

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA  
CAMPUS DI CESENA  
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO IN ARCHITETTURA

## **RIQUALIFICARE E PRESERVARE**

Progetto di riqualificazione sostenibile dell'  
Istituto Tecnico Industriale 'Marconi' di Forlì

Tesi di laurea in  
TECNOLOGIE SOSTENIBILI PER L'ARCHITETTURA II

Relatore  
Ernesto Antonini

Presentata da  
Maicol Bartolini  
Gabriele Mengozzi

Co-relatori  
Kristian Fabbri  
Andreina Maahsen Milan

Anno Accademico 2012-2013  
Sessione III



ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA  
CAMPUS DI CESENA  
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO IN ARCHITETTURA

## **RIQUALIFICARE E PRESERVARE**

Progetto di riqualificazione sostenibile dell'  
Istituto Tecnico Industriale 'Marconi' di Forlì

Tesi di laurea in  
TECNOLOGIE SOSTENIBILI PER L'ARCHITETTURA II

Relatore  
Ernesto Antonini

Co-relatori  
Kristian Fabbri  
Andreina Maahsen Milan

Presentata da  
Maicol Bartolini  
Gabriele Mengozzi

Anno Accademico 2012-2013  
Sessione III

Immagine della copertina tratta da Gianfranco Brusi, Annmaria  
Giornelli, Siro Ricca Rossellini ( a cura di),  
1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' -  
Istituto Tecnico Industriale "G.Marconi", Cesena 2000

# Sommario

<b>1</b>	<b>- ABSTRACT</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>- L'ITIS "G.MARCONI" DI FORLI'</b>	<b>3</b>
2.1	IL CONTESTO URBANO	3
2.2	CENNI STORICI	6
2.2.1	VIALE BENITO MUSSOLINI	11
2.2.2	L'ISTITUTO	23
2.3	IL PROGETTO ATRIUM	32
<b>3</b>	<b>- L'ISTITUTO IN DETTAGLIO</b>	<b>35</b>
3.1	SCHEDA TECNICA	35
3.2	GLI AMBIENTI	39
3.2.1	LA HALL DI INGRESSO	41
3.2.2	LE AULE	43
3.2.3	GLI UFFICI	47
3.2.4	LE OFFICINE	49
3.2.5	L'AULA MAGNA	53
3.3	DUE ELEMENTI DI PREGIO	55
3.3.1	LA CENTRALE TERMOELETTRICA STORICA	55
3.3.1.1	EVOLUZIONE STORICA DELLA CENTRALE	57
3.3.1.2	IL FUNZIONAMENTO	59
3.3.2	IL PAVIMENTO IN 'LEGNO DI TESTA'	64
<b>4</b>	<b>- CRITICITA' RISCONTRATE E METODI DI INTERVENTO</b>	<b>69</b>
4.1	VIALE DELLA LIBERTA'	69
4.2	EFFICIENZA ENERGETICA	75
4.2.1	STRATIGRAFIE	76
4.2.2	PRESTAZIONE ENERGETICA	81
4.2.3	STRATEGIE	84
4.3	IL BENESSERE DEGLI UTENTI	89

4.3.1	COMFORT VISIVO	90
4.3.1.1	DISOMOGENEITA' DELL'ILLUMINAZIONE NATURALE E FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO	93
4.3.1.2	STRATEGIE	98
4.3.2	LA QUALITA' DELL'ARIA	109
4.3.2.1	I RILEVAMENTI IN LOCO	113
4.3.2.2	STRATEGIE DI INTERVENTO	119
4.3.3	COMFORT ACUSTICO	121

## **5 - IL PROGETTO** 123

5.1	RIQUALIFICARE IL VIALE ALBERATO PIU' FAMOSO DI FORLI'	123
5.1.1	LE ALBERATURE: UN ELEMENTO ARCHITETTONICO	123
5.1.2	L'ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE	125
5.1.3	ADEGUAMENTO DEI MARCIAPIEDI CENTRALI	128
5.1.4	IDENTIFICAZIONE AL PUBBLICO DEGLI EDIFICI ATRIUM	129
5.2	RETROFIT ENERGETICO	134
5.2.1	TELERISCALDAMENTO	133
5.2.2	REPARTO OFFICINE: ISOLAMENTO DELLE CHIUSURE OPACHE	136
5.2.3	EDIFICIO PRINCIPALE: ISOLAMENTO DELLE CHIUSURE OPACHE	139
5.2.4	AULE E CORRIDOI: RIDUZIONE VOLUME RISCALDATO E INSTALLAZIONE PANNELLI RADIANTI	143
5.2.5	VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE	153
5.3	ADEGUAMENTO DEI LIVELLI DI CO <sub>2</sub> ENTRO I LIMITI NORMATIVI	155
5.3.1	PROGETTAZIONE DI MASSIMA DELL'IMPIANTO	159
5.4	BENESSERE VISIVO	164
5.4.1	L'ILLUMINAMENTO NATURALE	164

5.4.1.1	LIVELLO DI ILLUMINAMENTO NATURALE SUI PIANI DI LETTURA	164
5.4.1.2	RIDUZIONE DEL FENOMENO DI ABBAGLIAMENTO	166
5.5	BENESSERE ACUSTICO	167
5.5.1	ATTENUAZIONE DEL TEMPO DI RIVERBERO	167
5.5.2	RIDUZIONE DI INQUINAMENTO ACUSTICO PROVENIENTE DALL'ESTERNO	170
5.6	IL PORTALE: UN UNICO ELEMENTO, MOLTEPLICI FUNZIONI	171
5.6.1	L'EVOLUZIONE DELLE AULE	171
5.6.2	ILLUMINAMENTO NATURALE	174
5.6.3	SICUREZZA	177
5.6.4	COMUNICAZIONE	177
5.6.5	SENSIBILIZZAZIONE	179
5.6.6	GESTIONE DEGLI IMPIANTI	182
5.6.7	INTERATTIVITA' CON L'UTENZA	183
5.6.8	UNA SCELTA COMPATIBILE CON IL FUTURO	185
<b>6</b>	<b>- CONCLUSIONI</b>	187
<b>7</b>	<b>- BIBLIOGRAFIA</b>	189
<b>8</b>	<b>- ALLEGATI</b>	193
<b>9</b>	<b>- ELENCO DELLE TAVOLE</b>	195
<b>10</b>	<b>- RINGRAZIAMENTI</b>	197

# 1 - ABSTRACT

Oggetto di questa tesi è la riqualificazione dell'Istituto Tecnico Industriale Statale Giovanni Marconi di Forlì; riqualificazione intesa come efficientamento energetico dell'intero complesso, per farlo entrare in classe energetica A (<8 kWh/m³a), ed intesa anche, e soprattutto, come miglioramento delle condizioni di benessere degli utenti sotto più aspetti, come il comfort visivo, quello acustico, la qualità dell'aria interna, la sensibilizzazione dell'utenza su diversi aspetti (energetici, ambientali, storici) ed il rinnovo della comunicazione all'interno dell'istituto.

L'interesse per questo tema deriva direttamente dal lavoro svolto nel Laboratorio di Laurea in Architettura Sostenibile, di cui questa tesi è il naturale sviluppo, nato da una collaborazione pluriennale tra il comune di Forlì e il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna. Le richieste della "committenza" sono esplicabili in pochi punti:

- Mantenimento della destinazione d'uso dell'edificio
- Mantenimento dell'immagine e della matericità esterna del complesso
- Riqualifica di V.le della Libertà

Le richieste provenienti dal Laboratorio di Laurea si limitano al raggiungimento di una classificazione di tipo A per quanto riguarda le prestazioni energetiche dell'edificio, che a seguito di attente analisi e simulazioni risulta essere in classe C.

E' un edificio dalla storia importante, con un'autorevole identità, che padroneggia Viale della Libertà insieme ad altri edifici pubblici dai simili pregi storico-

architettonici.

Per questi ed altri motivi tutte le scelte operate per il raggiungimento degli obiettivi preposti sono state prese tenendo a mente questi valori che l'edificio ed il suo intorno urbano possiedono.

Un ulteriore aspetto preso in considerazione nell'elaborazione di questa tesi è quello che concerne la riqualifica di Viale della Libertà, il quale presenta numerosi aspetti critici che abbiamo affrontato con lo stesso rispetto per la storia usato per l'Istituto.

L'intento di questa tesi è quindi quello di conciliare il rispetto per l'ambiente con quello per le pre-esistenze, soprattutto quando hanno un elevato valore storico-architettonico, cercando di dimostrare che storia, sostenibilità ambientale ed innovazione possono conciliarsi: tre aspetti con cui sempre più spesso i progettisti debbono confrontarsi, dato il vastissimo parco architettonico esistente che possediamo e data l'impossibilità di ignorare l'impatto ambientale e gli sprechi energetici che questo patrimonio edilizio procura.



## 2 - L'ITIS "G.MARCONI" DI FORLÌ

### 2.1 IL CONTESTO URBANO

L'Istituto Tecnico Industriale Statale intitolato oggi a Giovanni Marconi è situato in una zona di prima espansione storica oltre le mura della città, in un'area di rilevante interesse storico-urbanistico per Forlì (fig. 2.1), capoluogo della provincia di Forlì-Cesena; città di medie dimensioni che conta una popolazione di 118.562 <sup>(1)</sup> abitanti.

La città rientra nella zona climatica D, con 2.087 gradi giorno e in zona 2 per quanto riguarda il rischio sismico. Si estende su di una superficie di 228 km<sup>2</sup>, sviluppando una densità di circa 520 ab/km<sup>2</sup>.

L'ingresso principale dell'istituto è sito in Viale della Libertà, importante asse carrabile e visivo che collega la stazione ferroviaria al Monumento ai Caduti di Piazzale della Vittoria.

L'edificio oggetto di questa tesi si trova quindi poco distante da una delle arterie carrabili più rilevanti della città, ovvero la via Emilia, ed a pochissime centinaia di metri dalla stazione ferroviaria e degli autobus, risultando così in una posizione strategica per il suo raggiungimento, sia con mezzi pubblici che privati.

I parcheggi (gratuiti) per le automobili sono presenti lungo tutto il viale nelle corsie marginali, e posizionati anche nelle vie laterali che cingono l'area di pertinenza dell'istituto.

La maggior parte degli studenti raggiunge la scuola tramite mezzi pubblici (prevalentemente bus), di cui è presente

---

(1) Dati anagrafe al 31.12.2012

una fermata proprio di fronte all'ingresso monumentale dell'istituto.

