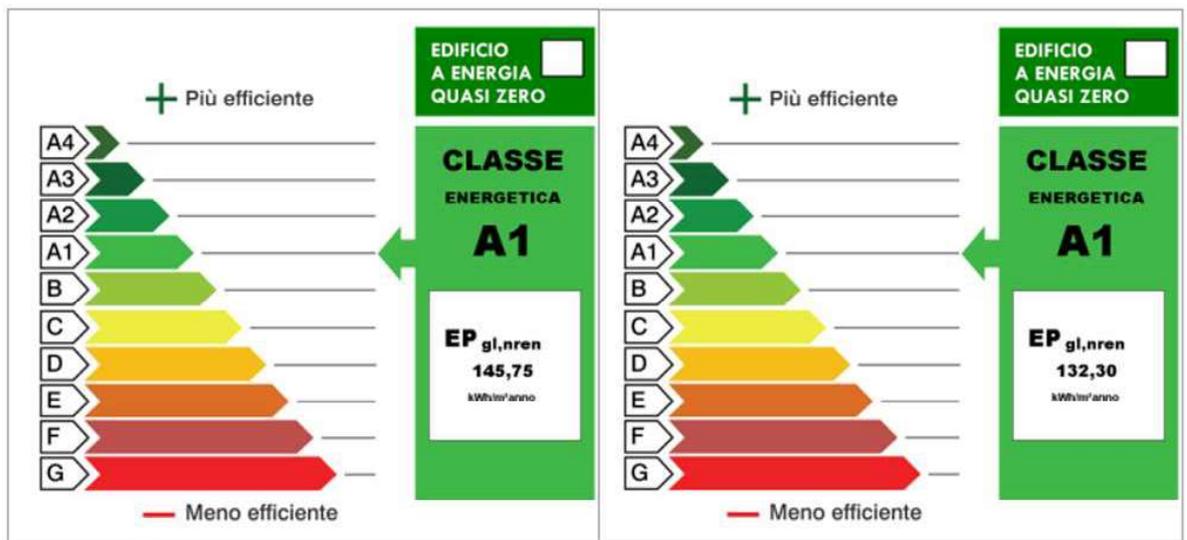


Figura 10.25: classe energetica blocco aule e blocco laboratori allo stato di progetto.

Il grafico seguente rappresenta la variazione del fabbisogno mensile per il riscaldamento mese per mese dallo stato di fatto allo stato di progetto. Le attenuazioni più importanti risultano essere quelle nei mesi più freddi, ovvero dicembre gennaio e febbraio, dove in quasi tutti i casi il fabbisogno per il riscaldamento scende al di sotto dei $Q_{H,nd} < 60.000 \text{ kWh}$ al mese.

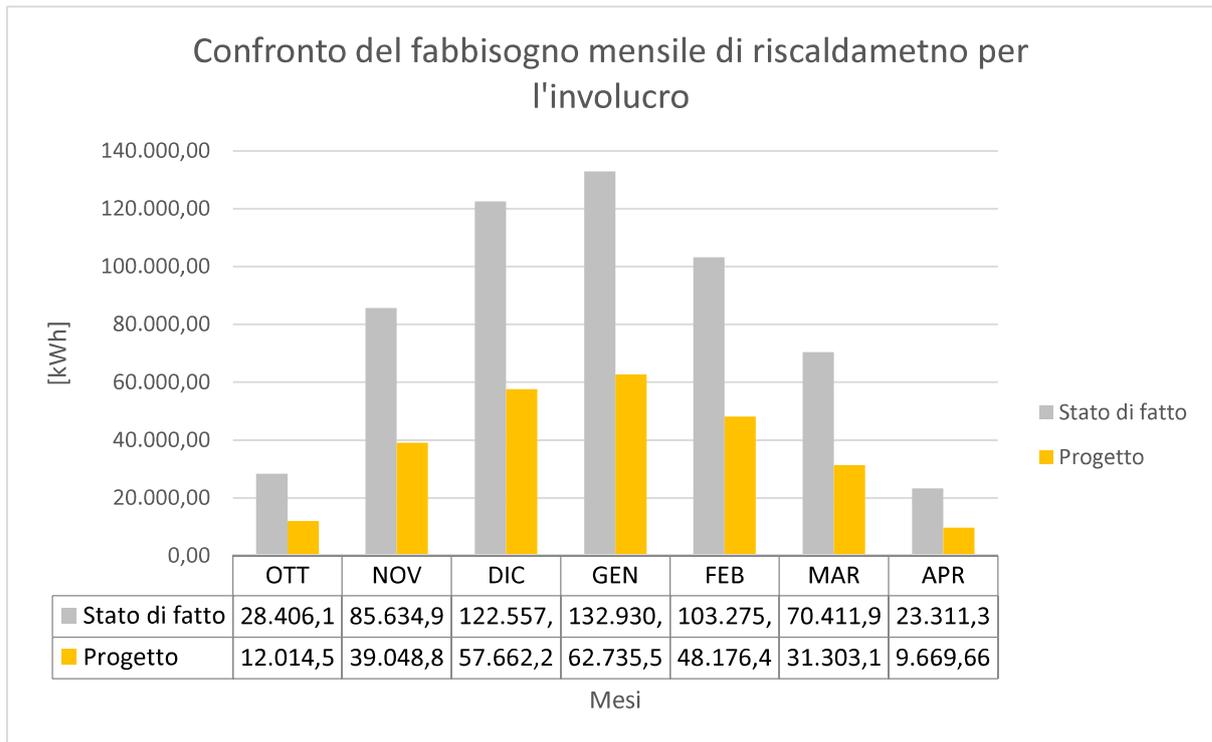


Grafico 10.1: confronto del fabbisogno mensile di riscaldamento tra stato di fatto e stato di progetto.

10.14 Fattibilità dell'intervento di riqualificazione

Viene infine effettuato uno studio di massima sulla fattibilità dell'intervento di riqualificazione energetica proposto con la tesi. Esso tiene conto della sintesi dei costi dei seguenti interventi: sostituzione dei serramenti, isolamento dei solai di pavimento dei piani seminterrato e terreno, isolamento a cappotto del complesso scolastico e isolamento del sottotetto non riscaldato, installazione del sistema ombreggiante e installazione dei sistemi di captazione dell'energia solare.

I costi dei vari interventi vengono ipotizzati secondo una stima media del costo delle lavorazioni, dei materiali e degli elementi architettonici all'interno del mercato edile. I costi sono stati ricavati in parte da siti specifici, come nel caso dei frangisole e dei materiali isolanti, e in parte dal Prezziario Regionale del Piemonte del 2019.

I costi considerati per i trasporti dei vari materiali e degli elementi architettonici tengono in considerazione dei seguenti fattori: la distanza dalla ditta fornitrice al luogo di montaggio e di lavorazione (Brandizzo), il numero di viaggi necessari per trasportare il materiale, considerando una movimentazione di un massimo di n. 34 bancali per viaggio e il costo del trasporto medio a km, assunto pari a 1 € al km.

Il costo finale della riqualificazione energetica della scuola si aggira intorno ai **840.000,00 €**.

INTERVENTO		Lavorazione		Costo parametrico	Quantità	Costo lavorazione	Costo totale intervento
				[€/m ²]	[m ²]	[€]	[€]
Sostituzione serramenti	I						
		lavorazione completa		370,00	325,00	€ 120.250,00	€ 120.250,00
Isolamento solai di pavimento	II						
		materiale PAVABOARD		37,00	1200,00	€ 44.400,00	
		trasporto		1200,00	0,00	€ 1.200,00	
		demolizioni pavimento		8,00	1200,00	€ 9.600,00	
		realizzazione pavimento		40,00	1200,00	€ 48.000,00	€ 103.200,00
Lavori di ampliamento	II						
		lavorazione completa		390,00	90,00	€ 35.100,00	€ 35.100,00
Isolamento a cappotto esterno	III						
		materiale NATURAWALL		37,52	1800,00	€ 67.536,00	
		trasporto		2000,00	0,00	€ 2.000,00	
		rasatura e finitura		15,00	1800,00	€ 27.000,00	
		manodopera		30,00	1800,00	€ 54.000,00	
		ponteggio		8,00	1800,00	€ 14.400,00	€ 164.936,00
Sistema a frangisole	III						
		lama frangisole da 7 m [m]		270,00	185,00	€ 49.950,00	
		taglio dei frangisole [cad.]		12,00	185,00	€ 2.220,00	
		posa dei frangisole [cad.]		123,00	185,00	€ 22.755,00	
		piattaforma mobile		4950,00	0,00	€ 4.950,00	
		trasporto		4000,00	0,00	€ 4.000,00	€ 83.875,00
Isolamento solai di copertura	IV						
		materiale NATURAFLEX PREMIUM		25,60	1800,00	€ 46.080,00	
		trasporto		800,00	0,00	€ 800,00	
		manodopera		24,00	1800,00	€ 42.200,00	€ 90.080,00
Impianto solare termico	IV						
		fornitura e posa		1250,00	54,00	€ 67.500,00	€ 67.500,00
Impianto fotovoltaico	IV						
		fornitura e posa		365,00	133,00	€ 48.545,00	€ 48.545,00
Giardino scolastico	V						
		lavorazione completa		16,00	7700,00	€ 123.200,00	€ 123.200,00
COSTO TOTALE DELLA RIQUALIFICAZIONE							€ 836.686,00

Tabella10.7: costi di massima della riqualificazione.

Affrontare un progetto di riqualificazione di questa entità per un piccolo Comune, come quello di Brandizzo, potrebbe risultare difficoltoso. Nonostante vi sia la possibilità di accedere alle detrazioni fiscali e agli incentivi nazionali, si ipotizza una suddivisione degli interventi da realizzare in diversi anni.

L'ordine degli interventi segue quelle che sono le tipologie e le priorità delle lavorazioni: i serramenti verranno necessariamente sostituiti prima di eseguire il cappotto esterno, così come l'ampliamento volumetrico. L'ultimo intervento programmato sarà quello della coibentazione dei solai di copertura e di installazione degli impianti solare termico e fotovoltaico. L'intervento di risistemazione del giardino non viene considerato come essenziale per il miglioramento degli aspetti energetici. L'ordine degli interventi viene riassunto nella seguente tabella:

	Costo intervento		Fabbisogno energetico	Metano consumato	Spesa per il riscaldamento (costo metano = 0,80 €/mc)	CO2 prodotta	Differenza della spesa di riscaldamento dallo stato di fatto
	[€]		[kWh]	[m ³]	[€]	[kg]	[€]
Stato di fatto	/	Q _{p,gl,tot}	815430,30	87118,62	69694,90	170404,02	/
Progetto I (sostituzione serramenti)	€ 120.250,00	Q _{p,gl,tot}	678962,30	72538,71	58030,97	141885,71	€ 11.663,93
Progetto II (isolamento solai di pavimento e ampliamento volumetrico)	€ 138.300,00	Q _{p,gl,tot}	657046,40	70197,26	56157,81	137305,85	€ 13.537,09
Progetto III (realizzazione cappotto esterno e sistema ombreggiante)	€ 248.811,00	Q _{p,gl,tot}	530706,80	56699,44	45359,56	110904,11	€ 24.335,34
Progetto IV (isolamento solai di copertura e installazione del solare termico e del fotovoltaico)	€ 206.125,00	Q _{p,gl,tot}	378413,60	40428,80	32343,04	79078,74	€ 37.351,85

Tabella10.8: suddivisione degli interventi e risparmio sul fabbisogno per il riscaldamento.

Per quanto riguarda il fabbisogno per la climatizzazione invernale, l'intervento complessivo di riqualificazione permette di arrivare ad un risparmio annuo pari a **37.351,85 €/anno** rispetto allo stato di fatto.

Ai fini di una riduzione del costo complessivo dell'intervento, si considerano gli incentivi ai quali è possibile accedere grazie al Conto Termico 2019 GSE¹¹⁰. In particolare questo incentivo statale va a contribuire con il finanziamento fino al 55,00% del costo di alcune lavorazioni. Quelle soggette a incentivo risultano essere: sostituzione dei serramenti al 55,00%, isolamento dei solai di copertura e delle partizioni verticali esterne, al 55,00%, installazione del sistema ombreggiante, al 40,00% e installazione dell'impianto solare termico, al 40,00%¹¹¹. La detrazione sull'intervento di riqualificazione risulterebbe così pari al **32,00%** sul costo totale. La somma incentivata ammonta a **266.946,30 €**. Il costo finale è pari a **569.739,70 €**. Considerando i costi di intervento, non soggetto a finanziamento e soggetto a finanziamento da Conto Termico 2019 GSE, i tempi di ritorno economico corrispondono a **22,5 anni**, nel primo caso, e **15,5 anni**, nel secondo caso.

¹¹⁰ Il Conto Termico incentiva interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili per impianti di piccole dimensioni. I beneficiari sono principalmente le Pubbliche amministrazioni. Fonte: www.gse.it

¹¹¹ Gli incentivi fino al 55,00%, rispetto al 40,00% di base previsto dal Conto Termico per sostituzione serramenti e isolamento dell'involucro, si raggiungono grazie alla presenza dell'installazione dell'impianto solare termico.

INTERVENTO		Costo totale intervento		Incentivo da Conto termico G.S.E. 2019	Massimo incentivo monetario	Costo lavorazione soggetta ad incentivo
		[]		[%]	[]	[]
Sostituzione serramenti	I	120.250,00		55,00%	66.137,50	54.112,50
Isolamento solai di pavimento	II	103.200,00		/	/	103.200,00
Lavori di ampliamento	II	35.100,00		/	/	35.100,00
Isolamento a cappotto esterno	III	164.936,00		55,00%	90.714,80	74.221,20
Sistema a frangisole	III	83.875,00		40,00%	33.550,00	50.325,00
Isolamento solai di copertura	IV	90.080,00		55,00%	49.544,00	40.536,00
Impianto solare termico	IV	67.500,00		40,00%	27.000,00	40.500,00
Impianto fotovoltaico	IV	48.545,00		/	/	48.545,00
Giardino scolastico	V	123.200,00		/	/	123.200,00
COSTO TOTALE DELLA RIQUALIFICAZIONE		836.686,00				
COSTO TOTALE DELLA RIQUALIFICAZIONE SOGGETTA A DETRAZIONI						569.739,70

Tabella10.9: incentivi statali sui singoli interventi della riqualificazione.

11. Conclusioni

Aver lavorato alla presente tesi, atto conclusivo di un percorso di studi più che interessante, è stata l'occasione per sviluppare le proprie conoscenze tecniche ed affinare il proprio metodo di organizzativo di lavoro. Affrontare questo percorso in solitaria ha permesso di mettere a dura prova le abilità acquisite durante gli studi universitari e al contempo di relazionarsi con una committenza e con un genere di caso studio mai trattato nei corsi seguiti.

Come progetto di tesi si è scelto di confrontarsi con un tema legato alla comunità, quello della riqualificazione di un edificio scolastico di un piccolo Comune della Provincia torinese, Brandizzo.

L'aspetto "scuola" è stato approfondito a livello nazionale ed internazionale, cercando di comprendere meglio quale fosse lo stato dell'arte dei manufatti edilizi in cui si trova il sistema scolastico italiano. Lo studio, affiancato all'analisi delle normative in ambito scolastico ha permesso l'ottenimento di un preciso quadro esigenziale, utile nel proseguimento della tesi come base per le scelte progettuali apportate.

La volontà di migliorare le caratteristiche architettoniche, energetiche ed ambientali di un manufatto esistente e in questo caso, di interesse pubblico, evitando l'ulteriore consumo suolo, è oggi una scelta responsabile e obbligata per chi opera all'interno del mondo delle costruzioni.