Questo è inserito all'interno di un "polo scolastico" urbano, formato dall'istituto stesso, dalla scuola elementare "Edmondo de Amicis" e dall'ex Collegio Aeronautico ora sede di una scuola secondaria inferiore ed

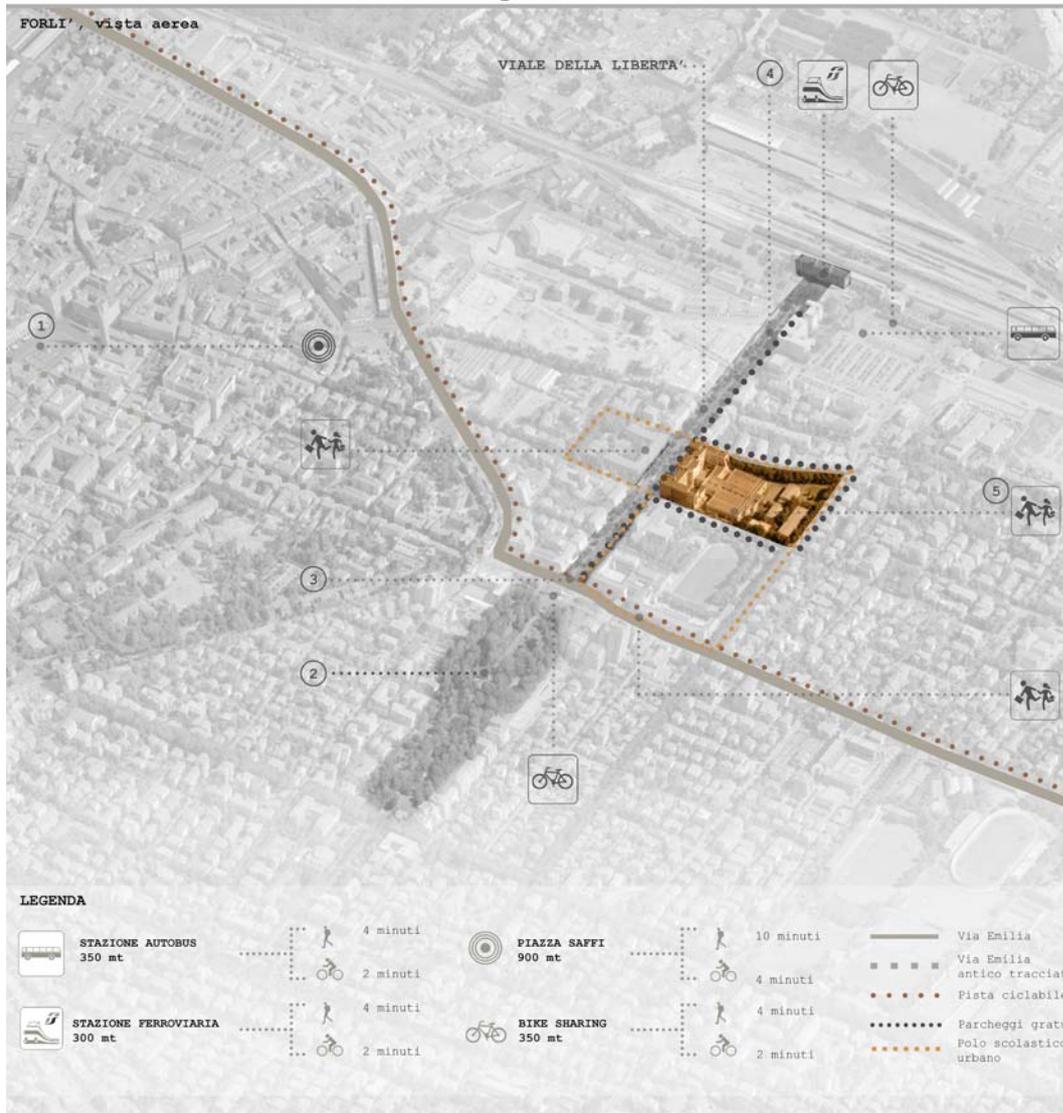


Fig. 2.1 - L'Istituto e l'intorno urbano

una superiore.

Oltre a questi edifici, lungo il viale sono presenti altri elementi di pregio storico, come l'ex casa G.I.L., sede di una palestra e di un cinema, ora in fase di restauro, le case economiche per ferrovieri e quelle per i postelegrafonici, un villino privato ed una coppia di case I.N.C.I.S.

Tutti elementi che testimoniano l'importanza pubblica che originariamente venne data al Viale, elemento di grande innovazione architettonica per l'epoca (fine anni '20 del XX secolo).

Si può dire che l'istituto è inserito in un'area urbana prevalentemente residenziale (con l'eccezione delle scuole menzionate), ben servita dalle infrastrutture principali, trovandosi quindi in una posizione di pregio per una scuola.

Il centro storico dista non più di 8-900 metri dall'Istituto, mentre al di là del P.le della Vittoria, a circa 400 metri dalla scuola, è presente un caratteristico giardino all'italiana di fine XIX secolo, completamente pubblico.

Da segnalare la presenza di piste ciclabili lungo la via Emilia, ma non lungo Viale della Libertà, nonostante siano presenti due punti di "bike sharing" in P.le della Vittoria e di fronte alla Stazione; questa mancanza è dovuta al fatto che l'impianto strutturale del viale è rimasto quello originale (40 metri di larghezza, divisi in 3 carreggiate e 4 marciapiedi): ovviamente in quegli anni non era assolutamente necessario prevedere corsie preferenziali per i ciclisti, data l'alta scarsità di mezzi automatizzati.

---

(1) Lo storico forlivese Sigismondo Marchesi (1625-1695) ha indicato come fondazione della città il 208 a.C.

(2) IL VIALE DELLA STAZIONE-Storia, immagini e studio tecnico della strada alberata più famosa di Forlì - Gianluca Laghi, Elio Vergari, Comune di Forlì, 1998, cit. pag. 14

## 2.2 CENNI STORICI

La città di Forlì, originariamente Forum Livii, venne fondata secondo la tradizione nel 188 a.C.<sup>(1)</sup> da Caio Livio Salinatore, figlio del console romano Marco Livio Salinatore, il quale sconfisse l'esercito cartaginese nel 207 a.C.

La zona su cui sorge l'istituto fa parte di un piano di prima espansione della città oltre le mura storiche che, come in altre realtà italiane, furono quasi totalmente abbattute nei primi anni del XX secolo (fig. 2.2). Al loro posto vennero realizzate arterie carrabili che ancora oggi formano la rete di circonvallazione del centro storico, come v.le Matteotti, v.le Vittorio Veneto, v.le Italia e v.le Salinatore.

La municipalità di Forlì all'inizio dello scorso secolo cominciò a progettare un piano di "spostamento" della popolazione dal centro storico (che presentava evidenti problemi di vivibilità) alle zone più periferiche; bisogna anche tenere conto del consistente sviluppo industriale che l'Italia dell'epoca stava vivendo, con la conseguente necessità di ampliamento ed adeguamento delle città a questo nuovo tipo di edilizia.

Per capire a fondo il nuovo assetto urbanistico (fig. 2.3) che la città stava per assimilare, occorre citare obbligatoriamente la costruzione della nuova Stazione Ferroviaria (fig. 2.4).

L'ipotesi di restaurare quella esistente (situata di fronte a quella che si chiamava Porta S.Pietro) venne scartata a priori "poichè non avrebbe consentito il razionale innesto di una nuova linea per l'Italia Centrale"<sup>(2)</sup>, rendendo così necessaria la costruzione di una stazione più grande e moderna, da posizionare nell'area che tutt'ora occupa.

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit. Cit. pag. 14

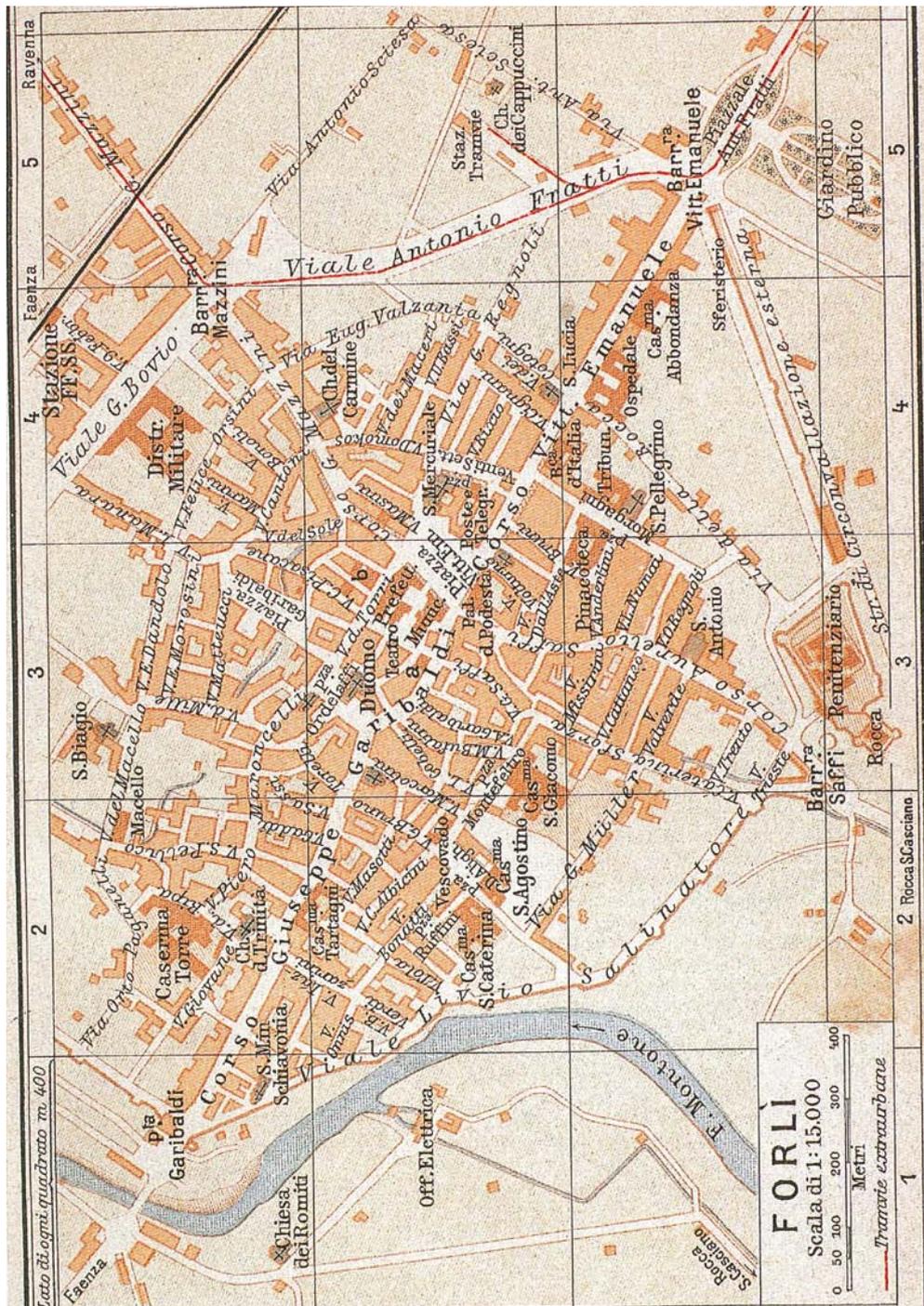


Fig. 2.2 - Pianta di Forlì fra il 1912 ed il 1914, Guida d'Italia del Touring Club Italiano (Foto Liverani) <sup>(1)</sup>

(1) STORIA DI FORLÌ' IV - L'età contemporanea - Angelo Varni (a cura di) Cassa dei Risparmi di Forlì, Nuova Alfa Editoriale, Bologna, 1992

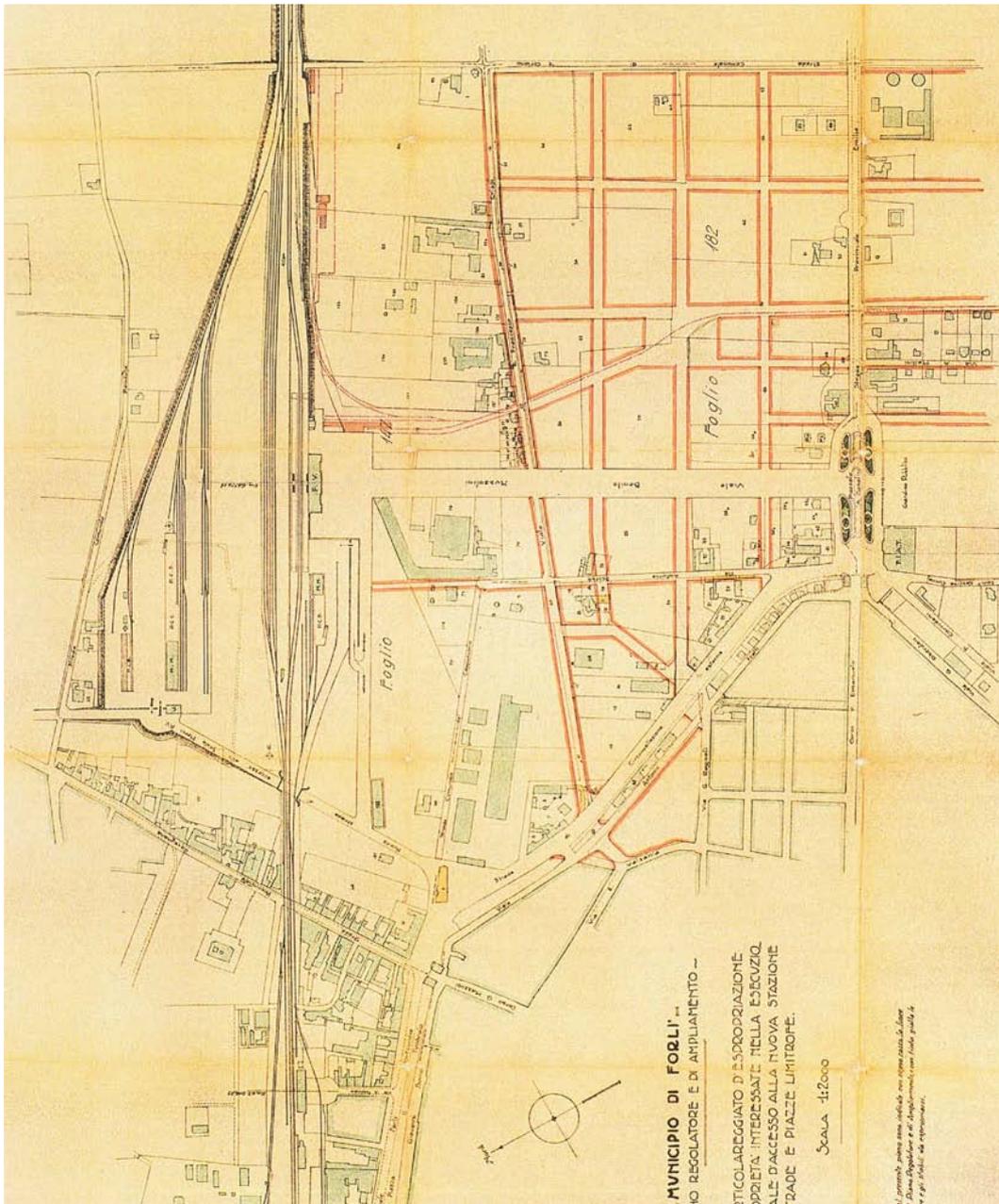
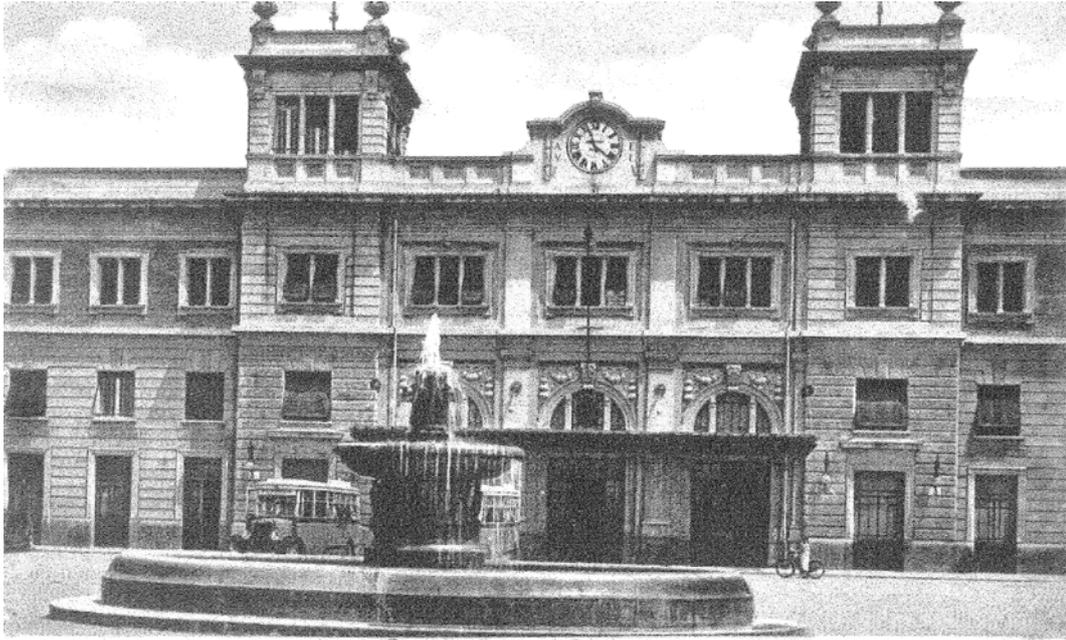


Fig. 2.3 - Piano Regolatore e d'ampliamento per la città di Forlì (1927-1931) <sup>(1)</sup>

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLÌ' - ( a cura di) Gianfranco Brusi, Annmaria Giornelli, Siro Ricca Rossellini, Istituto Tecnico Industriale "G.Marconi", Cesena 2000



*Forlì - Stazione Ferroviaria.*

Fig. 2.4 - Cartolina della Nuova Stazione Ferroviaria (raccolta Gilberto Giorgetti) <sup>(1)</sup>

Si rese così necessaria, secondo l'amministrazione dell'epoca, la costruzione di un adeguato asse carrabile che collegasse gli ingressi dei Giardini Pubblici e della nuova Stazione: "Col progetto di spostamento del fabbricato dei viaggiatori..., sarà possibile aprire, di fronte al giardino pubblico, un ampio viale alberato d'accesso alla nuova stazione, di modo che la zona attigua di ampliamento della città, prevista dal piano regolatore, sarà valorizzata..."<sup>(1)</sup>

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.



MAPPA EGNORAZIONE

- 1  
**STAZIONE FERROVIARIA**  
 Anno: 1925  
 Progettista: EUGENIO BIANCHI
- 2  
**CASE ECONOMICHE PER POSTELEGRAFONICI**  
 Anno: 1931  
 Progettista: EUGENIO BIANCHI
- 3  
**CASE I.N.C.I.S.**  
 Anno: 1933  
 Progettista: PAOLO ANGELLA
- 4  
**I.T.I.S. "A. MUSSOLINI"**  
 (ora "Marconi")  
 Anno: 1940  
 Progettista: ARNALDO FUSI
- 5  
**SCUOLA ELEMENTARE "M. MUSSOLINI"**  
 (oggi "Edmondo de Amicis")  
 Anno: 1932  
 Progettista: ARNALDO FUSI
- 6  
**EX CASA DELLA GIOVENTU' ITALIANA LITTORIA**  
 Anno: 1935  
 Progettista: CESARE VALLE
- 7  
**CASE ECONOMICHE PER FERROVIARI**  
 Anno: 1933  
 Progettista: EUGENIO BIANCHI
- 8  
**VILLINO BONI**  
 Anno: 1933  
 Progettista: BRUNO Zevi
- 9  
**EX COLLEGIO AERONAUTICO G.I.L. "BENITO MUSSOLINI"**  
 Anno: 1941  
 Progettista: CESARE VALLE
- 10  
**MONUMENTO AI CADUTI**  
 Anno: 1928  
 Progettista: CESARE BAZZANI

### 2.2.1 VIALE BENITO MUSSOLINI

Come appena visto, il viale nasce grazie alla costruzione della nuova stazione ferroviaria e come precisa volontà di realizzare un'asse sia carrabile che visivo tra i giardini pubblici (comprendendo così anche quello che poi verrà chiamato P.le della Vittoria) e l'ingresso del nuovo scalo ferroviario della città.

Bisogna ricordare inoltre che i canoni architettonici dei piani di espansione delle città dell'epoca si rifacevano a quelli maestosi e pieni di spazi aperti di stampo francese del diciassettesimo secolo; per questo motivo il progetto del viale è chiaramente un richiamo ai "boulevard" francesi, di cui oggi è l'unico esempio rimasto in Italia<sup>(1)</sup>.

Il primo progetto venne presentato nel 1925, con qualche differenza rispetto a quello che poi sarà realmente realizzato.

Inizialmente il progetto prevedeva una carreggiata centrale larga 16 m, e due marciapiedi laterali rialzati di 8 m ciascuno, per una larghezza complessiva di 32 m.

Un anno dopo, nel dicembre 1926, Luigi Donzelli e Pietro Marconi presentarono una variante al progetto, per rispondere meglio "al concetto che l'Amministrazione si era preposto di conseguire: e cioè, al massimo decoro quale si conviene all'importanza della nuova zona..."<sup>(2)</sup>.

La variante prevedeva modifiche sostanziali (fig. 2.5), che saranno poi quelle definitive: una larghezza complessiva di 40 m, divisi in una carreggiata centrale a doppio senso di marcia larga 13,5 m, due marciapiedi centrali larghi 5,75 m ciascuno, affiancati ognuno da una carreggiata a singolo senso di marcia larga 5 m, cui fa seguito un marciapiede di

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit. Cit. pag. 14

(2) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit. Cit. pag. 17

2,5 m che cinge gli edifici posti lungo il viale.

Ogni marciapiede centrale di quasi sei metri di larghezza prevedeva inoltre un doppio filare di lecci<sup>(1)</sup>, ognuno dei quali circondato da un'aiuola recintata da due bordini in cemento<sup>(2)</sup>. Le sedute erano, e sono tutt'ora, realizzate in cemento, mentre l'impianto di illuminazione era formato da pali "a pastorale".