La scuola del Comune di Brandizzo, come numerose istituti presenti sul territorio nazionale, ha ampi margini di miglioramento negli ambiti della gestione delle risorse e nell'utilizzo delle fonti energetiche. L'intervento qui riportato evidenzia infatti come sia possibile ottenere dei risparmi superiori al 50,00%, sia in termini monetari che di risparmio energetico. A fronte di una spesa iniziale di modesta entità, si prevede un tempo di rientro economico di soli 15,5 anni, grazie anche all'ausilio degli attuali incentivi economici nazionali. Il lasso di

tempo, se si considera la vita utile di un edificio di questa tipologia, risulta essere molto breve e avvalorare le ragioni dell'intervento.

Il progetto viene posto al centro dell'interesse dei cittadini, dando loro modo di poter sfruttare e utilizzare maggiormente l'edificio e il suo giardino. Questo permette di aumentare le relazioni interpersonali tra cittadini di diversa età e giovani ragazzi, nell'ottica di rendere la scuola come un ambiente di interazione allargata e di confronto. Aperto agli studenti e alla cittadinanza, essa sarà centro di coesione territoriale e di servizi alla comunità, un vero e proprio centro civico.

Il patrimonio esistente è l'occasione per poter effettuare interventi volti all'implementazione delle caratteristiche termofisiche dei manufatti edilizi ai fini della salvaguardia ambientale. Lo studio approfondito degli edifici pubblici contribuisce inoltre ad avere una più limpida idea sul loro stato manutentivo semplificando le attività di controllo e prevenzione.

Le difficoltà incontrate all'interno della presente tesi, vengono colmate dalla consapevolezza di aver incrementato le proprie conoscenze relative alla tipologia di edifici affrontata, e dalla cognizione di aver sviluppato ancor più il proprio metodo di lavoro. L'auspicio è quello di aver sfruttato al meglio le proprie potenzialità per trasmettere a terzi, con chiarezza e semplicità, il volere progettuale descritto nella tesi.

Ringraziamenti

Un profondo e sincero ringraziamento al Professore Valentino Manni, per gli innumerevoli consigli e le precise correzioni, alla Professoressa Silvia Gron, per le sue osservazioni e i suggerimenti sempre utili, all'Architetto Maria Cristina Azzolino, per il suo importante contributo nei riguardi degli aspetti più tecnici.

Un *Grazie* sincero...

A mamma, papà e Davide, che nel corso di questi anni, nonostante i periodi difficili e il mio carattere introverso, sono stati sempre presenti, pronti a supportarmi. Vi sarò sempre grato per tutto ciò che avete fatto e per quello che continuate a fare. Grazie a te mamma, che mi hai insegnato ad essere umile e a sorridere, dando attenzione agli aspetti più importanti della vita. Grazie a te papà, che mi hai insegnato ogni cosa e che continui ad essere forte per noi. Grazie a te Davide, che mi vuoi bene e che mi sopporti sempre, anche quando sono meno simpatico.

Grazie ai nonni, Celestina, Ida e Bruno, che con i loro sguardi, i loro racconti e la loro presenza, mi hanno saputo trasmettere tenerezza e serenità, ma soprattutto ricordi felici.

A Salvatore, e alle sue scenate di gelosia che mi accompagnano ormai da tempo, ma senza le quali non conoscere il vero valore dell'amicizia.

Ad Alessandro, per rendermi partecipe in qualsiasi cosa, condividendo tutto, i dischi fumanti, le corse in macchina, gli incidenti evitati, quelli invece... (forse meglio fermarsi qui).

A Simone, detto anche "Capitan lento", che mi ha accolto nel suo gruppo di Amici e che mi fa trascorrere le vacanze nei suoi innumerevoli poderi in compagnia della grulla Alessia e della sua famiglia.

A Fabio, che come rappresentante dello Stato, GdF, sarà clemente nella mia vita lavorativa, ma soprattutto come Amico, che sarà con me complice ancora di tante "zingarate".

A Gabriele e Yuri, che con i loro frequenti infortuni, incidenti e la loro fragilità ossea, mi fanno capire che la vita è proprio appesa a un filo.

Ed infine a tutte le persone che per me sono state importanti e che per vari motivi non sono più presenti nella mia vita. Vi sono riconoscente per quello che mi avete dato.

12. Allegati

A. Essenze arboree selezionate

Essenze arboree selezionate:

Area fitodepurazione:

- Typha angustifolia: pianta erbacea perenne, adatta alla fitodepurazione a flusso orizzontale sub-superficiale.
- Scirpus: pianta perenne, adatta al ciclo della fitodepurazione.
- Juncus effusus: pianta perenne, adatta al ciclo della fitodepurazione.
- Eichornia crassipes: pianta acquatica galleggiante, adatta alla fitodepurazione a flusso superficiale.

Area verde a bassa manutenzione:

- Abelia grandiflora: arbusto caducifoglia.
- Corniolo bianco: arbusto caducifoglia.
- Viburnum tinus: arbusto sempreverde.
- Nandina domestica: arbusto sempreverde.

Area verde decorativa:

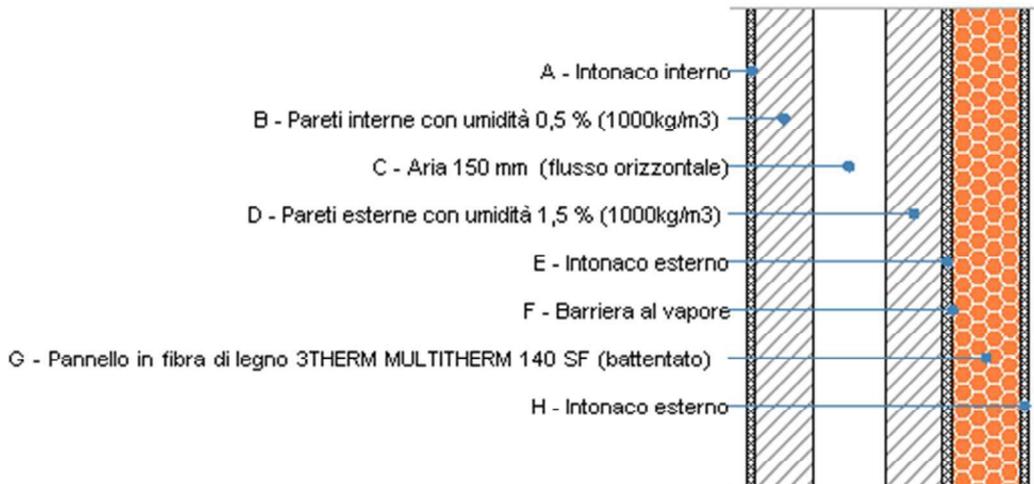
- Graminacee: pianta perenne, bassa manutenzione.
- Ortensia: pianta perenne, facile manutenzione.
- Hosta: pianta perenne, bassa e facile manutenzione.
- Spirea: pianta perenne, bassa e facile manutenzione.

Alberi:

- Carpino bianco: albero caducifoglia.
- Eucalipto: albero sempreverde.
- Magnolia: albero sempreverde.
- Bagolaro: albero caducifoglia, buona azione contro gli inquinanti.
- Acero riccio: albero caducifoglia, buona azione contro gli inquinanti.
- Tiglio selvatico: albero caducifoglia, buona azione contro gli inquinanti.

B. Schede chiusure opache post intervento

OP 01 E parete cassavuota 40 cm (intervento)



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Tipologia:	<u>Parete</u>	Disposizione:	<u>Verticale</u>
Verso:	<u>Esterno</u>	Spessore:	<u>585,5</u> mm
Trasmittanza U:	0,222 W/(m ² K)	Resistenza R:	4,507 (m ² K)/W
Massa superf.:	260 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ_a [-]	Fattore μ_u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Pareti interne con umidità 0,5 % (1000kg/m3)	120,0	0,360	0,333	1.000	0,84	5,6	5,6
C	Aria 150 mm (flusso orizzontale)	150,0	0,830	0,181	1	1,00	1,0	1,0
D	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1000kg/m3)	120,0	0,470	0,255	1.000	0,84	5,6	5,6
E	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
F	Barriera al vapore	0,5	0,400	0,001	360	1,50	20.000,0	20.000,0
G	Pannello in fibra di legno 3THERM MULTITHERM 140 SF (battentato)	140,0	0,040	3,500	140	0,50	3,0	3,0
H	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	585,5		4,507				

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

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

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

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

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,222 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,300 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Brandizzo	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione b _{tr,x} :	
Classe di edificio:	Edifici con indice di affollamento non noto	Volume interno V:	- m ³
Produz. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T _i °C	Umidità relativa interna φ _i %	Temperatura esterna T _e °C	Umidità relativa esterna φ _e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	-	1,5	83,5	0,5
febbraio	20,0	-	3,4	80,6	0,5
marzo	20,0	-	8,6	80,5	0,5
aprile	20,0	-	12,2	66,5	0,5
maggio	20,0	-	18,3	65,2	0,5
giugno	20,0	-	22,4	60,3	0,5
luglio	20,0	-	23,9	53,9	0,5
agosto	20,0	-	22,9	72,5	0,5
settembre	20,0	-	19,4	74,5	0,5
ottobre	20,0	-	12,6	81,9	0,5
novembre	20,0	-	7,1	93,0	0,5
dicembre	20,0	-	2,9	88,5	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i °C	Pressione parziale interna p _i Pa	Temperatura esterna θ _e °C	Pressione parziale esterna p _e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	1,50	568,50
ESTIVA	20,00	1.926,80	23,90	1.599,10

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 329,557 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).

X	<p>La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.</p> <p>La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 329,557 Pa.</p>
---	--

VERIFICA FORMAZIONE MUFFE SUPERFICIALI

CONDIZIONI AL CONTORNO INTERNE ED ESTERNE

Mese	Temperatura esterna T_e °C	Pressione esterna P_e Pa	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %
ottobre	12,6	1194,45	362,7	1557,15	20	82
novembre	7,1	937,42	557,95	1495,37	20	93
dicembre	2,9	665,5	707,05	1372,55	20	88
gennaio	1,5	568,5	756,75	1325,25	20	84
febbraio	3,4	627,76	689,3	1317,06	20	81
marzo	8,6	899,58	504,7	1404,28	20	81
aprile	12,2	944,89	376,9	1321,79	20	67

CALCOLO DEL FATTORE DI RISCHIO

La verifica della formazione di muffa è eseguita in maniera conforme a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 13788

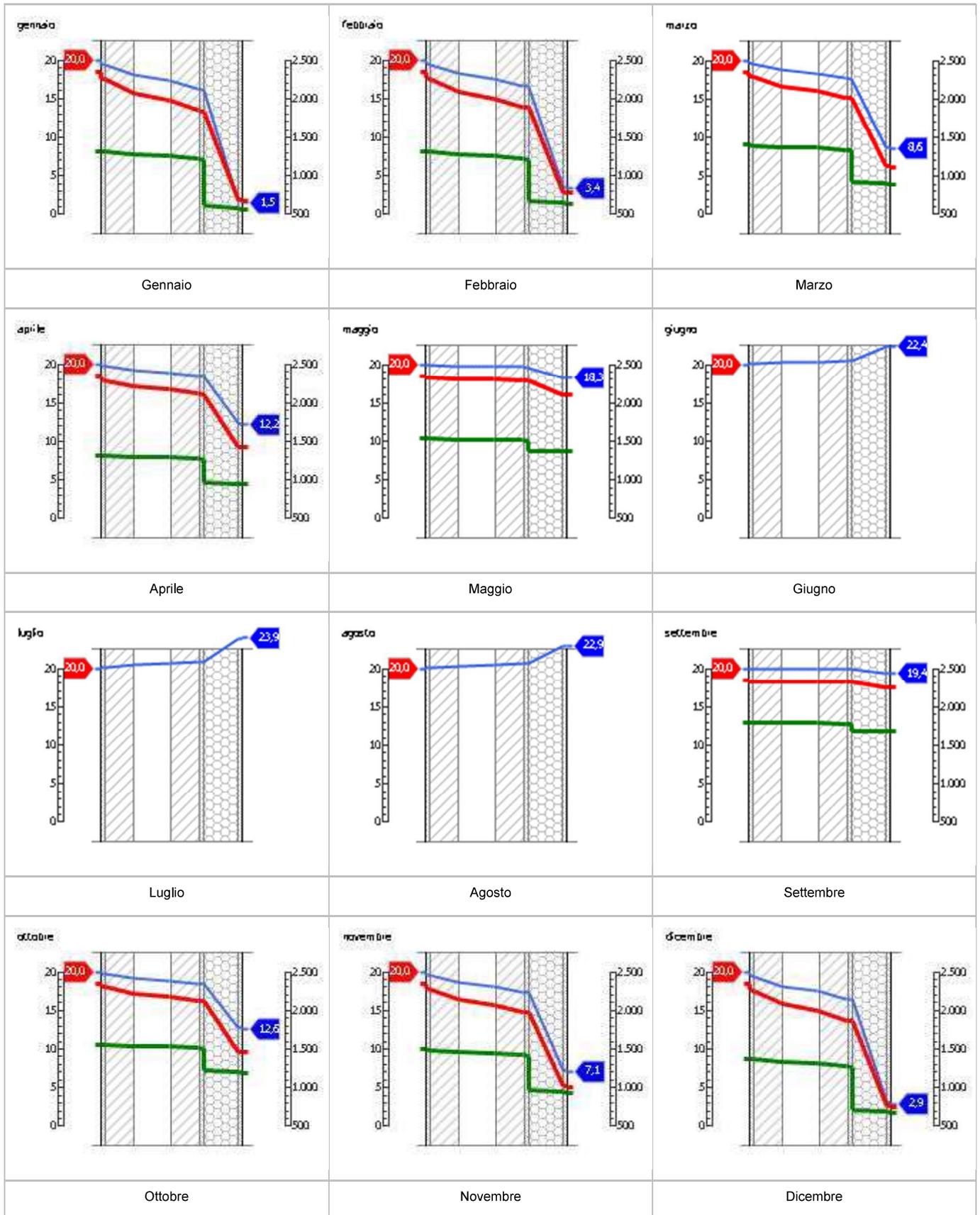
Mese	Temperatura superficiale critica $T_{si-critica}$ °C	Fattore di rischio ammissibile $f_{rsi-amm}$ -
ottobre	17,08	0,6053
novembre	16,44	0,7242
dicembre	15,1	0,7136
gennaio	14,56	0,7059
febbraio	14,46	0,6664
marzo	15,46	0,6016
aprile	14,52	0,2972

ESITO VERIFICA DI MUFFA: OK

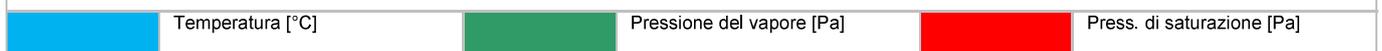
VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA



VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 260 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

CONDIZIONI AL CONTORNO

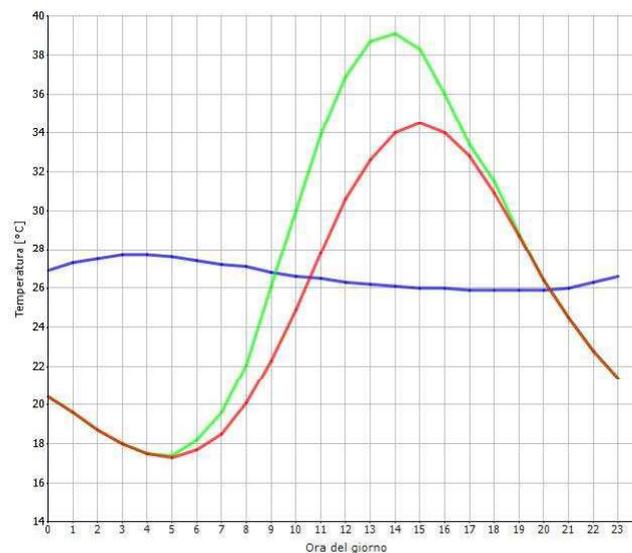
Comune:	Brandizzo	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	23,6 °C	Temperatura massima estiva:	31,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	11,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	275,46 W/m ²