---

(1) Nel progetto iniziale al posto dei lecci, erano previsti dei platani, con aiuole sempre verdi tra un albero e l'altro. Inoltre gli alberi erano posizionati in doppi filari non sfalsati

(2) Ora gli alberi sono circondati da un doppio anello formato da cubetti di porfido di dimensioni 8x10 cm

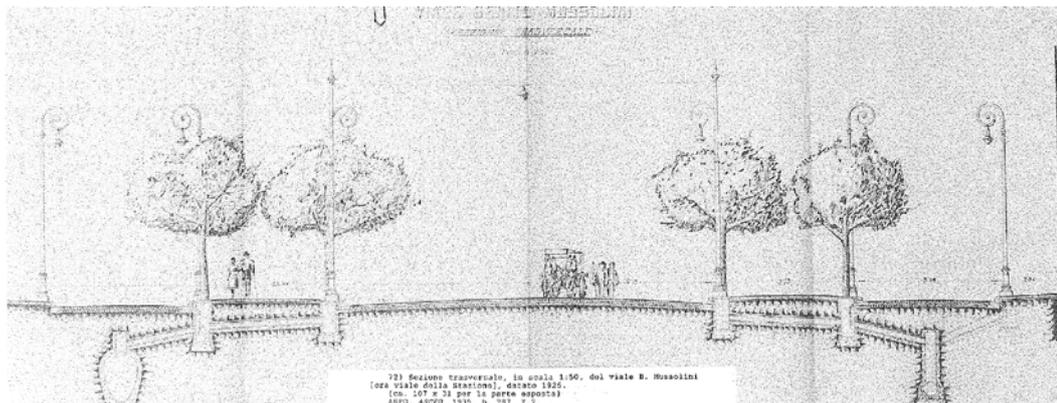


Fig. 2.5 - Viale Benito Mussolini, primo sezione trasversale della prima variante al progetto, 1926. Raccolta Archivio di Stato <sup>(1)</sup>

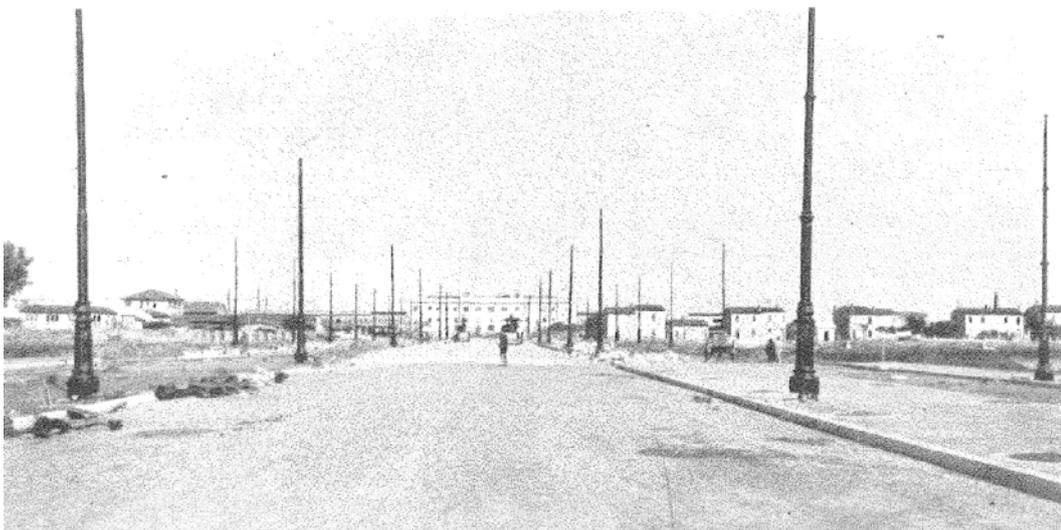


Fig. 2.6 - Viale Benito Mussolini, stato di fatto al 20.10.1927 (foto Giorgio Liverani) <sup>(2)</sup>

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.  
 (2) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.

Nell'ottobre del 1927 venne inaugurato il viale, ma i lavori di completamento si protrassero fino al novembre dell'anno successivo, quando venne definitivamente ultimato, con una carreggiata centrale più stretta di un metro rispetto alla variante (12,5 m) e i due marciapiedi centrali più larghi di mezzo metro ciascuno, arrivando così a 6,25 m.

Vennero installati 316 lecci, di cui 250 posti lungo i marciapiedi centrali, mentre 34 sedute in granito con supporto di cemento presero posizione lungo tutto il viale.

L'illuminazione fu affidata, nella parte centrale, da lampade a sospensione, mentre nelle parti laterali da pali "a pastorale", che nel 1934 rimpiazzarono quelli installati nella carreggiata centrale. <sup>(1)</sup>

Il collaudo avvenne il 30 maggio 1930 e, come per moltissime altre opere pubbliche di rilevanza in quegli anni, il viale venne intitolato al "Grande Figlio di questa Terra da Lui prediletta"

Completato il viale poterono cominciare a prendere piede i progetti monumentali previsti in questa zona, tutt'ora presenti.

Tra il 1928 ed il 1941 videro la luce:

- il Monumento ai Caduti in piazzale della Vittoria (1928) (fig. 2.7)
- la fontana monumentale (1929) posta di fronte all'ingresso della stazione, poi distrutta da un bombardamento (fig. 2.8)
- le Case Economiche per Postelegrafonici (1931)
- la scuola elementare Rosa Maltoni Mussolini (1932), a firma dell'ing. Fuzzi (fig. 2.9)
- le case Economiche per Ferrovieri e I.N.C.I.S., insieme all'unico edificio privato costruito in quegli anni, il villino Boni (1933)
- la Casa dell'Opera Nazionale Balilla, poi diventata casa della Gioventù Italiana Littoria (1935) (fig. 2.10)

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.

- il Regio Istituto Tecnico Industriale intitolato ad Alessandro Mussolini, padre di Benito (1941), progettato dall'ing. Arnaldo Fuzzi <sup>(1)</sup>, amico personale del Duce e segretario federale di Forlì dal 1929 al 1931 (fig. 3.11)
- il Collegio Aeronautico della Gioventù Italiana Littoria (1941) ad opera di Cesare Valle, ora sede di una scuola secondaria inferiore ed una superiore (fig. 2.12)

---

(1) Complessivamente, nella città di Forlì, il Fuzzi progetta: l'ITIS A.Mussolini, la scuola elementare R.M.Mussolini, la Stazione Agraria di P.le Vittoria e gli edifici I.N.A. in P.le Ravaldino



Fig. 2.7 - Monumento ai Caduti di Piazzale della Vittoria, 1928 ca, raccolta Biblioteca Comunale <sup>(1)</sup>



Fig. 2.8 - Fontana di fronte alla stazione, 1938 ca (foto Zoli)  
<sup>(2)</sup>

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.  
(2) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.

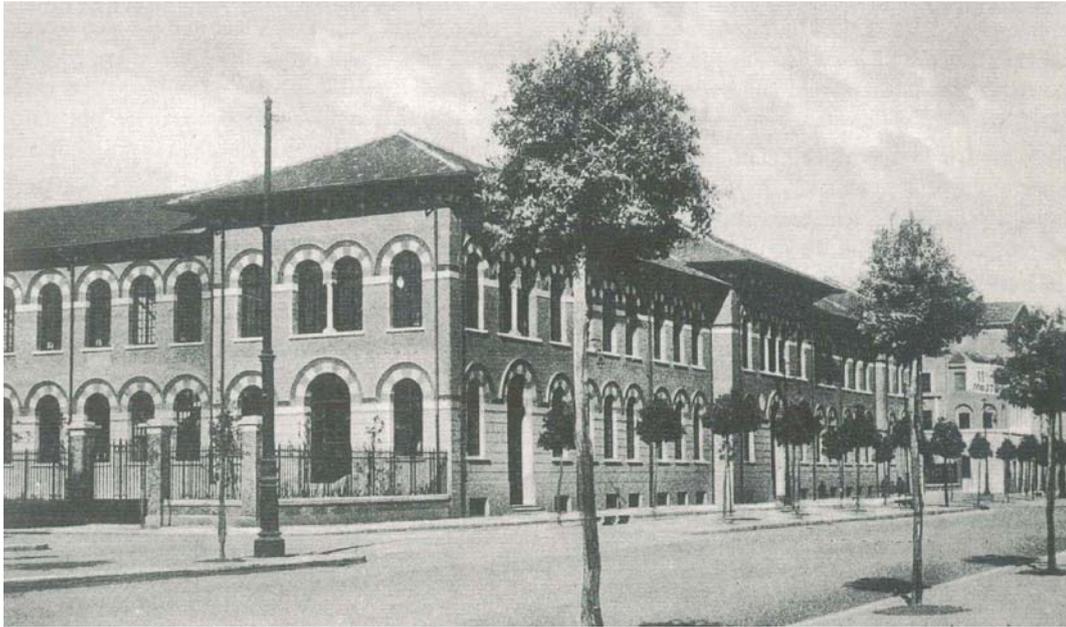


Fig. 2.9 - Scuola Elementare Rosa Maltoni Mussolini, A.Fuzzi  
(foto Zoli) <sup>(1)</sup>

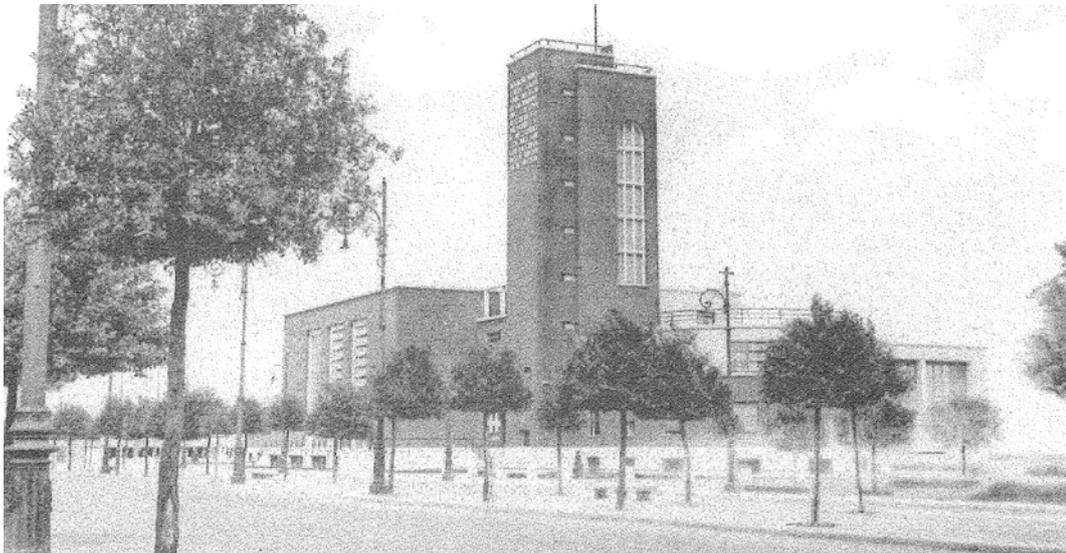


Fig. 2.10 - Casa G.I.L. 1938 ca, Cesare Valle (raccolta Ennio  
Gelosi) <sup>(2)</sup>

---

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' - op.cit.  
(2) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.