INERZIA TERMICA

Tempo sfasamento dell'onda termica:	13h 43'	Fattore di attenuazione:	0,0848
Capacità termica interna C ₁ :	49,6 kJ/(m ² /K)	Capacità termica esterna C ₂ :	38,4 kJ/(m ² /K)
Ammettenza interna oraria:	14,1 W/(m ² /K)	Ammettenza interna in modulo:	3,6 W/(m ² /K)
Ammettenza esterna oraria:	17,1 W/(m ² /K)	Ammettenza esterna in modulo:	2,8 W/(m ² /K)
Trasmittanza termica periodica Y:	0,019 W/(m ² K)	Classificazione struttura da normativa:	
Trasmitt. termica periodica limite Y _{lim} :	0,100 W/(m ² K)		

ESITO VERIFICA DI INERZIA: OK

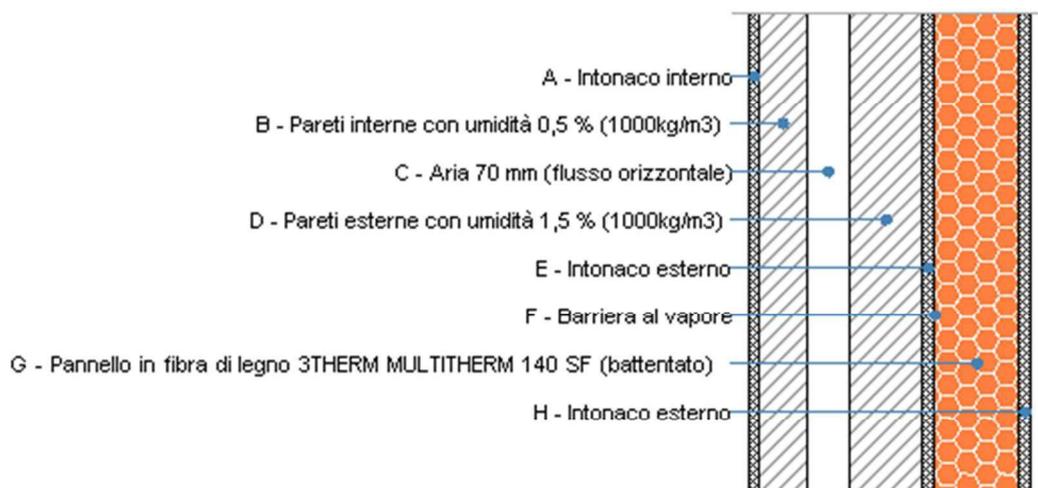
DIAGRAMMA DI SFASAMENTO DELL'ONDA TERMICA



LEGENDA

 Temperatura esterna [°C]	 Temp. sup. esterna [°C]	 Temperatura interna [°C]
--	---	---

OP 05 E parete cassavuota 30 cm (intervento)



DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	465,5 mm
Trasmittanza U:	0,228 W/(m ² K)	Resistenza R:	4,394 (m ² K)/W
Massa superf.:	220 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ_a [-]	Fattore μ_u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Pareti interne con umidità 0,5 % (1000kg/m ³)	80,0	0,360	0,222	1.000	0,84	5,6	5,6
C	Aria 70 mm (flusso orizzontale)	70,0	0,390	0,179	1	1,00	1,0	1,0
D	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1000kg/m ³)	120,0	0,470	0,255	1.000	0,84	5,6	5,6
E	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
F	Barriera al vapore	0,5	0,400	0,001	360	1,50	20.000,0	20.000,0
G	Pannello in fibra di legno 3THERM MULTITHERM 140 SF (battentato)	140,0	0,040	3,500	140	0,50	3,0	3,0
H	Intonaco esterno	20,0	0,900	0,022	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	465,5		4,394				

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

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

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

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

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,228 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,300 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Brandizzo	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Esterno	Coeff. di correzione b _{tr,x} :	
Classe di edificio:	Edifici con indice di affollamento non noto	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T _i °C	Umidità relativa interna φ _i %	Temperatura esterna T _e °C	Umidità relativa esterna φ _e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	-	1,5	83,5	0,5
febbraio	20,0	-	3,4	80,6	0,5
marzo	20,0	-	8,6	80,5	0,5
aprile	20,0	-	12,2	66,5	0,5
maggio	20,0	-	18,3	65,2	0,5
giugno	20,0	-	22,4	60,3	0,5
luglio	20,0	-	23,9	53,9	0,5
agosto	20,0	-	22,9	72,5	0,5
settembre	20,0	-	19,4	74,5	0,5
ottobre	20,0	-	12,6	81,9	0,5
novembre	20,0	-	7,1	93,0	0,5
dicembre	20,0	-	2,9	88,5	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i °C	Pressione parziale interna p _i Pa	Temperatura esterna θ _e °C	Pressione parziale esterna p _e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	1,50	568,50
ESTIVA	20,00	1.926,80	23,90	1.599,10

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 329,868 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa.

	La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 329,868 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE MUFFE SUPERFICIALI

CONDIZIONI AL CONTORNO INTERNE ED ESTERNE

Mese	Temperatura esterna T_e °C	Pressione esterna P_e Pa	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna φ_i %
ottobre	12,6	1194,45	362,7	1557,15	20	82
novembre	7,1	937,42	557,95	1495,37	20	93
dicembre	2,9	665,5	707,05	1372,55	20	88
gennaio	1,5	568,5	756,75	1325,25	20	84
febbraio	3,4	627,76	689,3	1317,06	20	81
marzo	8,6	899,58	504,7	1404,28	20	81
aprile	12,2	944,89	376,9	1321,79	20	67

CALCOLO DEL FATTORE DI RISCHIO

La verifica della formazione di muffa è eseguita in maniera conforme a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 13788

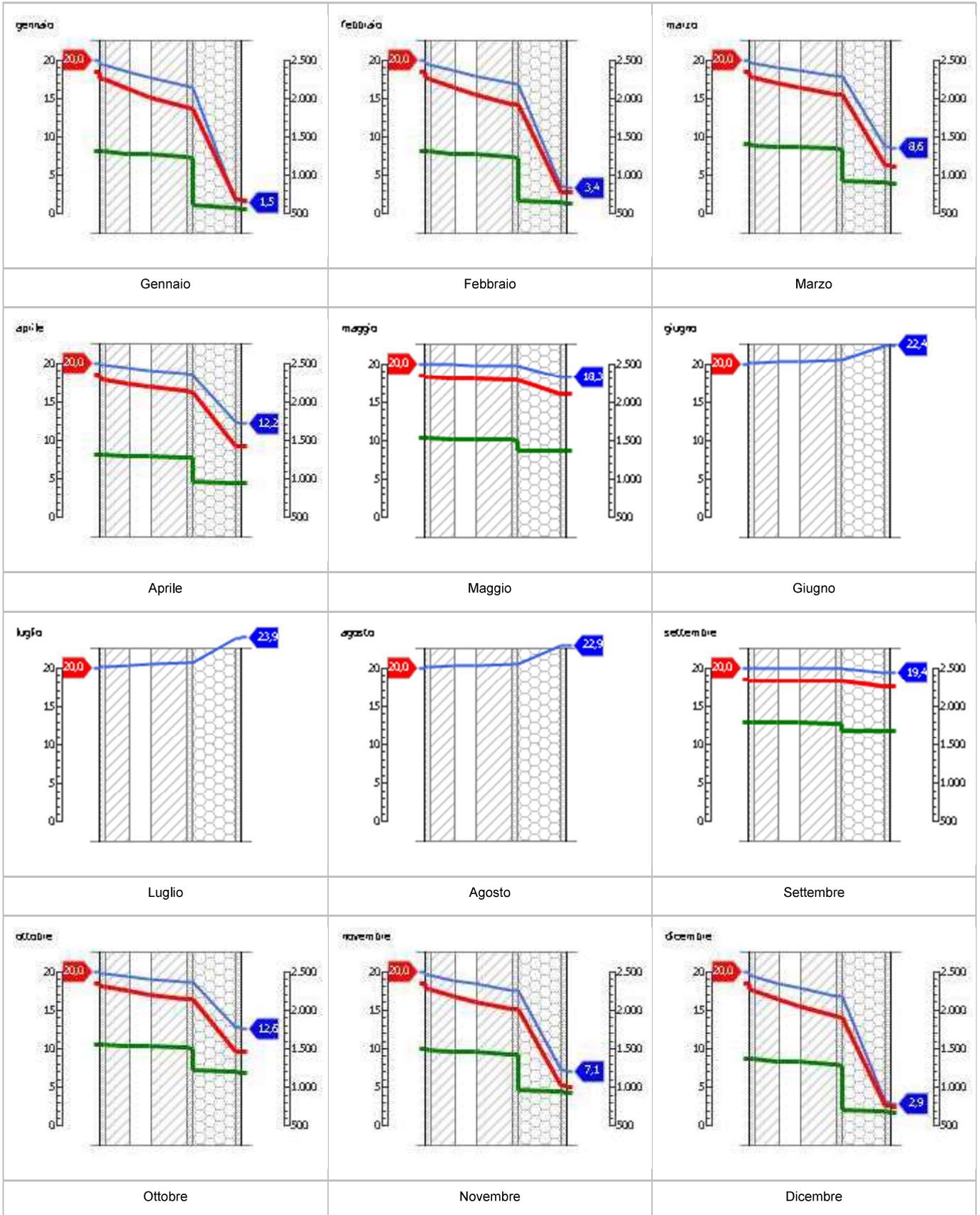
Mese	Temperatura superficiale critica $T_{si-critica}$ °C	Fattore di rischio ammmissibile $f_{rsi-amm}$ -
ottobre	17,08	0,6053
novembre	16,44	0,7242
dicembre	15,1	0,7136
gennaio	14,56	0,7059
febbraio	14,46	0,6664
marzo	15,46	0,6016
aprile	14,52	0,2972

ESITO VERIFICA DI MUFFA: OK

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



LEGENDA

	Temperatura [°C]		Pressione del vapore [Pa]		Press. di saturazione [Pa]
--	------------------	--	---------------------------	--	----------------------------

VERIFICA DI MASSA E INERZIA TERMICA

Il comportamento termico dinamico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13786.

Verifica di massa:

Massa della struttura per metro quadrato di superficie: 220 kg/m²

Valore minimo di massa superficiale: 230 kg/m²

ESITO VERIFICA DI MASSA: OK

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

CONDIZIONI AL CONTORNO

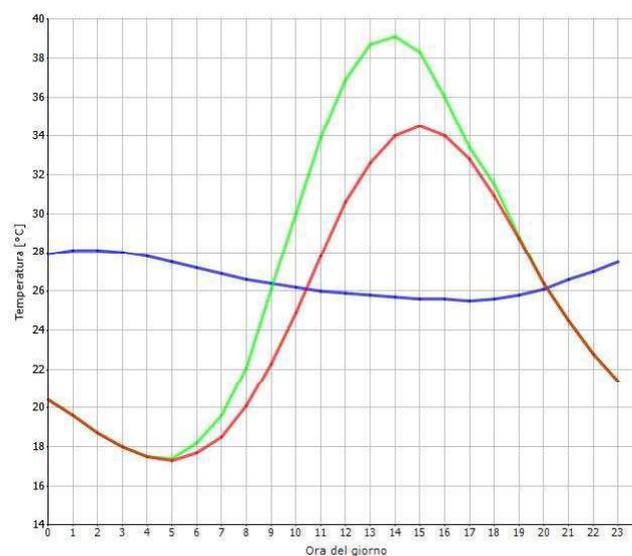
Comune:	Brandizzo	Colorazione:	Chiaro
Orientamento:	S	Mese massima insolazione:	luglio
Temp. media mese massima insolaz.:	23,6 °C	Temperatura massima estiva:	31,0 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno:	11,0 °C	Irradian. mensile massima piano orizz.:	275,46 W/m ²

INERZIA TERMICA

Tempo sfasamento dell'onda termica:	12h 15'	Fattore di attenuazione:	0,1192
Capacità termica interna C ₁ :	48,5 kJ/(m ² /K)	Capacità termica esterna C ₂ :	38,6 kJ/(m ² /K)
Ammettenza interna oraria:	14,3 W/(m ² /K)	Ammettenza interna in modulo:	3,5 W/(m ² /K)
Ammettenza esterna oraria:	17,1 W/(m ² /K)	Ammettenza esterna in modulo:	2,8 W/(m ² /K)
Trasmittanza termica periodica Y:	0,027 W/(m ² K)	Classificazione struttura da normativa:	
Trasmitt. termica periodica limite Y _{lim} :	0,100 W/(m ² K)		

ESITO VERIFICA DI INERZIA: OK

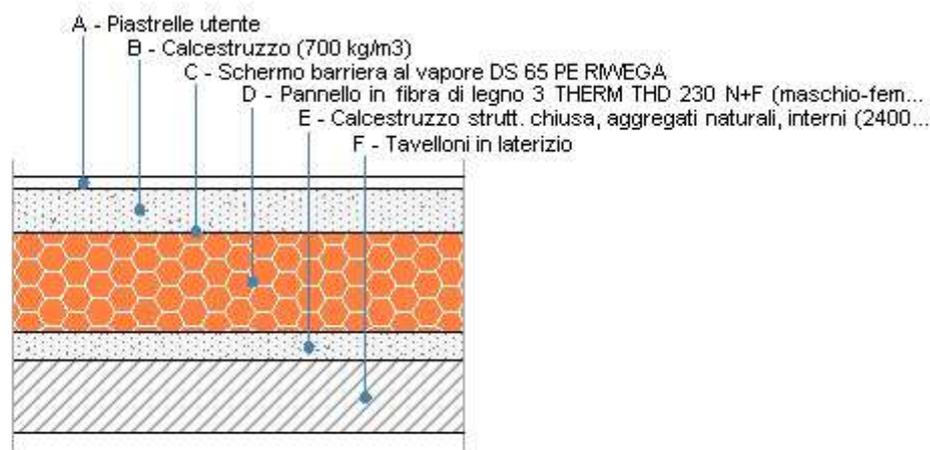
DIAGRAMMA DI SFASAMENTO DELL'ONDA TERMICA



LEGENDA

 Temperatura esterna [°C]	 Temp. sup. esterna [°C]	 Temperatura interna [°C]
--	---	---

PAV 01 TERRENO solaio pavimento su vespaio 25 cm (intervento)



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: **PAV 01 TERRENO solaio pavimento su vespaio 25 cm (intervento)**

Note:

Tipologia:	Pavimento	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Terreno	Spessore:	355,5 mm
Trasmittanza U:	0,258 W/(m ² K)	Resistenza R:	3,876 (m ² K)/W
Massa superf.:	258 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Piastrelle utente	15,0	0,580	0,026	1.800	0,85	3,2	3,2
B	Calcestruzzo (700 kg/m ³)	60,0	0,270	0,222	700	0,88	3,3	3,3
C	Schermo barriera al vapore DS 65 PE RIWEGA	0,5	0,400	0,001	940	0,43	700,00 0,0	700,00 0,0
D	Pannello in fibra di legno 3 THERM THD 230 N+F (maschio-femmina)	140,0	0,047	2,979	230	0,50	3,0	3,0
E	Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, interni (2400 kg/m ³)	40,0	1,910	0,021	2.400	0,88	76,9	50,0
F	Tavelloni in laterizio	100,0	0,240	0,417	600	1,00	0,0	999,99 9,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	355,5		3,876				

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

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

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

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

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,258 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,388 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Brandizzo	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Terreno	Coeff. di correzione $b_{tr,x}$:	
Classe di edificio:	Edifici con indice di affollamento non noto	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna φ_i %	Temperatura esterna T_e °C	Umidità relativa esterna φ_e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	-	12,9	100,0	0,5
febbraio	20,0	-	12,9	100,0	0,5
marzo	20,0	-	12,9	100,0	0,5
aprile	20,0	-	12,9	100,0	0,5
maggio	20,0	-	12,9	100,0	0,5
giugno	20,0	-	12,9	100,0	0,5
luglio	20,0	-	12,9	100,0	0,5
agosto	20,0	-	12,9	100,0	0,5
settembre	20,0	-	12,9	100,0	0,5
ottobre	20,0	-	12,9	100,0	0,5
novembre	20,0	-	12,9	100,0	0,5
dicembre	20,0	-	12,9	100,0	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ_i °C	Pressione parziale interna p_i Pa	Temperatura esterna θ_e °C	Pressione parziale esterna p_e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	12,90	1.490,40
ESTIVA	20,00	968,80	12,90	1.490,40

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 451,161 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 451,161 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE MUFFE SUPERFICIALI**CONDIZIONI AL CONTORNO INTERNE ED ESTERNE**

Mese	Temperatura esterna T_e °C	Pressione esterna P_e Pa	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna φ_i %
ottobre	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100
novembre	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100
dicembre	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100
gennaio	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100
febbraio	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100
marzo	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100
aprile	12,9	1490,44	350,87	1841,31	20	100

CALCOLO DEL FATTORE DI RISCHIO

La verifica della formazione di muffa è eseguita in maniera conforme a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 13788

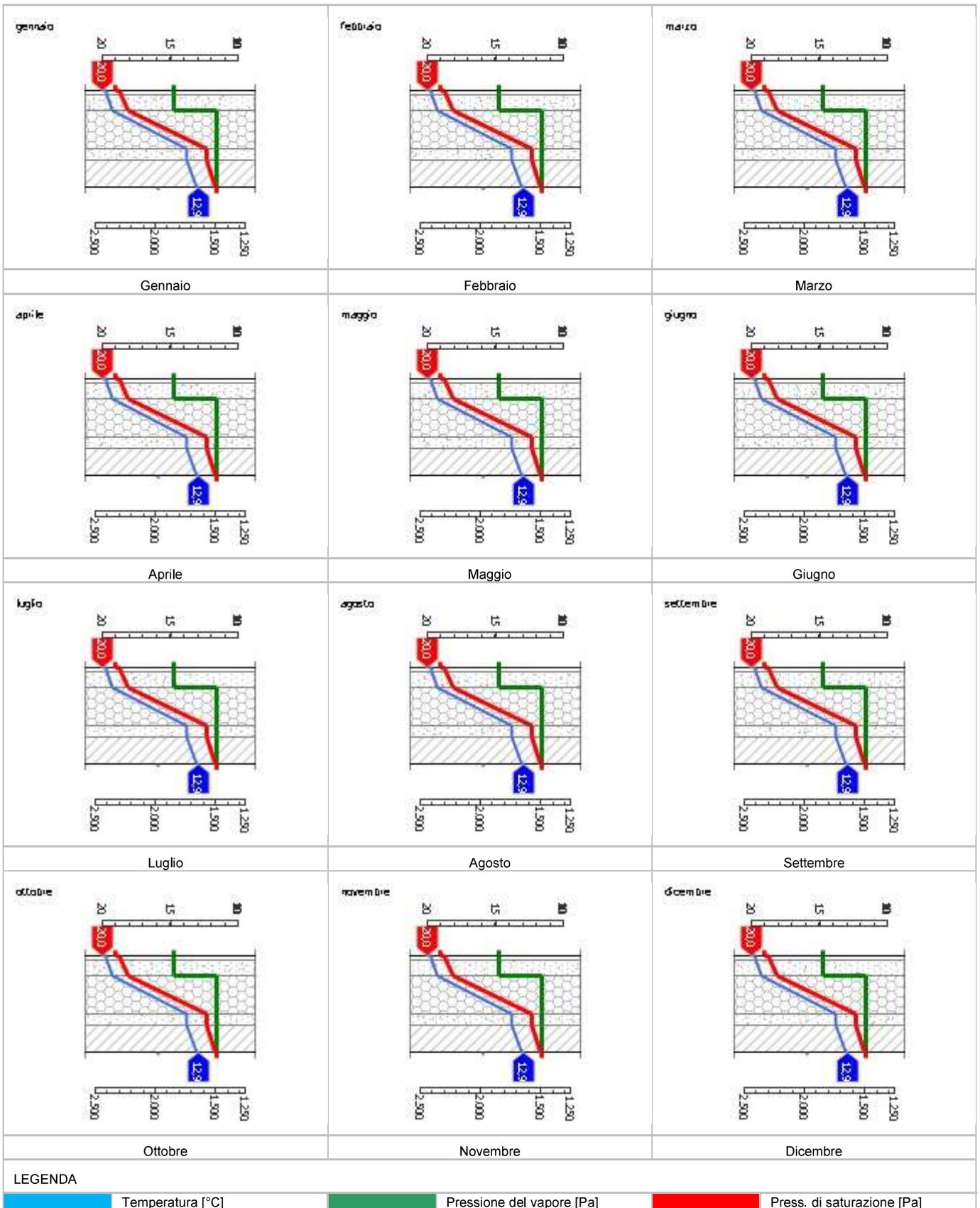
Mese	Temperatura superficiale critica $T_{si-critica}$ °C	Fattore di rischio ammissibile $f_{rsi-amm}$ -
ottobre	19,75	0,9652
novembre	19,75	0,9652
dicembre	19,75	0,9652
gennaio	19,75	0,9652
febbraio	19,75	0,9652
marzo	19,75	0,9652
aprile	19,75	0,9652

ESITO VERIFICA DI MUFFA: OK

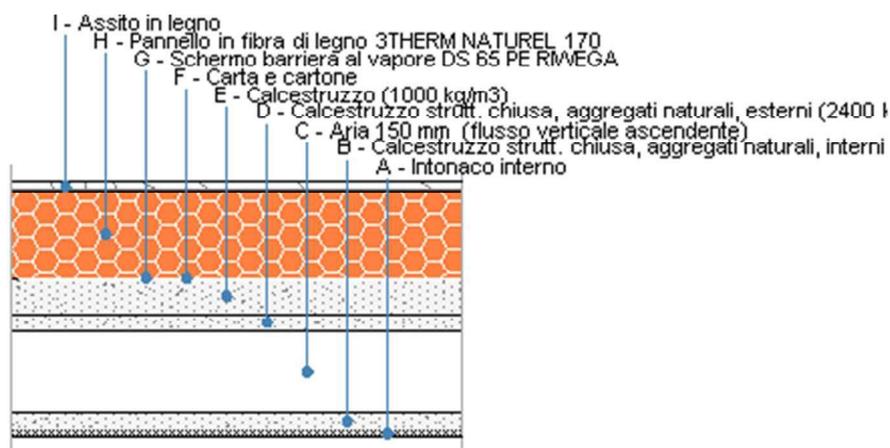
VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



SOF 02 ZNR soffitto palestra 30 cm (intervento)



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Tipologia:	Soffitto	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Zona non riscaldata	Spessore:	465,6 mm
Trasmittanza U:	0,209 W/(m ² K)	Resistenza R:	4,787 (m ² K)/W
Massa superf.:	245 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, interni (2400 kg/m ³)	30,0	1,910	0,016	2.400	0,88	76,9	50,0
C	Aria 150 mm (flusso verticale ascendente)	150,0	0,940	0,160	1	1,00	1,0	1,0
D	Calcestruzzo strutt. chiusa, aggregati naturali, esterni (2400 kg/m ³)	30,0	2,080	0,014	2.400	0,88	76,9	50,0
E	Calcestruzzo (1000 kg/m ³)	65,0	0,380	0,171	1.000	0,88	3,3	3,3
F	Carta e cartone	0,1	0,160	0,001	1.000	1,30	100,0	100,0
G	Schermo barriera al vapore DS 65 PE RIWEGA	0,5	0,400	0,001	940	0,43	700,00 0,0	700,00 0,0
H	Pannello in fibra di legno 3THERM NATUREL 170	160,0	0,039	4,103	170	0,50	5,0	5,0
I	Assito in legno	15,0	0,150	0,100	550	1,60	44,4	44,4
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
	TOTALE	465,6		4,787				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m ² K)/W
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 10,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,100 (m ² K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,209 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,260 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Brandizzo	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Zona non riscaldata	Coeff. di correzione b _{tr,x} :	0,0
Classe di edificio:	Edifici con indice di affollamento non noto	Volume interno V:	- m ³
Prod. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T _i °C	Umidità relativa interna φ _i %	Temperatura esterna T _e °C	Umidità relativa esterna φ _e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	-	20,0	83,5	0,5
febbraio	20,0	-	20,0	80,6	0,5
marzo	20,0	-	20,0	80,5	0,5
aprile	20,0	-	20,0	66,5	0,5
maggio	20,0	-	20,0	65,2	0,5
giugno	20,0	-	20,0	60,3	0,5
luglio	20,0	-	20,0	53,9	0,5
agosto	20,0	-	20,0	72,5	0,5
settembre	20,0	-	20,0	74,5	0,5
ottobre	20,0	-	20,0	81,9	0,5
novembre	20,0	-	20,0	93,0	0,5
dicembre	20,0	-	20,0	88,5	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i °C	Pressione parziale interna p _i Pa	Temperatura esterna θ _e °C	Pressione parziale esterna p _e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	20,00	1.952,50
ESTIVA	20,00	1.519,00	20,00	1.952,50

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 64,135 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa.

	La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 64,135 Pa.

VERIFICA FORMAZIONE MUFFE SUPERFICIALI

CONDIZIONI AL CONTORNO INTERNE ED ESTERNE

Mese	Temperatura esterna T_e °C	Pressione esterna P_e Pa	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna φ_i %
ottobre	20,0	1914,2	100	2014,2	20	82
novembre	20,0	2172,82	100	2272,82	20	93
dicembre	20,0	2068,06	100	2168,06	20	88
gennaio	20,0	1952,48	100	2052,48	20	84
febbraio	20,0	1882,88	100	1982,88	20	81
marzo	20,0	1882,38	100	1982,38	20	81
aprile	20,0	1554,6	100	1654,6	20	67

CALCOLO DEL FATTORE DI RISCHIO

La verifica della formazione di muffa è eseguita in maniera conforme a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 13788

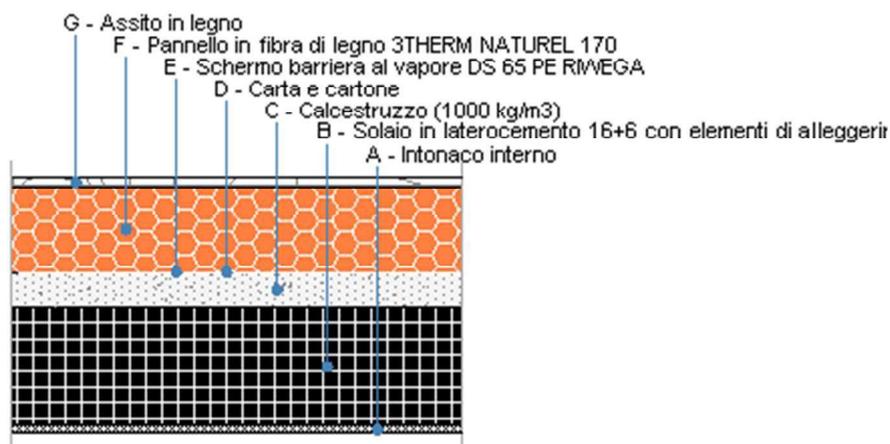
Mese	Temperatura superficiale critica $T_{si-critica}$ °C	Fattore di rischio ammmissibile $f_{rsi-amm}$ -
ottobre	21,21	0
novembre	23,19	0
dicembre	22,42	0
gennaio	21,52	0
febbraio	20,95	0
marzo	20,95	0
aprile	18,04	0

ESITO VERIFICA DI MUFFA: OK

VERIFICA FORMAZIONE CONDENSA INTERSTIZIALE

ESITO VERIFICA DI CONDENSA INTERSTIZIALE: Condensa assente

SOF 03 ZNR soffitto 30 cm (intervento)



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Tipologia:	Soffitto	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Zona non riscaldata	Spessore:	475,6 mm
Trasmittanza U:	0,204 W/(m ² K)	Resistenza R:	4,893 (m ² K)/W
Massa superf.:	497 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Intonaco interno	15,0	0,700	0,021	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Solaio in laterocemento 16+6 con elementi di alleggerimento in opera	220,0	0,743	0,296	1.800	1,00	10,0	5,0
C	Calcestruzzo (1000 kg/m ³)	65,0	0,380	0,171	1.000	0,88	3,3	3,3
D	Carta e cartone	0,1	0,160	0,001	1.000	1,30	100,0	100,0
E	Schermo barriera al vapore DS 65 PE RIWEGA	0,5	0,400	0,001	940	0,43	700,00 0,0	700,00 0,0
F	Pannello in fibra di legno 3THERM NATUREL 170	160,0	0,039	4,103	170	0,50	5,0	5,0
G	Assito in legno	15,0	0,150	0,100	550	1,60	44,4	44,4
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
	TOTALE	475,6		4,893				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m ² K)/W
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 10,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,100 (m ² K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Brandizzo	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,204 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,260 W/(m ² K)

Riferimento normativo: **Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90**

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il comportamento termoigrometrico dell'elemento opaco è valutato secondo le procedure di calcolo contenute nella UNI EN ISO 13788.

CONDIZIONI AL CONTORNO E DATI CLIMATICI

Comune:	Brandizzo	Tipo di calcolo:	Classi di concentrazione
Verso:	Zona non riscaldata	Coeff. di correzione b _{tr,x} :	0,0
Classe di edificio:	Edifici con indice di affollamento non noto	Volume interno V:	- m ³
Produz. nota di vapore G:	- kg/h		

Mese	Temperatura interna T _i °C	Umidità relativa interna φ _i %	Temperatura esterna T _e °C	Umidità relativa esterna φ _e %	Ricambio d'aria n 1/h
gennaio	20,0	-	20,0	83,5	0,5
febbraio	20,0	-	20,0	80,6	0,5
marzo	20,0	-	20,0	80,5	0,5
aprile	20,0	-	20,0	66,5	0,5
maggio	20,0	-	20,0	65,2	0,5
giugno	20,0	-	20,0	60,3	0,5
luglio	20,0	-	20,0	53,9	0,5
agosto	20,0	-	20,0	72,5	0,5
settembre	20,0	-	20,0	74,5	0,5
ottobre	20,0	-	20,0	81,9	0,5
novembre	20,0	-	20,0	93,0	0,5
dicembre	20,0	-	20,0	88,5	0,5

CONDIZIONE	Temperatura interna θ _i °C	Pressione parziale interna p _i Pa	Temperatura esterna θ _e °C	Pressione parziale esterna p _e Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	20,00	1.952,50
ESTIVA	20,00	1.519,00	20,00	1.952,50

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 64,135 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).