Fig. 2.11 - Regio Istituto Tecnico Industriale A. Mussolini,  
1940, Arnaldo Fuzzi (foto Zoli) <sup>(1)</sup>



Fig. 2.12 - Ex Collegio Aeronautico della G.I.L., Cesare Valle  
(foto Liverani) <sup>(2)</sup>

---

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' - op.cit.

(2) STORIA DI FORLI' IV - L'età contemporanea op.cit.

Nel 1935 il nome del viale, sotto esplicita richiesta del Duce, venne cambiato in "viale XXVIII Ottobre", in memoria della Marcia su Roma <sup>(1)</sup>.

Cinque anni dopo vennero aggiunte delle aiuole "a cornice" lungo i marciapiedi centrali, sia per abbellire "con una nota gaia e verdeggiante" il viale, sia per "agevolare lo sviluppo, per la maggiore aerazione che le aiuole consentono, del bellissimo viale dei lecci" <sup>(2)</sup>.

Terminato il secondo conflitto mondiale, l'amministrazione comunale cambiò il nome del viale, intitolandolo alla "libertà", denominazione ancora oggi presente.

A cavallo degli anni '50 e '60 il viale visse il suo periodo di maggior splendore; gli alberi entrarono in un'età adulta e vennero sagomati per fornire loro una caratteristica forma a "galleria" al di sotto delle folte chiome. (fig. 2.13)

Nel 1960 vennero installati 70 nuovi punti luce lungo i due marciapiedi centrali, ad un'altezza inferiore di quelle delle chiome, per poter illuminare maggiormente quelle zone che ormai erano diventate troppo buie per via dell'infoltimento dei lecci, mentre i pali a pastorale vennero sostituiti nella loro parte terminale da bracci "a frusta", dotati di lampade molto più potenti, mantenendo però l'originale basamento in ghisa.

Sempre in quegli anni vennero eseguiti pesanti lavori di capitozzatura (taglio massiccio delle branche principali) su un gran numero di lecci presenti nel viale, con la speranza di irrobustire gli alberi per gli inverni successivi. (fig. 2.14).

L'aspetto originale del viale venne quindi alterato profondamente, provocato dal diverso livello di crescita tra pianta e pianta, e dal diverso stato di salute di queste: secondo analisi professionali fatte eseguire dal Comune di Forlì negli anni 90, il 60% dei lecci risultava essere

---

(1) Non ci sono fonti sul reale motivo di questo cambiamento del Duce, dovuto probabilmente per ragioni scaramantistiche, dato che l'intitolazione continua di nuovi edifici ai membri della famiglia Mussolini era seguita spesso da pre-mature dipartite, come quella del padre e del fratello.

(2) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit. Cit. pag. 66



Fig. 2.13 - Viale della Libertà, ca 1961 (foto Zoli) <sup>(1)</sup>



Fig. 2.14 - Viale della Libertà, ca 1965 (raccolta Ennio Gelosi)  
<sup>(2)</sup>

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.  
(2) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.

instabile e\o irrecuperabile; per questi motivi, alla fine del millennio, l'amministrazione approvo` un massiccio abbattimento delle alberature irrecuperabili, seguito da un veloce re-impianto di esemplari giovani ed in salute.

Dopo poco più di settanta anni il viale alberato più famoso di Forlì presenta quindi un'immagine chiaramente diversa da quella originaria, data dall'inesorabile passare del tempo, fattore che forse non veniva preso in considerazione quando si progettavano gli spazi verdi, data l'abitudine in quegli anni di considerare gli alberi e le decorazioni vegetali come elementi "lapidei", imitando i canoni architettonici degli antichi romani.



### 2.2.2 L'ISTITUTO

Nel 1901 nacque la "Scuola di Arti e Mestieri" intitolata ad Umberto I (fig. 2.15); una scuola dipendente dal Ministero dell'Agricoltura Industria e Commercio e che, nel 1918, venne classificata Scuola Professionale di 2° grado, con l'inserimento di una sezione per meccanici-elettricisti.

Nel 1927-1928 allo scopo di creare nuovi periti tecnici industriali, la scuola si dotò di un corso libero di Istituto Tecnico Industriale. Nel 1933 tale corso fu regificato, e la scuola assunse il nome di Regio Istituto Tecnico Industriale, con al proprio interno sezioni per meccanici-elettricisti e falegnami-ebanisti <sup>(1)</sup>.

A cavallo tra il '27 ed il '28 l'ing. Arnaldo Fuzzi progetta e presenta all'amministrazione comunale un primo progetto per la realizzazione della nuova sede dell'Istituto, da realizzarsi in viale Mussolini, nei pressi della nuova Stazione Ferroviaria.

Questa prima versione dell'edificio (fig. 2.16) viene approvata in linea di massima nel 1928. Dopo varie problematiche politiche insorte, e diversi ritardi <sup>(2)</sup>, il Fuzzi nel 1933 presenta una seconda versione del progetto (fig. 2.17a,b), fortemente modificata, soprattutto nella struttura (in cemento armato intelaiato) e nell'immagine del fabbricato, come scrive lo stesso progettista: "Ho voluto dare al fabbricato un carattere moderno senza giungere agli estremi del razionalismo. Esso pur nella sua modernità, è ispirato alla severità romana che mi sembra si addica alla destinazione del fabbricato". <sup>(3)</sup>

Nemmeno questo fu il progetto definitivo, poiché continuarono le polemiche, soprattutto tra il Fuzzi ed il preside

---

(1) Nel 1940 fu attivato un corso per chimici tecnici delle industrie agricole

(2) Per approfondimenti ulteriori si rimanda alle pag. 48-49 de 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' - op.cit.

(3) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' - op.cit. Cit. pag. 49



Fig. 2.15 - Scuola di Arti e Mestieri Umberto I , attiva dal 1901 al 1940<sup>(1)</sup>



Fig. 2.16 - Prima versione dell'Istituto, 1927<sup>(2)</sup>

---

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' - op.cit.  
(2) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' - op.cit.

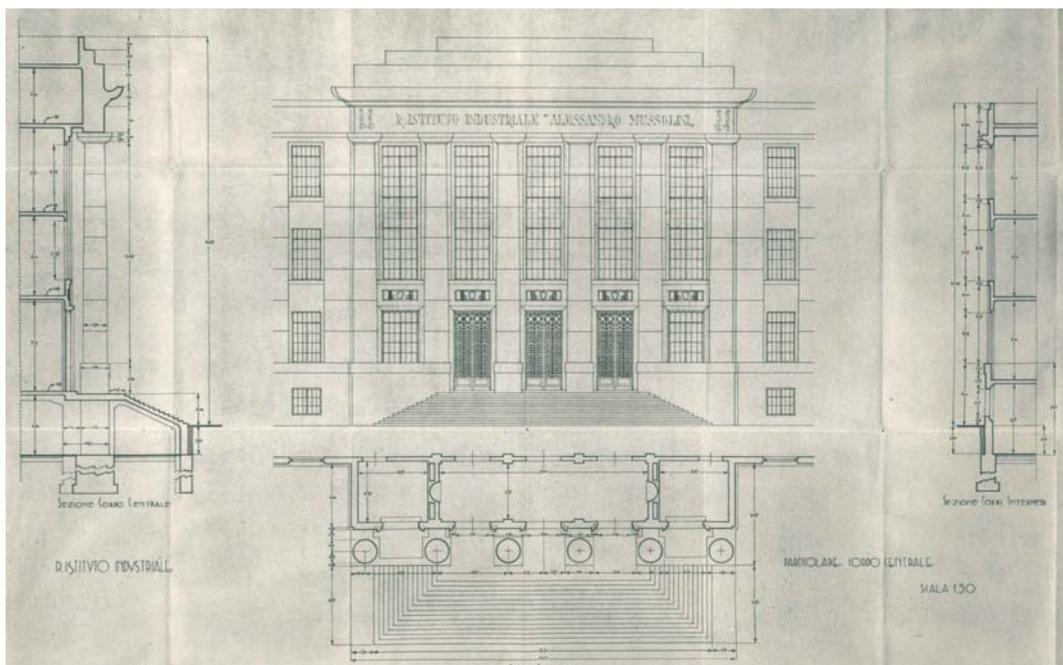


Fig. 2.17a - Secondo progetto (1)

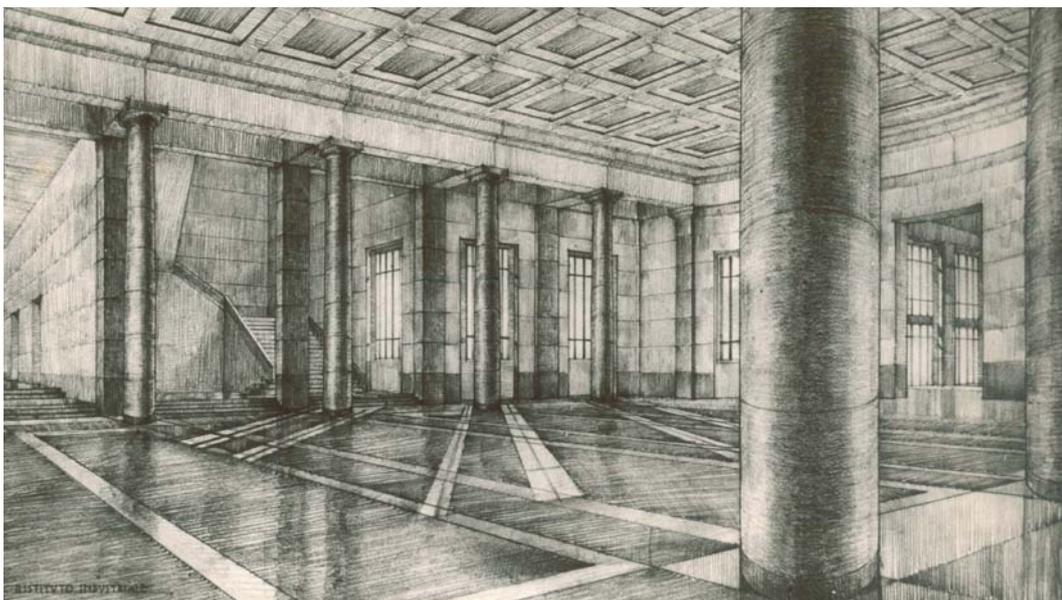


Fig. 2.17b - L'hall di ingresso nella seconda versione dell'istituto (2)

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLÌ - op.cit.  
 (2) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLÌ - op.cit.

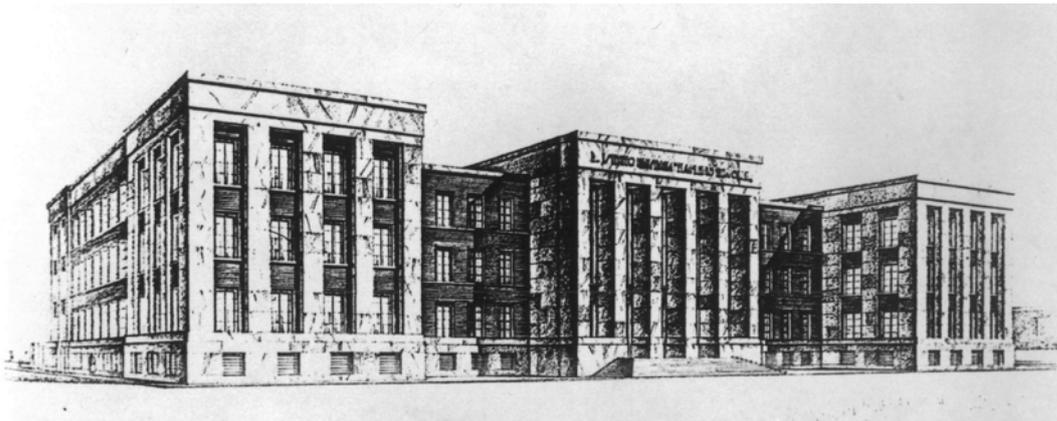


Fig. 2.18a - Terzo progetto, 1937 <sup>(1)</sup>

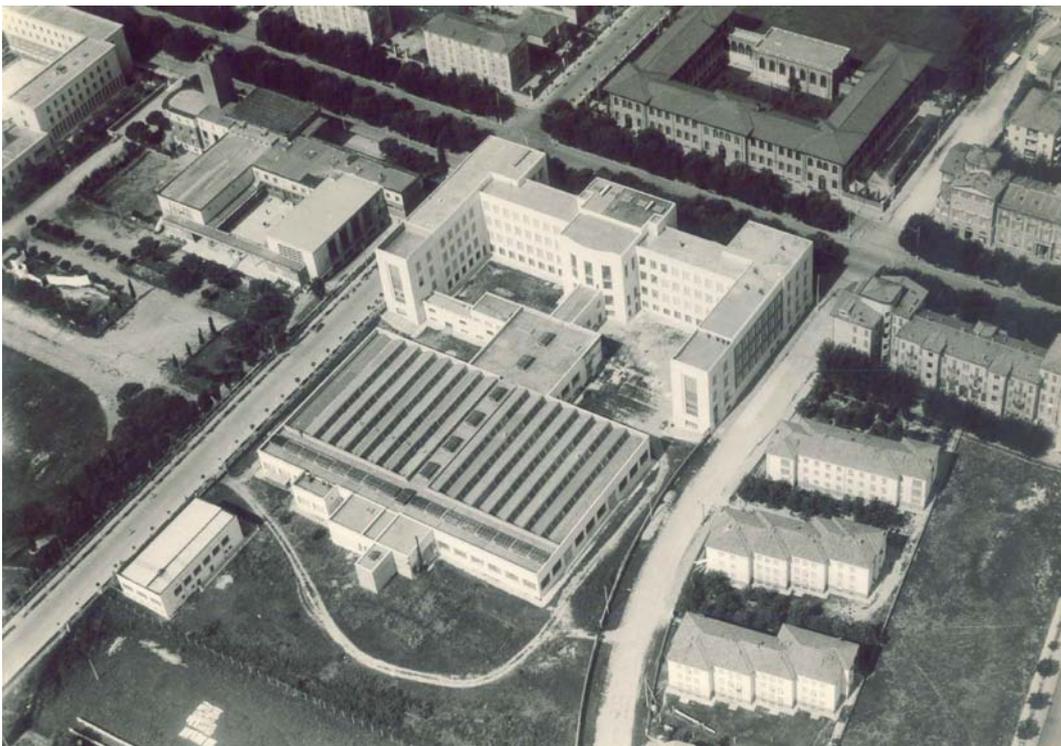


Fig. 2.18b - Veduta aerea dell'Istituto, 1941 ca <sup>(2)</sup>

---

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLÌ - op.cit.  
(2) Archivio ITIS

dell'Istituto, l'ing. Ezio Biagi, e perchè furono necessarie modifiche successive per adeguare il progetto alle necessità di nuovi spazi ed impianti.

Fu così che nel 1938 fu approvato la terza variante (fig. 2.18a,b), quella definitiva, dai tratti decisamente più severi rispetto alla prima versione chiaramente ispirata ai canoni di fine XIX secolo.

Tre anni dopo il completamento, la scuola subì un pesante bombardamento, che distrusse buona parte delle officine e delle ali, costringendo il personale e gli studenti a trasferirsi in diversi edifici cittadini per anni, fino alla completa ricostruzione terminata solamente nel 1960 (fig. 2.19).

Nel 1957 la famiglia Orsi Mangelli, proprietaria della vicina industria tessile <sup>(1)</sup>, donò all'istituto lo stabilimento della Casa dello Studente (fig. 2.20), presente all'interno del lotto occupato dalla scuola, inizialmente adibita a mensa studenti ed ora proprietà della provincia, sede dell'Università di Bologna.

Tra il '64 ed il '67 furono costruiti gli edifici ospitanti le palestre (fig. 2.21) e le aule per il biennio, ora sede di un istituto superiore professionale, mentre tra il 1994 ed il '95 fu realizzato il corpo di collegamento tra l'ala Nord e le officine (fig. 2.22) (con conseguenti nuovi corpi scala in acciaio auto portante), e fu spostato il biennio all'interno del corpo principale a forma di M (chiaro riferimento per compiacere l'ego del Duce, il quale vagliava quasi sempre personalmente i progetti pubblici più importanti).

Da segnalare un importante intervento di restauro avvenuto all'inizio del terzo millennio, volto a ripristinare le parti degradate del rivestimento in travertino, un generale rifacimento dell'intonaco esterno laddove fosse necessario,

---

(1) La famiglia era proprietaria della ditta SAOM a Forlì, Società Anonima Orsi Mangelli, per la filatura della seta e la produzione di fibre artificiali. Lo spazio occupato dall'industria è ora nota come "area Natalini" sede di un centro commerciale e di vari palazzi adibiti ad uffici e residenziale

e la completa sostituzione degli infissi originali in legno e vetro singolo con elementi più moderni, costituiti da telaio in alluminio e vetrocamera 4-15-4 riempita d'aria. Furono inoltre eseguiti lavori di rifacimento della copertura "a shed" delle officine, con inserimento di un nuovo manto di copertura impermeabilizzato.



Fig. 2.19 - L'ala Nord e gli effetti del bombardamento<sup>(1)</sup>



Fig. 2.20 - La Casa dello Studente<sup>(2)</sup>

---

(1) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' op.cit.  
(2) 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLI' op.cit.



Fig. 2.21 - Lo stabilimento delle palestre

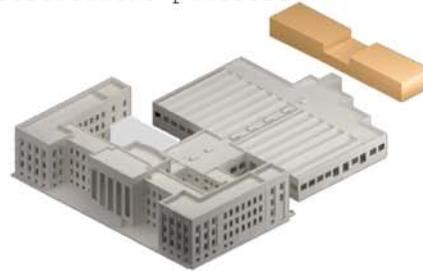


Fig. 2.22 - Il collegamento tra l'ala Nord ed il fabbricato officine del 1994

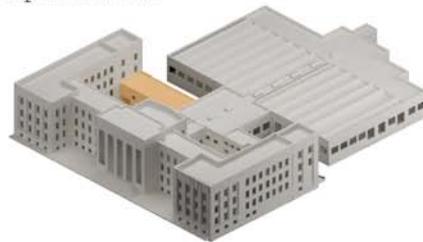
1940 - Inaugurazione



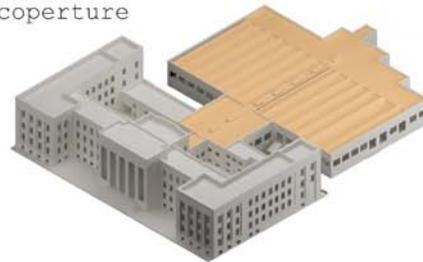
1976 - Costruzione palestre



1994 - Ampliamento



1997 - Manutenzione straordinaria coperture



2003 - Sostituzione infissi



### 2.3 IL PROGETTO ATRIUM

Dato la natura della tesi, e soprattutto dell'oggetto di quest'ultima, è doveroso citare il progetto Atrium, acronimo di Architecture of Totalitarian Regimes of the XX° Century in Urban Management, a cui la Provincia di Forlì-Cesena partecipa come partner.

"ATRIUM è finalizzato alla definizione e promozione di una rotta culturale sulle architetture dei regimi totalitari del XX secolo, funzionale alla promozione e valorizzazione economica del territorio.

Con ATRIUM si intende implementare a livello europeo il rapporto tra turismo e cultura tuttora non adeguatamente espresso, promuovendo le eredità storico-culturali al fine di migliorare l'attrattività e lo sviluppo economico delle aree interessate e di contribuire alla diversificazione e all'estensione dell'offerta turistica. Obiettivo specifico del progetto è la elaborazione di un dossier di candidatura della "Rotta Europea delle Architetture dei Regimi Totalitari del XX Secolo" da presentare al Consiglio d'Europa per il riconoscimento ufficiale della stesa come Rotta Culturale Europea.

Il partenariato del progetto ATRIUM è composto da 18 soggetti (enti locali, università, agenzie di sviluppo, istituti scientifici, ecc.) di 11 Paesi diversi (Bulgaria, Grecia, Ungheria, Italia, Romania, Slovacchia, Slovenia, Albania, Bosnia, Croazia e Serbia)"<sup>(1)</sup>.

Tra gli obiettivi del progetto vi è anche la "promozione di forme di turismo culturale finalizzate alla valorizzazione economica del patrimonio in questione (e la formazione di

---

(1) Fonte: [http://servizi-uffici.provincia.fc.it/en\\_GB/web/europa/atrium](http://servizi-uffici.provincia.fc.it/en_GB/web/europa/atrium)

operatori specifici), in grado di attrarre segmenti della crescente domanda internazionale, soprattutto europea, del turismo culturale creando nuovi servizi e posti di lavoro".

Si tratta quindi di un progetto volto a riscoprire, valorizzare e promuovere un certo tipo di architettura "totalitaria", troppo spesso ignorata o lasciata a se stessa.

L'istituto preso in esame ricade quindi all'interno degli edifici interessati da questo progetto, ed intento di questa tesi e` anche quello di non contrastare con l'impronta storica che l'edificio possiede, con la speranza quindi di dimostrare che anche (e soprattutto) il patrimonio architettonico storico può e deve essere riconosciuto ed adeguato, cercando di preservare ciò che e` opportuno.



## 3 - L'ISTITUTO IN DETTAGLIO

### 3.1 SCHEDA TECNICA

#### Dati generali

Indirizzo: viale della Libertà 14, Forlì, Italia

Proprietario: Provincia di Forlì-Cesena

Numero utenti: 923 studenti + 134 docenti e personale (al 2011)

Orario di apertura: 07-16 \_ Lun-Sab

Vincolo presente sull'intero complesso: tutela de jure

Struttura: solai in latero-cemento, travi e pilastri in cemento armato, rivestimenti di facciata e tramezze in laterizio pieno<sup>(1)</sup>.