X	<p>La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.</p> <p>La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 64,135 Pa.</p>
---	---

VERIFICA FORMAZIONE MUFFE SUPERFICIALI

CONDIZIONI AL CONTORNO INTERNE ED ESTERNE

Mese	Temperatura esterna T_e °C	Pressione esterna P_e Pa	Variazione di pressione ΔP Pa	Pressione interna P_i Pa	Temperatura interna T_i °C	Umidità relativa interna ϕ_i %
ottobre	20,0	1914,2	100	2014,2	20	82
novembre	20,0	2172,82	100	2272,82	20	93
dicembre	20,0	2068,06	100	2168,06	20	88
gennaio	20,0	1952,48	100	2052,48	20	84
febbraio	20,0	1882,88	100	1982,88	20	81
marzo	20,0	1882,38	100	1982,38	20	81
aprile	20,0	1554,6	100	1654,6	20	67

CALCOLO DEL FATTORE DI RISCHIO

La verifica della formazione di muffa è eseguita in maniera conforme a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 13788

Mese	Temperatura superficiale critica $T_{si-critica}$ °C	Fattore di rischio ammissibile $f_{rsi-amm}$
ottobre	21,21	0
novembre	23,19	0
dicembre	22,42	0
gennaio	21,52	0
febbraio	20,95	0
marzo	20,95	0
aprile	18,04	0

ESITO VERIFICA DI MUFFA: OK

VERIFICA FORMAZIONE CONDENZA INTERSTIZIALE

ESITO VERIFICA DI CONDENZA INTERSTIZIALE: Condensa assente

C. Schede chiusure trasparenti post intervento

SERRAMENTO: **TRF 02 310 x 185 cm (intervento)**

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **TRF 02 310 x 185 cm (intervento)**

Larghezza: **310 cm**

Altezza: **185 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

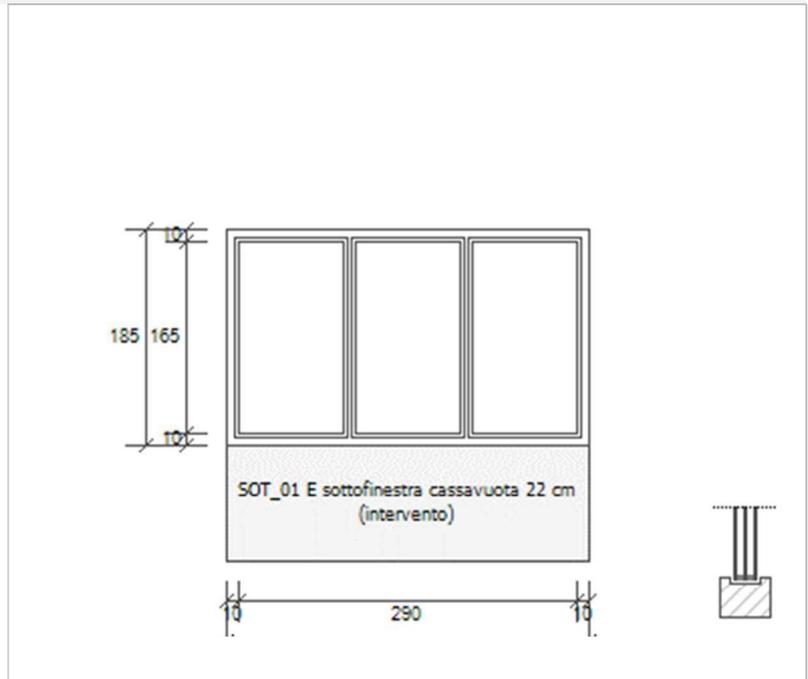
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **2**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **0 cm**



Area del vetro A_g : **4,455 m²**

Area del telaio A_f : **1,280 m²**

Area totale del serramento A_w : **5,735 m²**

Perimetro della superficie vetrata L_g : **15,300 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro triplo 4-12-4-12-4 (Argon)**

Tipologia vetro: **Tripla vetro con doppio rivestimento basso-emissivo**

Coefficiente di trasmissione solare g : **0,500**

Emissività ϵ : **0,837**

Trasmittanza termica vetro U_g : **1,132 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **PVC profilo vuoto**

Tipologia telaio: **Con cinque camere**

Spessore sf: **0 mm**

Distanziatore: **Plastica**

Trasmittanza termica del telaio U_f : **1,200 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,050 W/(m K)**

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: **Brandizzo**

Anno di riferimento: **2019**

Zona climatica di riferimento: **E**

Trasmittanza serramento U_w : 1,281 W/(m² K)

Trasmittanza limite U_w : 1,900 W/(m² K)

VERIFICA: **OK**

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

SERRAMENTO: **TRF 06 70 x 185 cm (intervento)**

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **TRF 06 70 x 185 cm (intervento)**

Larghezza: **70 cm**

Altezza: **185 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

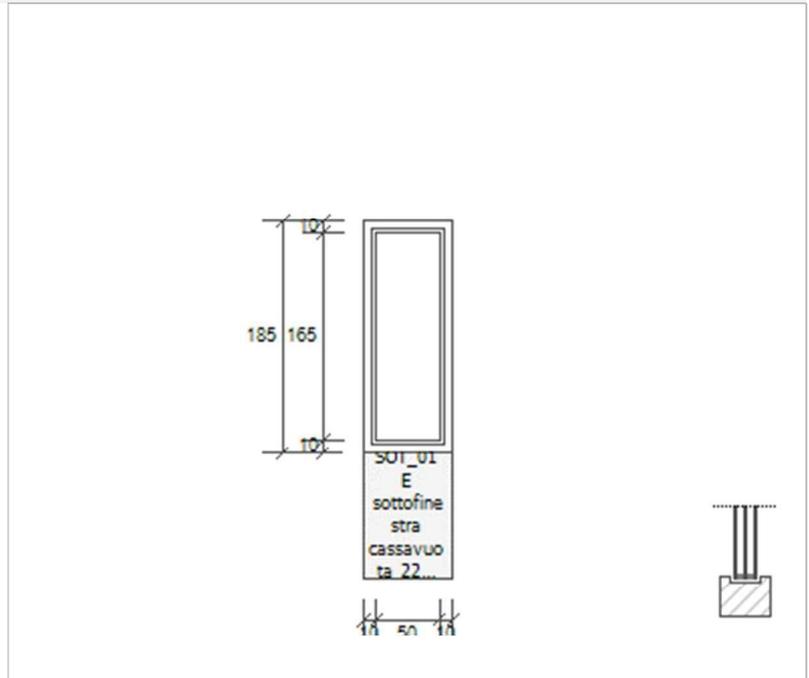
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **0**

Spessore divisioni verticali: **0 cm**

Numero divisioni orizzontali: **0**

Spessore divisioni orizzontali: **0 cm**



Area del vetro A_g : **0,825 m²**

Area del telaio A_f : **0,470 m²**

Area totale del serramento A_w : **1,295 m²**

Perimetro della superficie vetrata L_g : **4,300 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro triplo 4-12-4-12-4 (Argon)**

Tipologia vetro: **Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo**

Coefficiente di trasmissione solare g : **0,500**

Emissività ϵ : **0,837**

Trasmittanza termica vetro U_g : **1,132 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **PVC profilo vuoto**

Tipologia telaio: **Con cinque camere**

Spessore sf: **0 mm**

Distanziatore: **Plastica**

Trasmittanza termica del telaio U_f : **1,200 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,050 W/(m K)**

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : 0,000 (m² K)/W

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : 0,60

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: **Brandizzo**

Anno di riferimento: **2019**

Zona climatica di riferimento: **E**

Trasmittanza serramento U_w : 1,323 W/(m² K)

Trasmittanza limite $U_{w,limite}$: 1,900 W/(m² K)

VERIFICA: OK

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

SERRAMENTO: **TRF 32 185 x 185 cm (intervento)**

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome: **TRF 32 185 x 185 cm (intervento)**

Larghezza: **185 cm**

Altezza: **185 cm**

Disperde verso: **Esterno**

Spessore superiore del telaio: **10 cm**

Spessore inferiore del telaio: **10 cm**

Spessore sinistro del telaio: **10 cm**

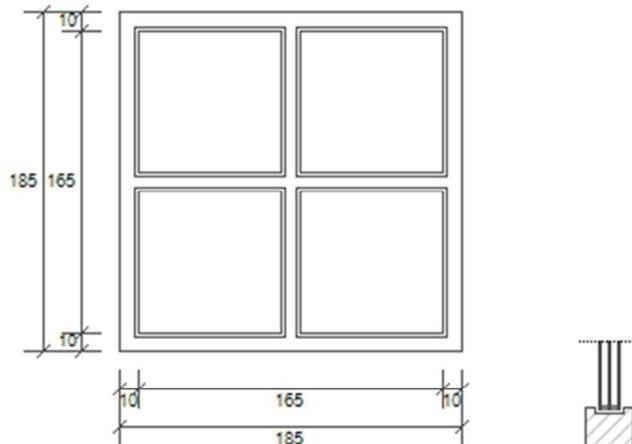
Spessore destro del telaio: **10 cm**

Numero divisioni verticali: **1**

Spessore divisioni verticali: **10 cm**

Numero divisioni orizzontali: **1**

Spessore divisioni orizzontali: **10 cm**



Area del vetro A_g : **2,403 m²**

Area del telaio A_f : **1,020 m²**

Area totale del serramento A_w : **3,423 m²**

Perimetro della superficie vetrata L_g : **12,400 m**

PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro: **Vetro triplo 4-12-4-12-4 (Argon)**

Tipologia vetro: **Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo**

Coefficiente di trasmissione solare g : **0,500**

Emissività ϵ : **0,837**

Trasmittanza termica vetro U_g : **1,132 W/(m² K)**

Telaio

Materiale: **PVC profilo vuoto**

Tipologia telaio: **Con cinque camere**

Spessore sf: **0 mm**

Distanziatore: **Plastica**

Trasmittanza termica del telaio U_f : **1,200 W/(m² K)**

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio ψ_{fg} : **0,050 W/(m K)**

PARAMETRI TERMICI DELLA CHIUSURA

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR : **0,000 (m² K)/W**

Frazione oraria di utilizzo della chiusura f_{shut} : **0,60**

VERIFICHE DEL SERRAMENTO

Verifica di trasmittanza

Comune di riferimento: **Brandizzo**

Zona climatica di riferimento: **E**

Anno di riferimento: **2019**

Trasmittanza serramento U_w : **1,333 W/(m² K)** Trasmittanza limite $U_{w,lim}$: **1,900 W/(m² K)**

VERIFICA: OK

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

D. Elaborazione dei ponti termici corretti

	Descrizione	Coefficiente lineico interno [W/m K]	Coefficiente lineico esterno [W/m K]	Rischio condensa	Rischio muffa
1	PT_01 E serramento su parete 40 cm	0,006	0,006	✓	✓
2	PT_02 E serramento su parete 30 cm	0,005	0,005	✓	✓
3	PT_03 E solaio pavimento - parete 40 cm	0,248	-0,038	✓	✓
4	PT_05 ZNR solaio pavimento - parete 20 cm	0,153	-0,159	✓	✓
5	PT_06 E cambio stratigrafia parete 40 cm	0,000	0,000	✓	✓
6	PT_07 E solaio interpiano - parete 40 cm	0,100	0,019	✓	✓
7	PT_08 ZNR solaio interpiano - parete 20 cm (rientrante)	-0,226	0,045	✓	✓
8	PT_09 E solaio interpiano - parete 40 cm (rientrante)	-0,216	0,033	✓	✓
9	PT_10 E solaio pavimento - parete 30 cm	0,097	-0,142	✓	✓
10	PT_11 E solaio interpiano - parete 30 cm (rientrante)	-0,189	0,031	✓	✓
11	PT_12 E solaio pavimento - parete 40 cm	0,185	-0,180	✓	✓
12	PT_13 E solaio interpiano - parete 30 cm (sporgente)	0,167	-0,110	✓	✓
13	PT_14 E solaio interpiano - parete 40 cm (sporgente)	0,169	-0,074	✓	✓
14	PT_15 E sporto - parete 40 cm	0,170	-0,072	✓	✓
15	PT_16 E copertura - parete 40 cm (rientrante)	-0,180	0,041	✓	✓
16	PT_17 E copertura - parete 40 cm	0,330	0,100	✓	✓
17	PT_18 E copertura - parete 30 cm	0,310	0,101	✓	✓
18	PT_20 E angolo sporgente pilastro 40 cm	0,173	-0,085	✓	✓
19	PT_21 E angolo rientrante pilastro 40 cm	-0,222	0,037	✓	✓
20	PT_22 E pilastro su parete 40 cm	0,017	0,017	✓	✓
21	PT_23 E angolo sporgente pilastro 30 cm	0,136	-0,068	✓	✓
22	PT_24 E angolo rientrante pilastro 30 cm	-0,172	0,032	✓	✓
23	PT_25 E pilastro su parete 30 cm	0,018	0,018	✓	✓
24	PT_27 E pilastro su parete 20 cm	0,017	0,017	✓	✓

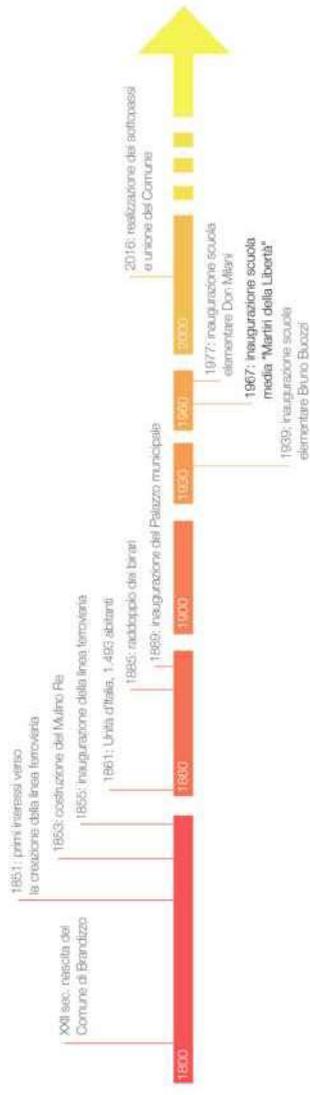
E. Elaborati grafici (formato A3)



legenda:

- confine comunale
- costruito
- aree concoliccate
- aree di interesse comunale
- verde comunale
- fiumi
- autostrade
- strade provinciali
- strade comunali
- alta velocità
- linea ferroviaria
- area industriali
- piste ciclabili
- case studio

LINEA DEL TEMPO: COMUNE DI BRANDIZZO



zone di interesse:

- scuola "Martiri della Libertà"
- scuole elementari
- asili
- stazione ferroviaria
- pista ciclabile
- percorso ciclo - pedonale
- edifici di interesse
- campi di calcio
- parchi ad aree verdi
- parco fluviale del Po
- campi sportivi
- parcheggi e piazze principali
- fermate bus
- percorso scuole media - fermata bus (450 m)
- percorso scuole media - stazione (700 m)
- sottopassaggi veicolari

FUNZIONI DI INTERESSE PUBBLICO SUL TERRITORIO COMUNALE

Sono presenti due campi da calcio regolamentari ad uso privato, uno a sud e uno a nord del Comune, piccoli campi da gioco e aree attrezzate limitrofe ai parchi. Un grande parco pubblico è collocato a est, nei pressi del parco fluviale del Po, il complesso del palazzetto sportivo viene spesso utilizzato per eventi o manifestazioni. Sono presenti una scuola media, oggetto di tesi, due scuole elementari, due scuole materne e un asilo nido.



foto 1: sottopassaggio veicolare



foto 2: pista ciclabile

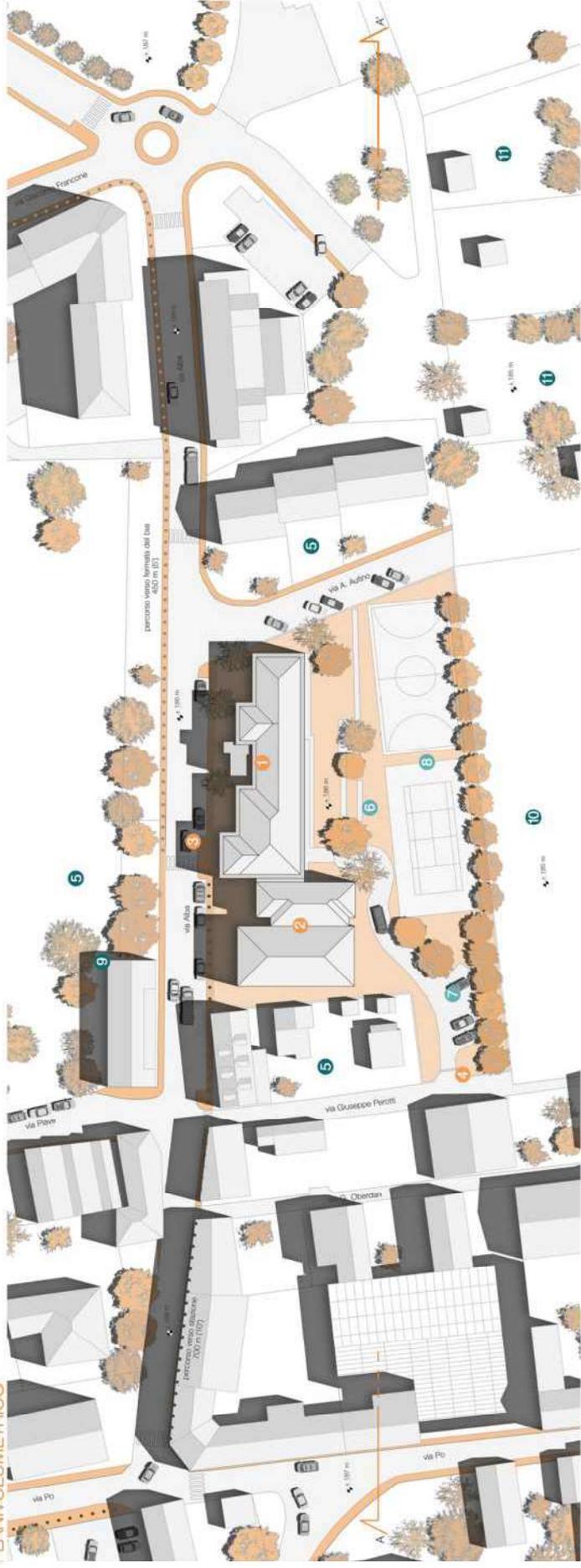


foto 3: parco pubblico



foto 4: percorso ciclo-pedonale

PLANIVOLUMETRICO



legenda:

- area di pertinenza scolastica
- 1 scuola, edificio aula (1966)
- 2 scuola, edificio laboratorio (1970)
- 3 ingresso principale
- 4 ingresso secondario
- 5 proprietà limitofila
- 6 giardino scolastico
- 7 parcheggio interno dipendenziale
- 8 attività sportive esterne
- 9 Casal comunale (socialità)
- 10 campi incastri limitati
- 11 campi agricoli
- percorso pedonale verso stazione ferroviaria
- percorso pedonale verso fermata bus



SEZIONE TERRITORIALE A-A



ANALISI SWOT

PUNTI DI FORZA E OPPORTUNITÀ

Suddivisione degli ambienti in base alle esigenze delle diverse utenze
 Buon orientamento del complesso scolastico per illuminazione e apporti gratuiti
 Ambienti ampi con grandi finestrate, permettendo il contatto con l'esterno
 Possibilità di recupero volumetrico aumentando la superficie disponibile
 Presenza di un accesso secondario per il personale scolastico e gli utenti esterni
 Suddivisione del sistema di riscaldamento in due impianti distinti
 Possibilità di ampliamento del giardino verso sud recuperando i campi incolti limitati
 Giardino scolastico privo di figurette esterne
 Alto tasso di vegetazione all'interno del giardino scolastico

PUNTI DI DEBOLEZZA E CRITICITÀ

Assenza di unità formale nel complesso scolastico
 Complesso poco accessibile ai possibili fruitori esterni
 Accesso principale di ridotte dimensioni
 Giardino di piccole dimensioni, poco curato e in stato di degrado
 Erezioni degli elementi edifici dell'involo esterno

Basso densità del costruito nell'interno della scuola
 Assenza di aree industriali e commerciali nel contesto della scuola
 Vicinanza con un grande parco e presenza del fiume Po
 Carezza di funzioni di interesse nel contesto urbano favorendo l'intervento
 Possibilità di creare un sistema integrato con le vicine aree di interesse presenti

Scuola disadattata, distante più di 1 km da alcune porzioni ovest del Comune
 Collegamento tramite mezzi pubblici scolastici dedicati assente
 La pista ciclabile presente a ovest, serve solo parte del Comune
 Percorso pedonale per raggiungere la scuola dal centro del Comune frammentato
 Caratterizzate dal quartiere di piccole dimensioni

OBIETTIVI PROGETTUALI

OBIETTIVI GENERALI

utilizzo delle risorse ambientali

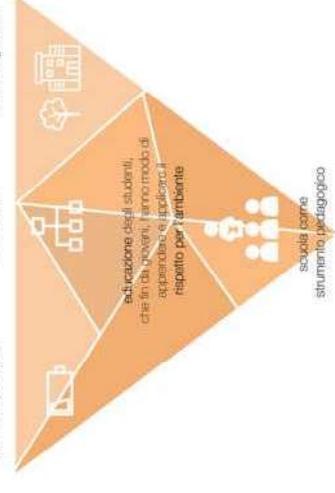
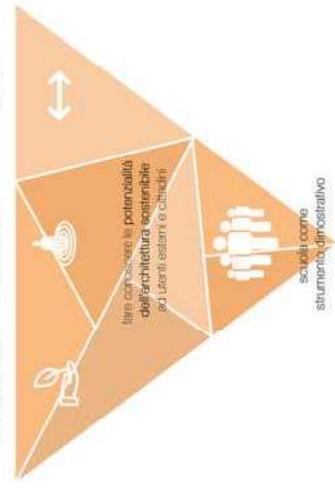
punto di riferimento per la comunità

scuola funzionale e flessibile

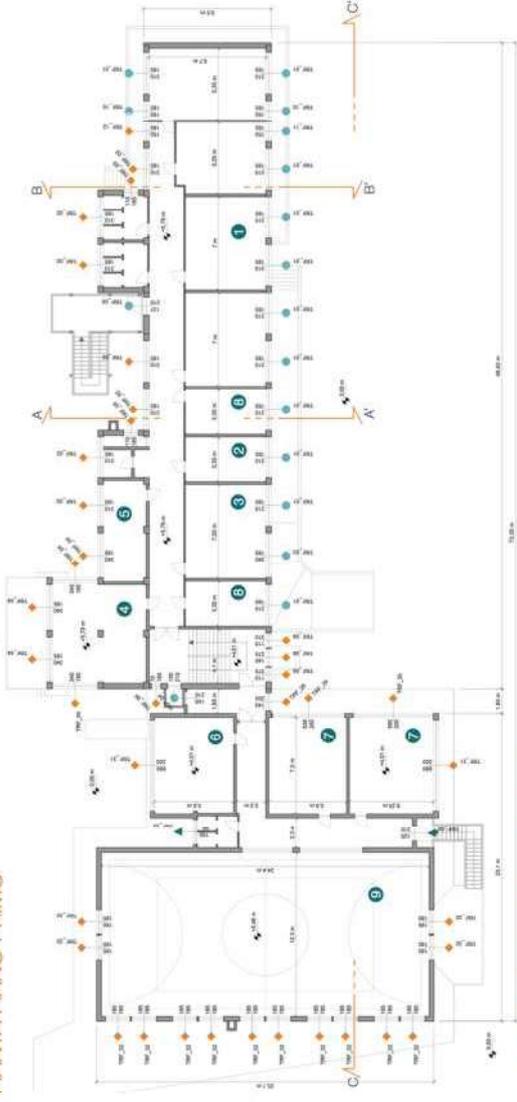
integrazione energetica dell'involo edificio

organizzazione dello spazio

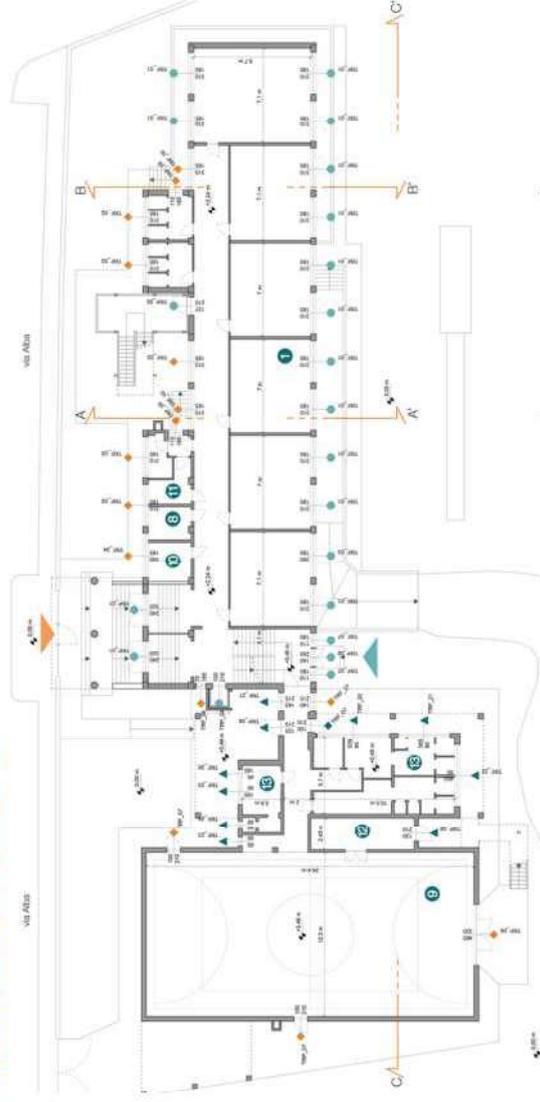
integrazione edificio - giardino



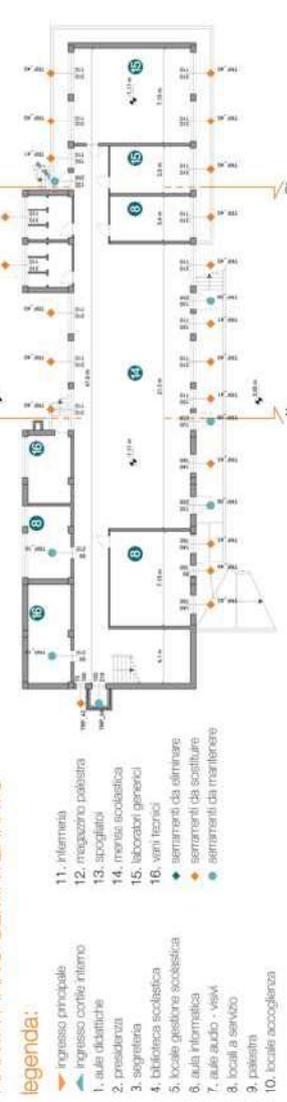
PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA PIANO TERRA E RIALZATO



PIANTA PIANO SEMINTERRATO



legenda:

- 11. infermeria
- 12. magazzino palestra
- 13. accogliata
- 14. mensa scolastica
- 15. laboratori generali
- 16. vari tecnici
- serramenti da eliminare
- serramenti da sostituire
- serramenti da mantenere
- 1. ingresso principale
- 2. ingresso cortile interno
- 3. aule didattiche
- 4. presidenza
- 5. segreteria
- 6. biblioteca scolastica
- 7. locale gestione scolastica
- 8. aula informatica
- 9. aula audio - visiv
- 10. locali a servizio
- 11. palestra
- 12. locale accoglienza

PROSPETTO SUD



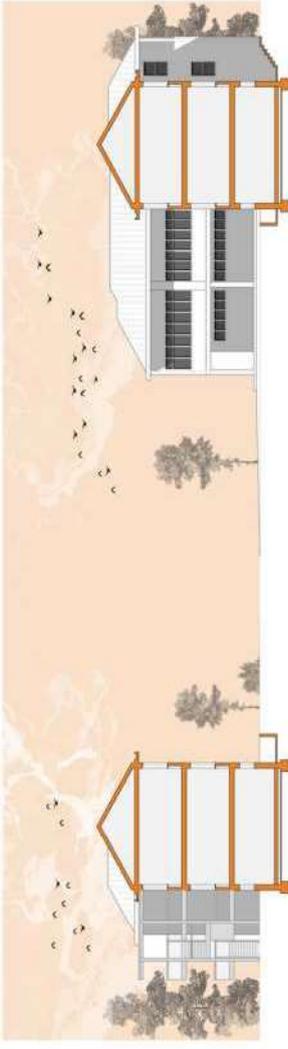
PROSPETTO NORD



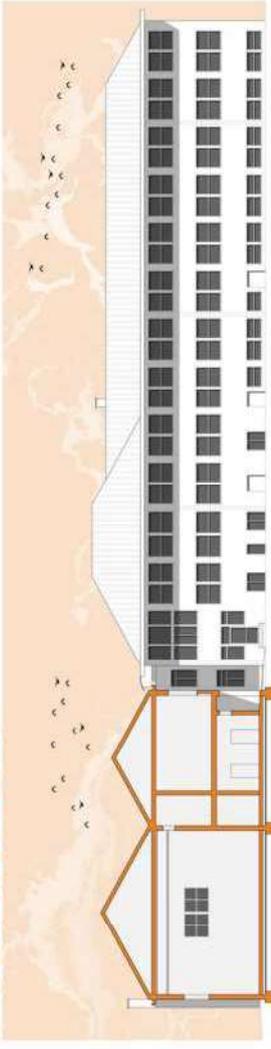
SEZIONE TRASVERSALE A-A'



SEZIONE TRASVERSALE B-B'



SEZIONE LONGITUDINALE C-C'



QUADRO ESIGENZIALE

REQUISITI NORMATIVI

SCHEMATIZZAZIONE DEL PROGETTO

AREA VERDE LIBERO

UTENTE INTERNO (STUDENTI)

Stimolare le potenzialità percettive e la curiosità tramite la realizzazione di ambienti vari e diversificati.



Promuovere una maggiore sensibilità ambientale nei giovani ragazzi.



Creare un contatto con la natura per migliorare il livello di benessere percepito e la qualità ambientale.



Avere a disposizione ambienti differenti da quelli classici didattici, come spazi di incontro e di confronto.



Favorire la percezione ritorno - esterno tramite aperture frequenti e percorsi agevoli.



Favorire la mobilità sostenibile e permettere di raggiungere l'istituto in sicurezza.



Diversificare gli accessi riducendo i rischi di interferenze.



UTENTE ESTERNO (QUARTIERO)

Avere un luogo di riferimento all'interno del quartiere, un edificio che possa diventare spazio di aggregazione sociale.



Avere un facile accesso al complesso, strutturato e di facile lettura.



Avere una maggiore fruibilità dei servizi offerti e degli ambienti pubblici all'interno del complesso scolastico.



Avere a disposizione un'area sprovvista nel caso di utilizzazione delle attrezzature sportive.



Avere a disposizione ambienti di sosta, un piccolo locale ristoro ed accessibilità ai servizi essenziali.



Migliore prestazioni degli elementi architettonici e delle prestazioni energetiche.



SCUOLA (SQUADRA SCOLASTICA)

Scuola raggiungibile tramite mezzi pubblici con tragitti di percorrenza massima tra i 15 e i 15'.



Numero di classi da 6 a 24, con un numero di alunni compreso tra 150 e 750.



Verifiche dimensionali delle aree presenti all'interno della struttura o dei minimi metri quadri richiesti per studenti.



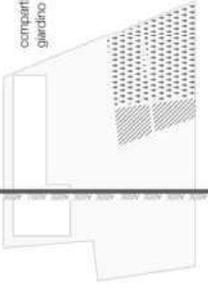
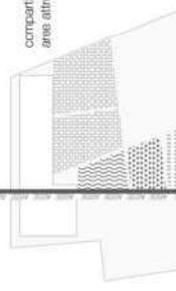
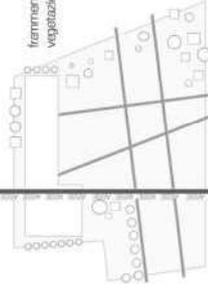
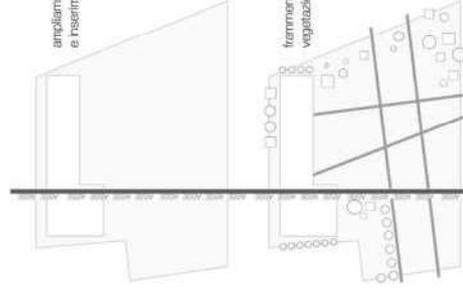
Verifica delle caratteristiche degli spazi per poter svolgere le attività in sicurezza e benessere fisico e psicologico.



Strutturazione della palestra come un ambiente flessibile e polifunzionale.



Migliori prestazioni degli elementi architettonici e delle prestazioni energetiche.



legenda:

- ▬ asse principale
- ▬ assi secondari
- - vegetazione
- - parcheggio interno
- ▨ area sportive
- ▨ verde naturale

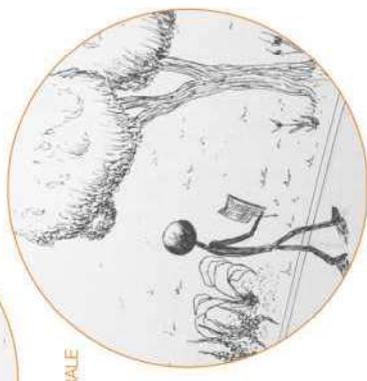
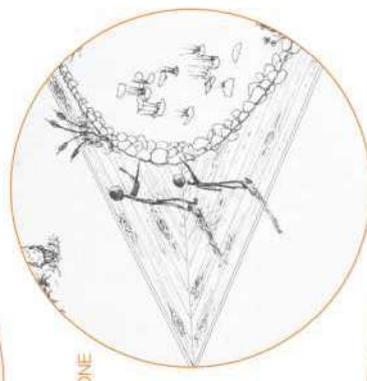
Si propone la creazione di un asse di collegamento tra l'esistente, via Alta, e l'interno della scuola, la posizione del giardino. Il fine è quello di rendere più accessibile il complesso ai studenti e cittadini, aumentare l'utilizzo anche in orari extrascolastici. Il giardino verrà ampliato verso sud.

Il giardino sarà strutturato come un percorso didattico. Man mano che ci si allontana dall'asse principale la sua composizione passerà dall'essenziale organica a dura, fino ad arrivare ad una prevalenza delle naturali.

La compartimentazione del giardino è alla base della sua composizione. Il sistema di assi genererà una serie di aree geometriche che contengono le diverse funzioni. A sinistra dell'asse si troverà l'area di servizio con relativo parcheggio veicolare e l'area sportiva.

L'area adiacente alla scuola sarà quella adatta a verde libero, una distesa di prato costituita da sesti purturali. In adiacenza ad essi si svilupperanno le seguenti aree: la vasca di idropulitura, l'aula all'aperto e il forno scolastico.

In questa porzione di giardino verranno creati due assi di verde a bassa manutenzione e l'area adatta a verde naturale, dove gli utenti potranno trascorrere il loro tempo libero.



INQUADRAMENTO TERRITORIALE



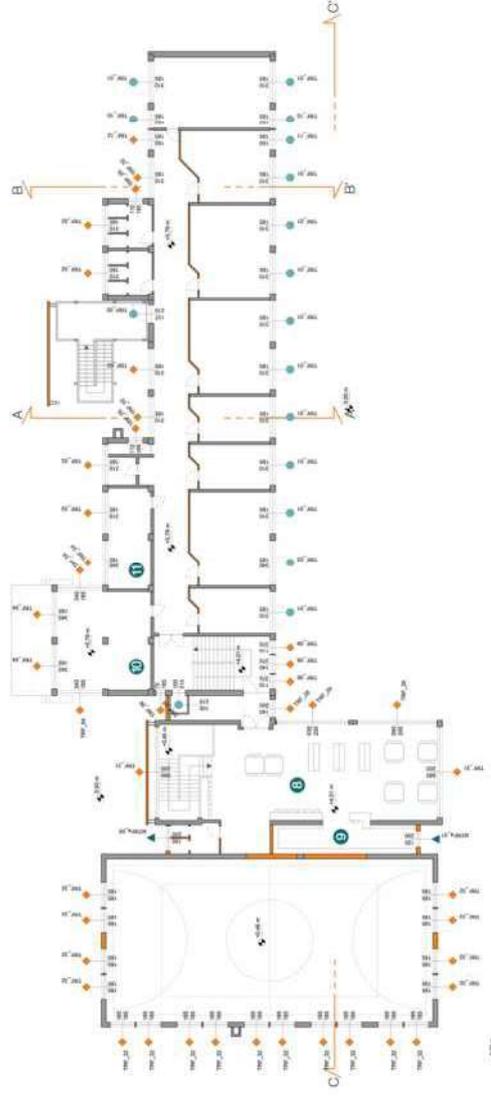
legenda:

- area di pertinenza scolastica
- asse distributivo
- percorsi pedonali
- 1 scuola, edificio sale (1966)
- 2 scuola, edificio laboratori (1970)
- 3 ingresso principale
- 4 ingresso secondario
- 5 giardino scolastico
- 6 area fitoripulazione
- 7 aula all'aperto
- 8 area pianifiaggio
- 9 area verde a bassa manutenzione
- 10 area sportiva
- 11 parcheggio interno
- 12 percorso pedonale verso stazione ferroviaria
- 13 percorso pedonale verso fermata bus

SEZIONE TERRITORIALE A-A'



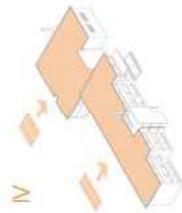
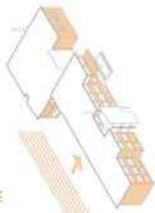
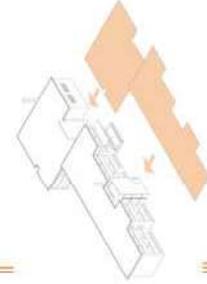
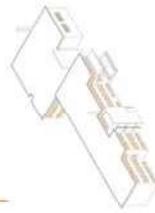
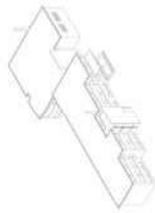
ESSENZE ARBOREE	alberi	alberi	verde a bassa manutenzione	alberi	piante decorative
Carino bianco albero caducifoglio	Typha angustifolia pianta erbacea perenne	Abelia grandiflora arbusto caducifoglio	Bignolero albero caducifoglio	Graminacee pianta perenne	
Eucalipto albero sempreverde	Scirpus pianta perenne	Cormiolo bianco arbusto caducifoglio	Acerio riccio albero caducifoglio	Ortensia pianta perenne	
Magnolia albero sempreverde	Junca effusus pianta perenne	Viburnum tinus arbusto sempreverde	Tiglio selvatico albero caducifoglio	Hosta pianta perenne	
	Eichornia crassipes pianta acquatica galleggiante	Nandina domestica arbusto sempreverde	Sorea pianta perenne		



PIANTA PIANO TERRA E RIALZATO



STATO DI FATTO



CLASSE ENERGETICA



SOSTITUZIONE SIERRAMENTI



ISOLAMENTO SOLAI DI PAVIMENTO E AMPLIAMENTO VOLUMETRICO



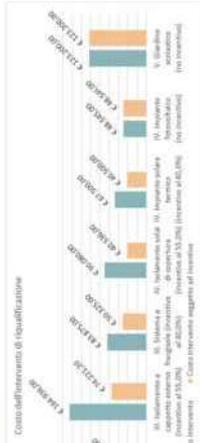
REALIZZAZIONE CAPOTTO ESTERNO E SISTEMA OMBREGGIANTE



ISOLAMENTO SOLAI DI COPERTURA E SISTEMI ENERGIA RINNOVABILE



COSTO DELL'INVESTIMENTO



RITORNO ECONOMICO DELL'INVESTIMENTO

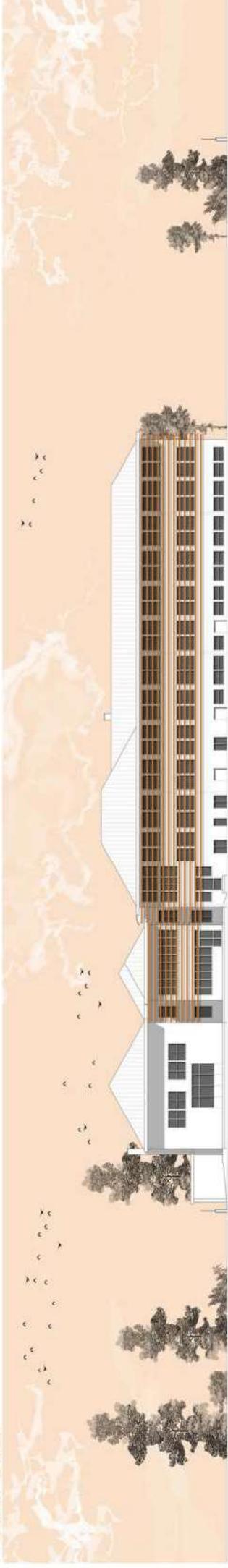
INTERVENTO NON SOGGETTO AD INCENTIVI

INTERVENTO SOGGETTO AD INCENTIVI

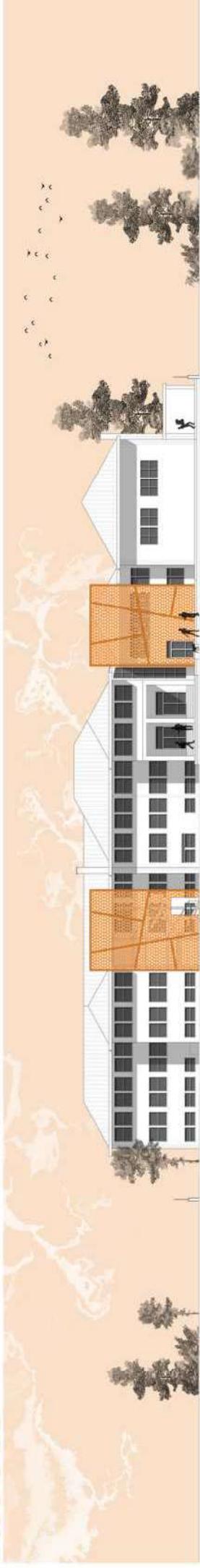
22,5 ANNI

15,5 ANNI

PROSPETTO SUD



PROSPETTO NORD



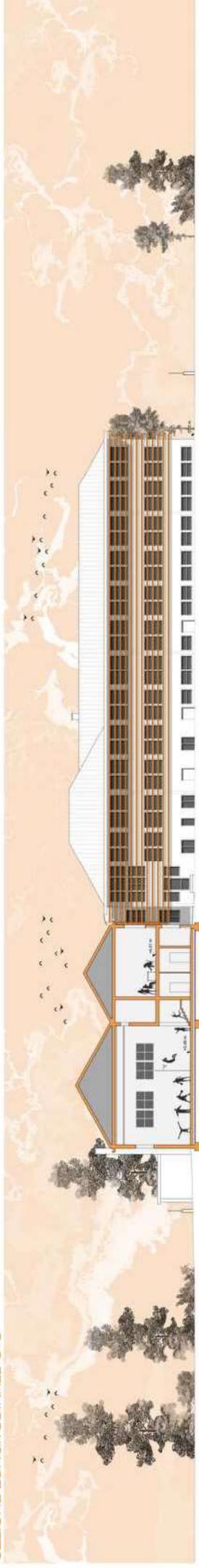
SEZIONE TRASVERSALE A-A'



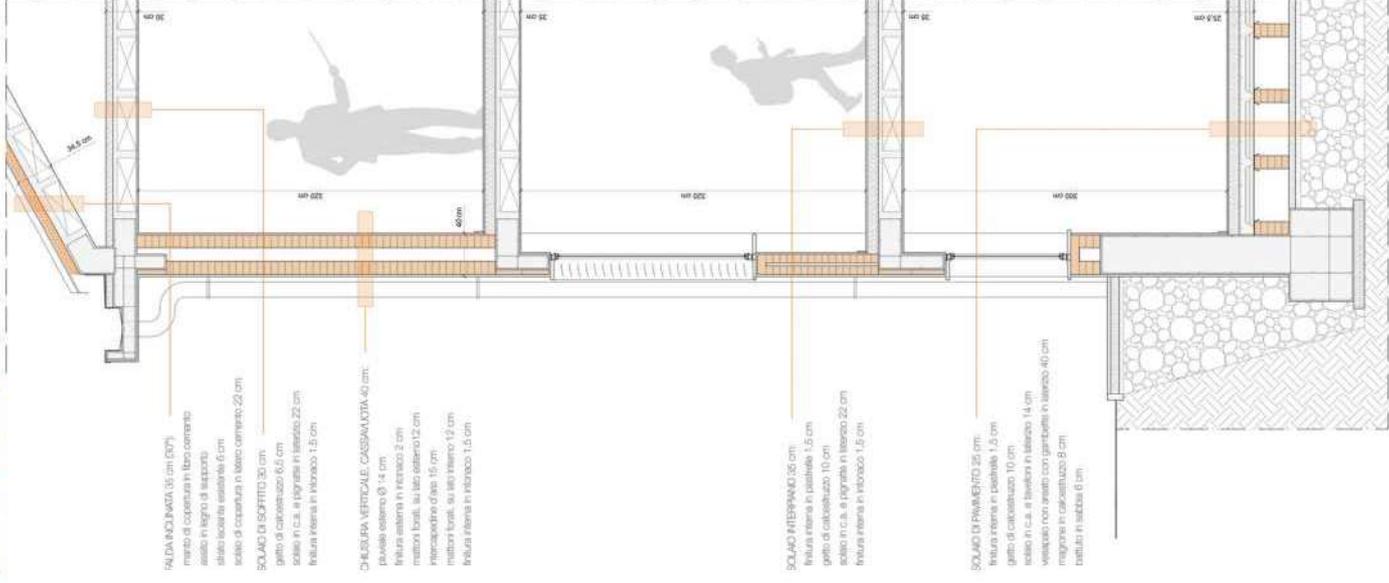
SEZIONE TRASVERSALE B-B'



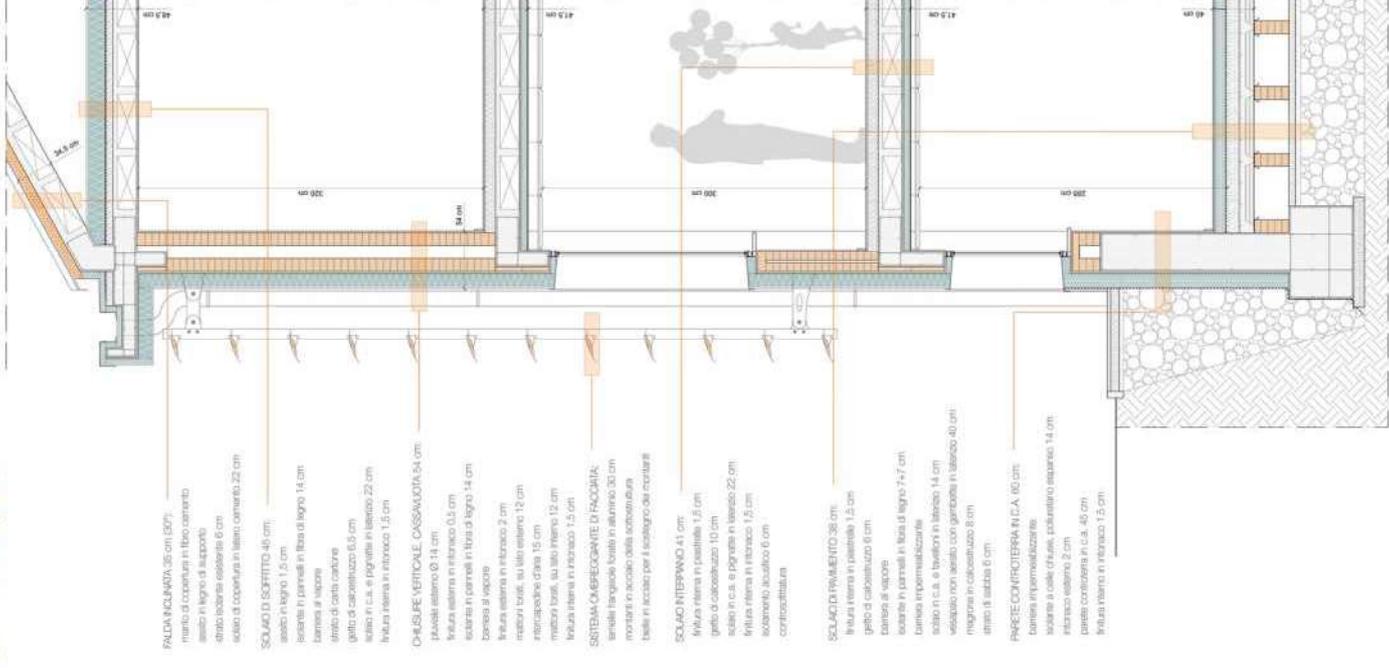
SEZIONE LONGITUDINALE C-C'