#### Dati geometrici

Superficie lotto: 18.745 m<sup>2</sup>

Superficie coperta: 7.000 m<sup>2</sup> + 1.200 m<sup>2</sup> (palestre)

Volume lordo: 93.000 m<sup>3</sup> ca

Superficie disperdente: 34.000 m<sup>2</sup>

Altezza massima edificio (da livello stradale): 23,30 m

#### Dati energetici

Riscaldamento: a metano, con centrale termica 3 stelle da 2.200 kWh

Acqua Calda Sanitaria: non presente

Costi per riscaldamento: 177.000 euro/anno (da bollette 2011)

Consumi energetici: 2.141.000 kWh/anno

Emissione CO<sub>2</sub> per riscaldamento edificio: 430 t/anno<sup>(2)</sup>

---

(1) Nel corso degli anni diversi tramezzi interni sono stati spostati, demoliti, ricostruiti; nel caso di nuovi elementi, sono stati utilizzati laterizi pieni misti a forati, sempre in laterizio.

(2) Tasso di emissione del metano pari a 0,201 Kg/kWh

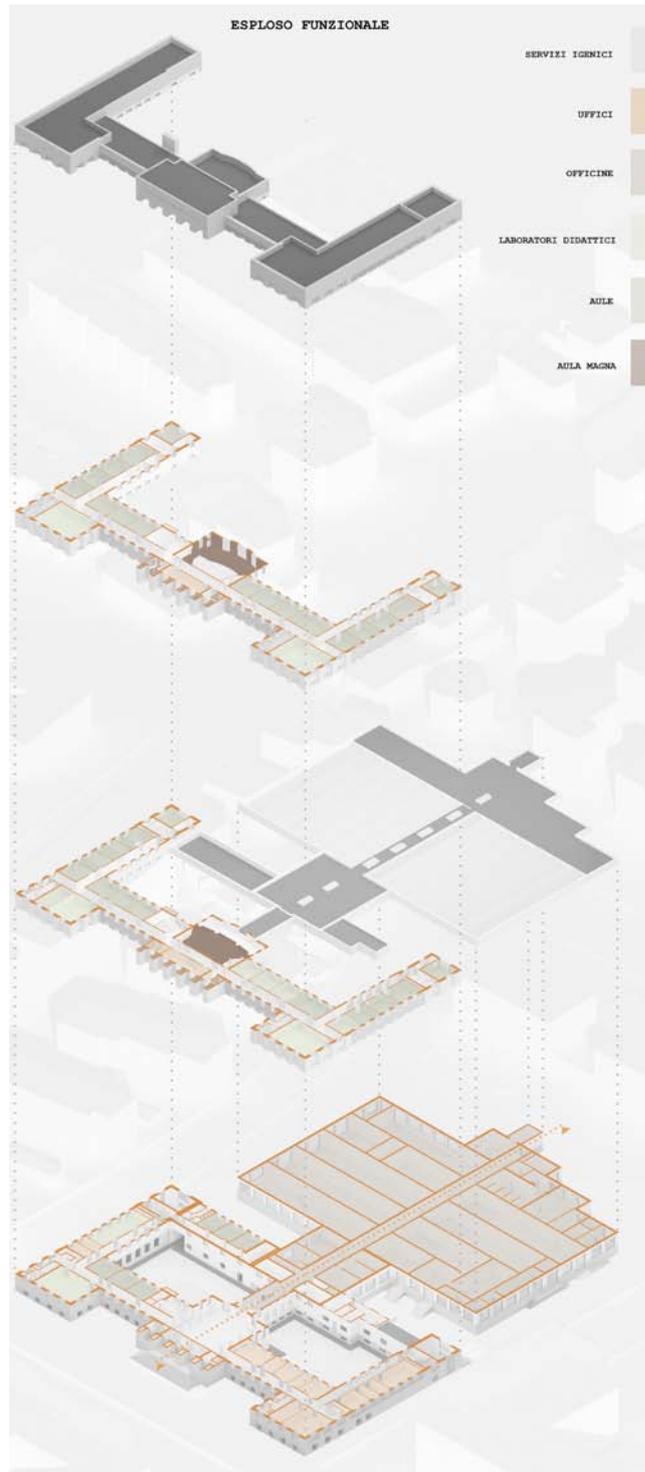


Fig. 3.1 - ITIS, esploso funzionale



Fig. 3.2a - Prospetto esterno su viale della Libertà'



Fig. 3.2b - Prospetto corte interna su viale della Libertà'

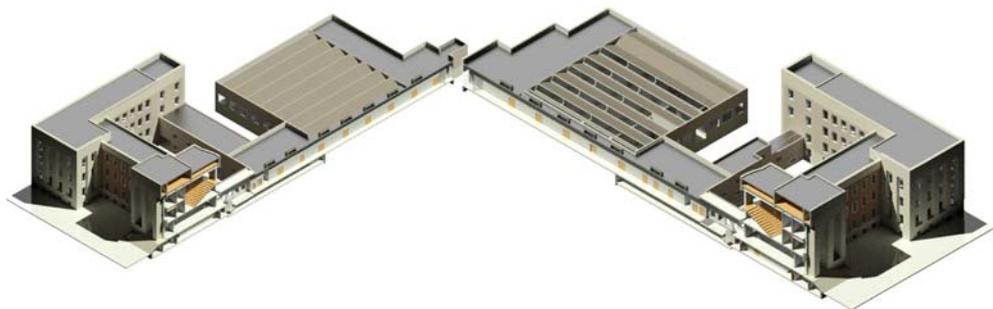
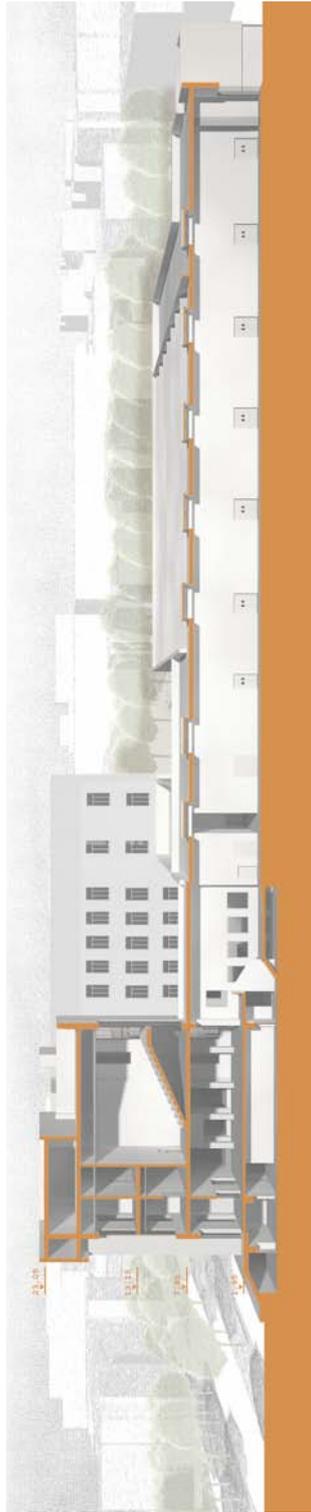


Fig. 3.2c - Spaccato assometrico



### 3.2 GLI AMBIENTI

L'intero complesso è dotato di un numero molto elevato di ambienti, che variano per dimensioni, orientamento, destinazione d'uso e conseguenti orari di fruizione.

In questa analisi si sono voluti raggruppare tutti gli ambienti dell'istituto in 5 macro categorie: la Hall monumentale d'ingresso, le aule didattiche, l'Aula Magna, i laboratori-officina e gli uffici per il personale.

Le tabelle a pagina seguente sono tratte dal documento pdf ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE " G. Marconi " - Viale della Libertà, 14 - 47122 Forlì <sup>(1)</sup>.

---

(1) Fonte: [http://www.itisforli.it/albo/sicurezza/scheda\\_2012.pdf](http://www.itisforli.it/albo/sicurezza/scheda_2012.pdf)

<i>PIANO</i>	<i>LOCALE</i>	<i>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</i>	<i>ALTEZZA (m)</i>
Secondo [2400 mq]	n. 17Aule	790	> 3.00m
	n. 2 Aule di Disegno	360	“ “
	Servizi Igienici	110	“ “
	Altri ambienti	340	“ “
	Connettivo	800	“ “
Primo [2400 mq]	n. 20Aule	900	> 3.00m
	Aula di Disegno	180	“ “
	Aula Magna	290	“ “
	Laboratorio Linguistico	110	“ “
	Altri ambienti	225	“ “
	Servizi igienici	110	“ “
	Connettivo	800	“ “
<i>PIANO</i>	<i>LOCALE</i>	<i>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</i>	<i>ALTEZZA (m)</i>
Terra* [7000 mq] + Palestra* [1200 mq]	Blocco Uffici	800	> 3.00m
	Biblioteca	100	“ “
	Bar	80	“ “
	Palestre	1200	“ “
	n. 6 Aule	260	“ “
	Laboratorio di Biologia	130	“ “
	n. 2 Lab. di Fisica	90	“ “
	Lab di Chimica Organica	110	“ “
	Blocco Laboratori	4100	“ “
	Servizi Igienici	110	“ “
	Connettivo	1200	“ “
Cantina [2700 mq]	n. 1 Aula	40	> 3.00m
	n. 3 Lab. di Elettrotecnica	500	“ “
	n. 3 Lab. di Informatica	170	“ “
	n. 2 Lab. di Meccanica	250	“ “
	Laboratorio Linguistico	80	“ “
	Aula Disegno	100	“ “
	Aula di Musica	40	“ “
	Sala Proiezioni	100	“ “
	Servizi Igienici	100	“ “
	Connettivo	1300	“ “

(\*) sola superficie edificata

### 3.2.1 LA HALL DI INGRESSO

E' il primo ambiente che si presenta entrando da viale della Libertà, e non interrompe quella sensazione di monumentalità che l'esterno dell'edificio offre.

Presenta un'altezza netta di 5,80 metri, rialzata dal livello del marciapiede esterno di 1,85 metri tramite una ampia gradonata in travertino, si espande per un'area di 385 m<sup>2</sup> per un volume riscaldato di 2.200 m<sup>3</sup>.

La monumentalità dell'ambiente è affidata, oltre che all'altezza, ad otto coppie di pilastri rivestiti in marmo travertino, che fungono anche da diaframma tra l'hall e le ali laterali, contenenti aule ed uffici (fig. 3.3a,b).

Tale area è adibita a spazio di distribuzione verso gli altri ambienti, presenta una postazione provvisoria di informazioni per uno o due addetti e due angoli adibiti a pausa caffè.