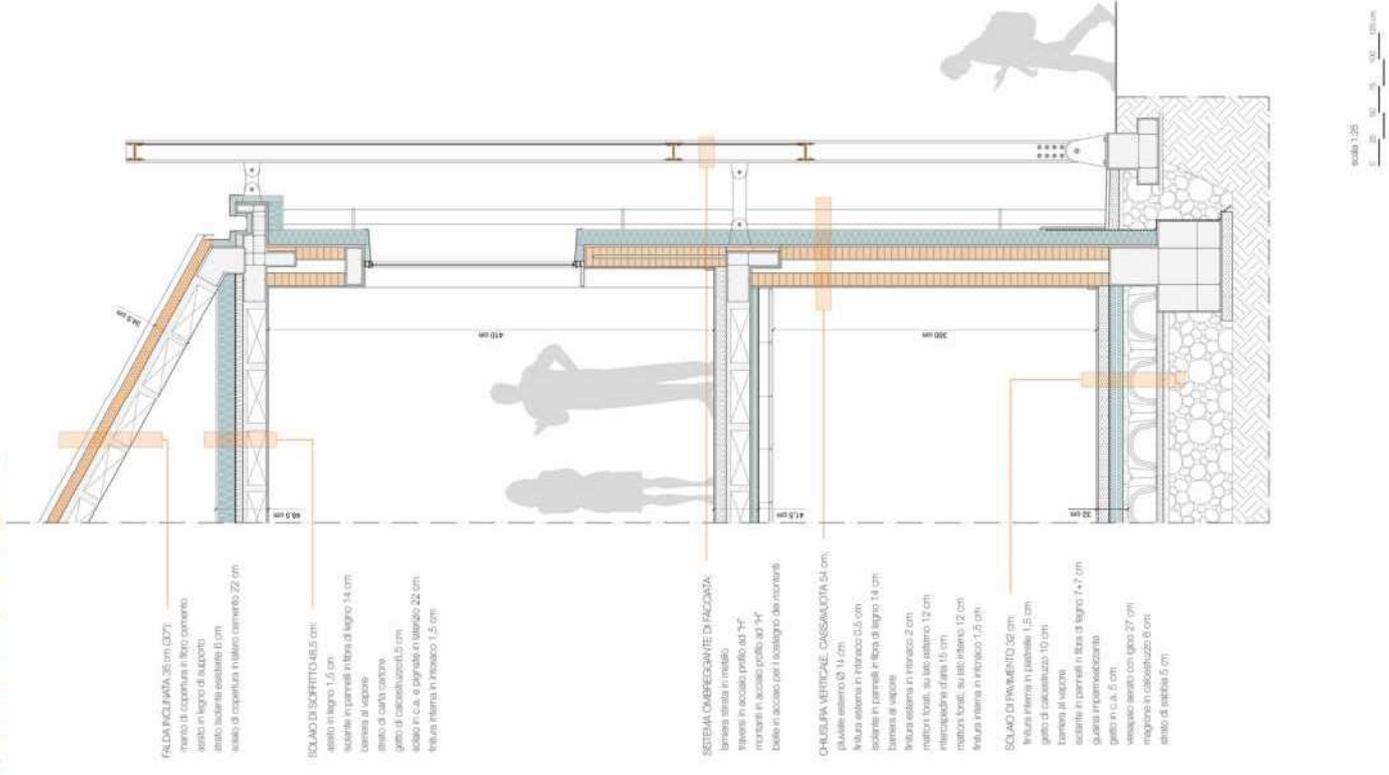
DETTAGLIO COSTRUTTIVO: STATO DI FATTO
porzione sud (aule)

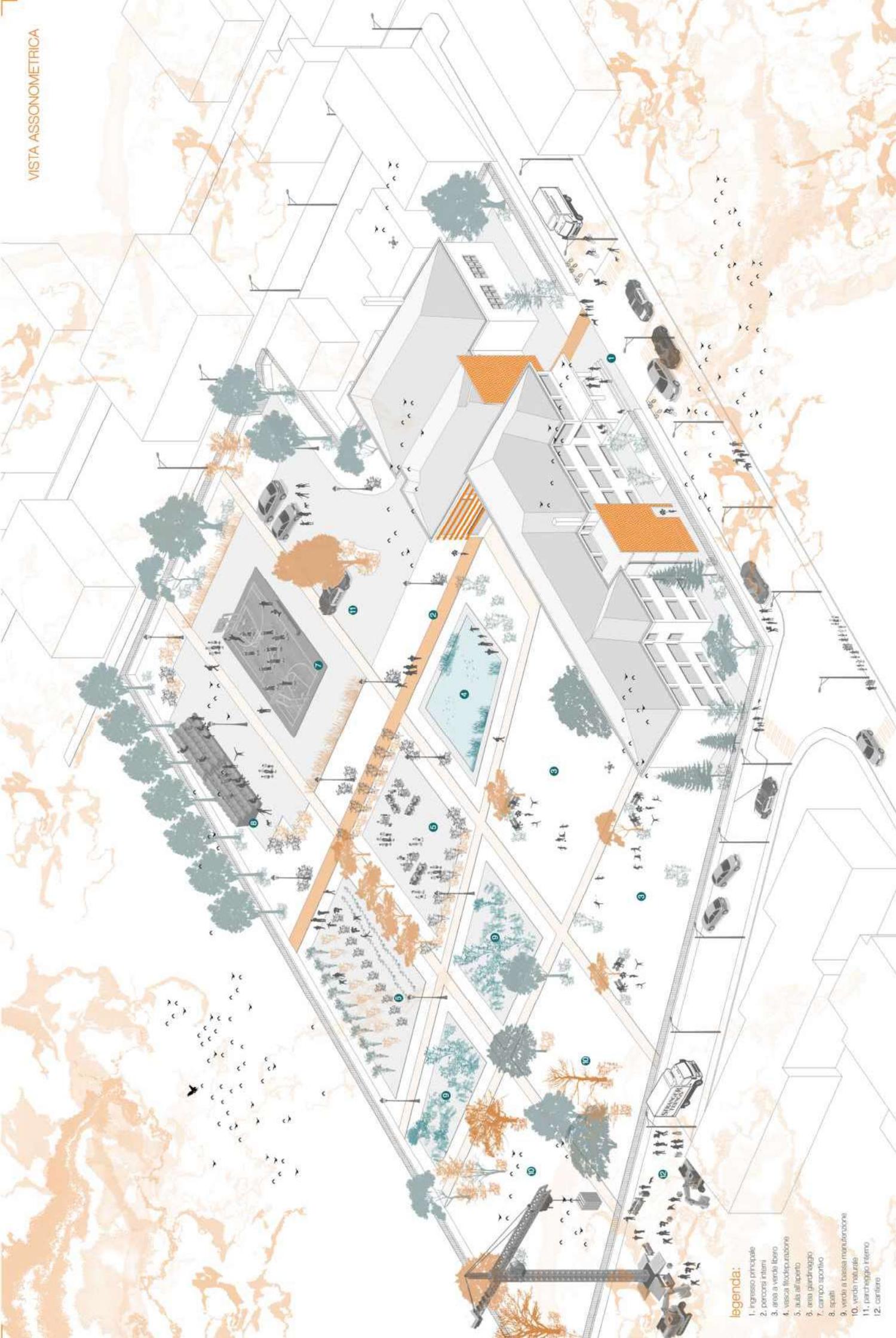


DETTAGLIO COSTRUTTIVO: PROGETTO
porzione sud (aule)



DETTAGLIO COSTRUTTIVO: PROGETTO
porzione nord (nuovo ingresso)





legenda:

1. ingresso principale
2. percorsi interni
3. area a verde libero
4. vasca (floodpavimento)
5. aula all'aperto
6. area giardinaggio
7. campo sportivo
8. spazi
9. verde a bassa manutenzione
10. verde naturale
11. parcheggio interno
12. cantiere

Bibliografia

Gianfranco Cavaglià, Andrea Bocco, *L'analisi fotografica e la comprensione del costruito: dalle patologie edilizie al progetto tecnologico*, Torino, Celid, 2001.

Tedesco Silvia, *Riqualificazione energetico ambientale del costruito: edifici scolastici*, Firenze, Alinea, 2010.

Luca Zevi, *Il Nuovissimo manuale dell'architetto*, Roma, Mancosu Editore, 2007.

Stefano Bruno, *Progettazione bioclimatica e bioedilizia. Manuale di architettura per edifici e impianti ecocompatibili*, Milano, Pirola - Sole 24 ore, 2002.

Annarita Ferrante, A. A. A. *adeguamento, adattabilità, architettura. Teorie e metodi per la riqualificazione architettonica, energetica ed ambientale del patrimonio edilizio esistente*, Milano, Bruno Mondadori, 2012.

Johannes Duiker, *Le scuole 1890 – 1935*, Roma, Clear, 1982.

Laura Guglielmi, Maurizio Petrangeli, *Scuole: secondarie superiori*, Roma, Mancosu Editore, 2011.

Francesco Petrini, *La crisi energetica del 1973. Le multinazionali del petrolio e la fine dell'età dell'oro (nero)*, in *Contemporanea*, n.3, 15, 2012, pp. 445-473B crisi petrolifera.

Rossella Esposti, Giorgio Galbusera, Alessandro Panzeri, Claudia Salani, *Prestazioni estive degli edifici. Guida pratica per capire e progettare il comfort e il fabbisogno estivo degli edifici*, Milano, ANIT, 2010.

Gian Luca Brunetti, Anna Delera, Ermanno Ronda, *Il risparmio energetico nell'edilizia residenziale pubblica. Politiche, progetti e strumenti*, Rimini, Maggioli Editore, 2011.

Ernesto Antonini, Andrea Boeri, *Progettare Scuole Sostenibili*, Monfalcone (GO), EdicomEdizioni, 2011.

Mario Grosso, *Il Raffrescamento Passivo degli Edifici, in zone a clima temperato*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2017.

Adrian Forty, *Parole e edifici, un vocabolario per l'architettura moderna*, Bologna, Pendragon, 2000.

Eleonora Oleotto, *Edifici scolastici ecocompatibili, progetti per una scuola sostenibile*, Monfalcone (GO), EdicomEdizioni, 2006.

Chin G., Marathe T., Robert L., *Doom or Vroom*, *Science*, 29 luglio 2011, (articolo).

Sitografia

- www.casa-naturale.com
Il green design
- www.climatealliance.org
Alleanza per il clima
- www.mimoa.eu
Mader high school
- www.bdrbureau.com
Riferimento scuola a Torino, "Enrico Fermi"
- www.torinofascuola.it
Riqualificazione torinese
- www.eco-schools.org.uk
Programma internazionale scuole
- www.news.bbc.co.uk
Articolo sulla situazione scuola in Gran Bretagna
- leonard-de-vinci-calais.savoirsnumeriques5962.fr
Scuola Leonardo Da Vinci, Francia
- www.tuttitalia.it
Statistiche demografiche
- www.tuttogreen.it/bioedilizia-che-cosa-vuol-dire
Bioedilizia
- italiasicura.governo.it
Dati Legambiente
- www.solaritaly.enea.it
Diagrammi soleggiamento di Brandizzo
- www.anit.it
Prospetti per la classificazione interventi
- biblus.acca.it/legge-di-bilancio-2019-le-principali-novita-per-cittadini-ed-professionisti
Notizie su legge di bilancio 2019
- www.portale4e.it/pa_guide_dettaglio.aspx?ID=1
Il quadro edilizio

- www.istat.it/it/files//2014/08/Nota-edifici-e-abitazioni_rev.pdf
Dati ISTAT
- dati-censimentopopolazione.istat.it/Index.aspx
Censimento ISTAT 2011
- www.tuttitalia.it/scuole
Catalogazione delle scuole
- www.legambiente.it/wp-content/uploads/ecosistema_scuola_2018.pdf
Dossier Legambiente 2018
- www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/raee-2016-versione-integrale.pdf
Dati ENEA 2016
- www.appuntidigitali.it/15959/il-sistema-elettrico-nazionale-analisi-dei-consumi
Consumi nazionali
- www.savonanews.it/2019/04/09/leggi-notizia/argomenti/attualit/articolo/andora-unaula-allaria-aperta-per-la-scuola-di-via-cavour-diverra-realta-grazie-al-progetto
Aula all'aria aperta
- www.provincia.novara.it/Urbanistica/EcologiaUrbana/24-VerdeScolastico.pdf
Giardino e aula all'aperto
- ec.europa.eu/programmes/horizon2020/node/115
Horizon2020
- www.presidiamo.eu/pon-2014-2020
Fondi indiretti o strutturali e fondi FSE e FESR
- www.istruzione.it/edilizia_scolastica/fin-mutui-bei.shtml
Mutui BEI
- quifinanza.it/info-utili/video/quante-scuole-in-italia/230879
Catalogazione delle scuole
- www.gfinance.it/bandolife2017
Programma LIFE
- www.researchitaly.it/horizon-2020
Programma HORIZON 2020
- www.eeef.eu/home-it.html
Programma EEEF

- www.regione.piemonte.it/urp
Decreto legge 28 settembre 2018
- www.anit.it/norma/dm-22-dicembre-2017-fondo-efficienza-energetica
Fondo nazionale per l'efficienza energetica
- www.anit.it/norma/nuovo-conto-termico-2016
Conto termico
- www.anit.it/norma/legge-bilancio-2018-ed-eco-bonus
Legge di Bilancio 2019
- www.ediliziascolastica.it/normativa/d-m-11-aprile-2013-linee-guida-del-miur-progettare-ledilizia-scolastica
Normativa in ambito scolastico
- www.teknoring.com/news/norme/progettazione-acustica-edilizia-pubblica-scolastica-uni-115322018
Nuova norma UNI acustica
- www.uni.com/index.php
Norme UNI
- www.guidafisco.it/conto-termico-domanda-1458
Conto Termico GSE 2019
- www.impresedilnews.it/10-scuole-da-copiare-esempi-virtuosi-di-edilizia-sostenibile-e-antisismica
Dieci scuole da seguire
- impact.startupitalia.eu/2019/03/20/piano-nazionale-integrato-energia-clima
Piano nazionale per il 2030 sull'ambiente
- ecomuseo.comune.parabiago.mi.it/agenda21/st_sost.htm
Summit e incontri mondiali sulla sostenibilità
- science.sciencemag.org/content/333/6042/538
Articolo "*Doom or Vroom*"
- www.arketipomagazine.it/gli-architetti-italiani-sulla-sostenibilita
Intervista agli architetti sulla sostenibilità
- www.rgs.it
Lamiere stirate
- www.etabeta-ninfee.it/impianti-di-fitodepurazione
Essenze vegetali per la fitodepurazione

- www.enerpoint.it/impianto/calcolo-azienda5.php?richiesta_info=18&id=154387&a=ab7d149765a0f274f7747de83d9522c0
Dimensionamento dell'impianto solare termico
- www.cornaviera.it/pagina.asp?codice=calcolo_co2_
CO2 prodotta con il gas metano
- www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/emission_trading/tabella_coefficienti_standard_nazionali_2011_2013_v1.pdf
CO2 prodotto tabella nazionale standard
- www.fotovoltaicosulweb.it/guida/inquinamento-ma-quanto-ci-costa-una-tonnellata-di-co2.html
Conseguenze dell'immissione in atmosfera della CO2
- www.modaedile.com/p/preventivo-lamelle-ovali-in-alluminio-40-x-300-mm.-per-frangisole-orientabile
Preventivo frangisole