Il riscaldamento, qui come in tutto l'edificio principale, è garantito da un sistema di radiatori in ghisa



Fig. 3.3a - L'hall d'ingresso, vista dall'entrata verso il reparto officine



Fig. 3.3b - L'hall d'ingresso, visuale sul corpo scala principale

### 3.2.2 LE AULE

L'edificio principale (incluso il fabbricato del 1994) conta 44 aule adibite a lezione frontale ex-catedra (fig. 4.4c), di cui una al piano semi-interrato, sei al piano rialzato (quello di ingresso dal viale della Libertà), venti al primo piano e diciassette al secondo piano.

Sono presenti inoltre sedici tra laboratori di informatica, di microbiologia (fig. 3.4d), di chimica generale, di misure elettriche, aule disegno (fig. 3.4e) e sala proiezioni.

L'altezza dei locali è variabile, a seconda che sia presente o meno un contro-soffitto in cartongesso (installato probabilmente durante i lavori di restauro di inizio millennio), e oscilla tra i 4,80 ed i 4,20 metri.

L'area media di un'aula si attesta dai 40 ai 50 m<sup>2</sup>, con rare eccezioni date da aule da 70 m<sup>2</sup> e da 30 m<sup>2</sup>, arrivando quindi a dei volumi riscaldati (il contro-soffitto non risulta essere isolato termicamente) di 200-250 m<sup>3</sup> per aula.

I locali non adibiti a lezione ex-catedra, ovvero i vari laboratori e aule da disegno, occupano un'area ovviamente maggiore, variante tra gli 80 ed i 130 m<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda la disposizione interna, gli ambienti si sviluppano lungo gli assi dei corridoi (fig. 3.4a,b) che si snodano lungo tutta la superficie, presentando quindi la più diffusa disposizione spaziale data alle aule scolastiche; l'illuminazione naturale è perciò assicurata in ogni ambiente grazie ad una coppia di finestre, di dimensioni 160x320 cm e 190x320 cm ( a seconda dell'orientamento: le finestre più strette sono presenti solo sul fronte di viale della Libertà), presenti su uno dei quattro lati dell'aula. Ogni finestra risulta oggi essere dotata di sistema di oscuramento "a veneziana",

con lamelle metalliche di colore verde acqua, predisposte sul lato interno, risultando essere perciò inutili dal punto di vista del surriscaldamento solare dell'ambiente.

Ogni aula è dotata di lavagna/e in ardesia, una cattedra ed un collegamento ethernet con il server della scuola, usato dai docenti per collegarsi con il registro informatico.

Il numero degli studenti presenti all'interno di ogni aula oscilla tra i 17 ed i 26 studenti, con una media di circa 21-23 studenti.

La percentuale di fruizione di ogni ambiente varia a seconda delle classi che lo occupano, per via delle diverse percentuali di orario passato nelle officine e/o in laboratorio dagli studenti.



Fig. 3.4a - Vista su corridoio al piano semi-interrato



Fig. 3.4b - Vista su corridoio al piano primo



Fig. 3.4c - Un'aula al primo piano

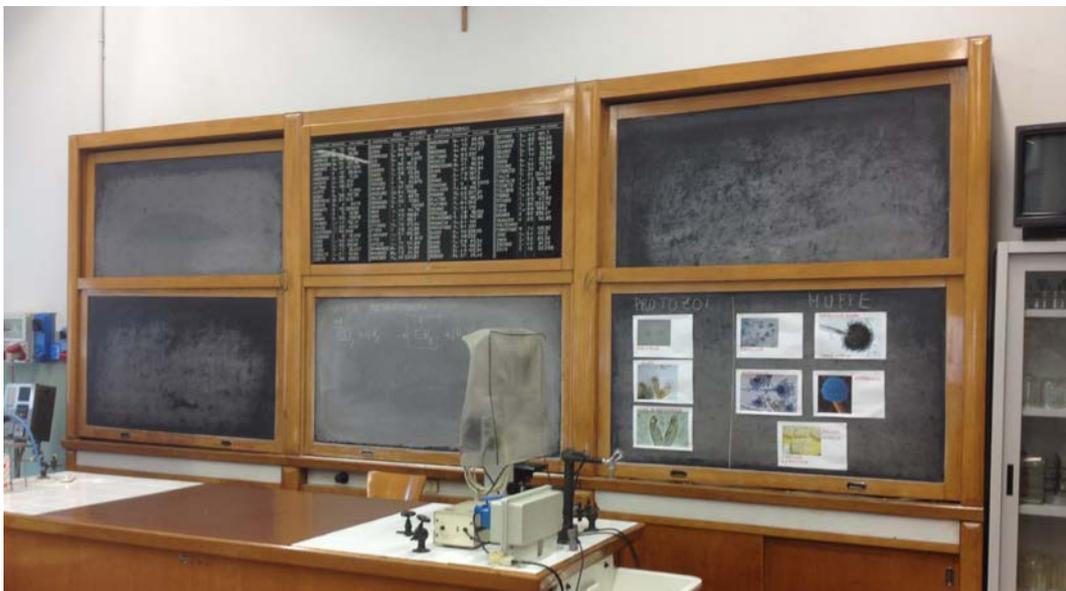


Fig. 3.4d - Laboratorio di microbiologia al primo piano



Fig. 3.4e - Aula disegno al primo piano

### 3.2.3 GLI UFFICI

Si collocano tutti al piano rialzato, nell'ala Sud dell'edificio.

Rientrano in questa categoria quattro locali adibiti ad ufficio, una segreteria, un ufficio tecnico, un archivio, la presidenza, due locali accessori ed un sala consiglio.

Geometricamente risultano simili alle aule didattiche ed ai laboratori presenti ai piani superiori, data la naturale evoluzione della disposizione interna dei locali, dovuta dai ridimensionamenti degli ambienti per rispondere al continuo cambiamento delle esigenze.

Come verrà approfondito nei capitoli sull'efficienza energetica, gli uffici dispongono di mandata d'acqua calda indipendente, permettendo così di mantenere il riscaldamento attivo per questi locali e disattivarlo per gli altri (dato il maggior numero di ore di utilizzo degli uffici rispetto alle aule didattiche).

E' presente un solo termostato in tutta la scuola, e si trova nel locale più freddo dell'istituto (secondo diverse fonti interne alla scuola), la sala docenti al primo piano.

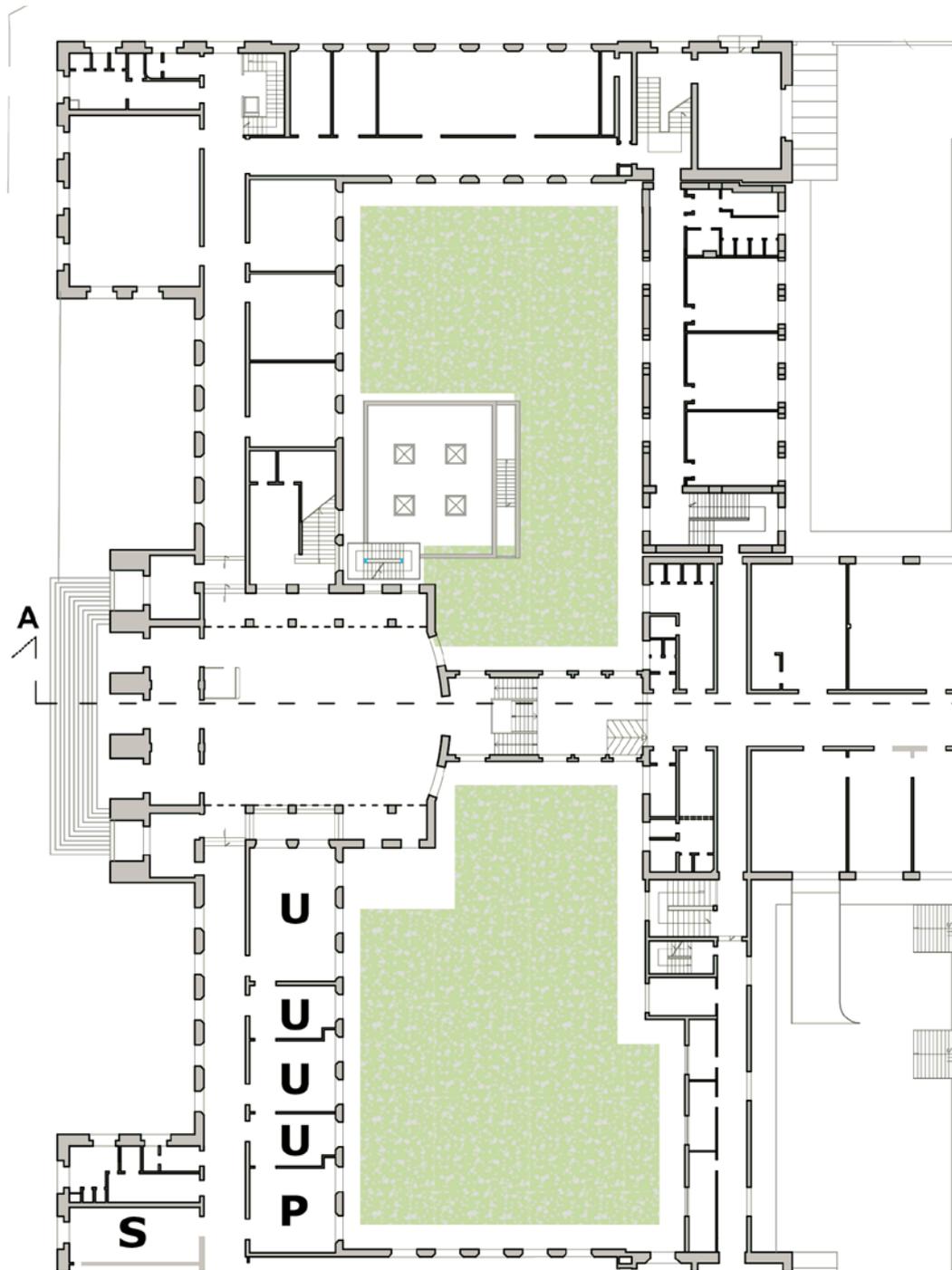


Fig. 3.5 - U: ufficio, S: segreteria, P: presidenza, UT: ufficio tecnico, Ar: archivio, Sc: sala consiglio

#### 3.2.4 LE OFFICINE

Si tratta di un reparto interamente sviluppato sullo stesso livello, con la parte più vicina all'edificio principale (con copertura piana) che ospita i locali della biblioteca, una coppia di bagni ed il bar, mentre i laboratori/officine trovano spazio nella parte restante del fabbricato, caratterizzata da una copertura "a shed".

L'istituto può vantare laboratori di fucine e saldature, macchine utensili, di impianti termo-tecnici, di elettronica, di chimica industriale, di costruzioni elettro-meccaniche e di telecomunicazioni. Da segnalare la presenza anche di un locale ospitante la vecchia centrale termoelettrica (paragrafo 3.3) ora non più funzionante e lasciata alla memoria dell'istituto.

Ciascuna delle officine con copertura a shed (fig. 3.6 a,b) hanno una lunghezza di circa 40 metri, una larghezza di quasi 10 metri ed un'altezza media di 8 metri, sviluppando così volumi considerevoli: il solo fabbricato delle officine conta un volume di circa 33.500 m<sup>3</sup> (fig. 3.7 a,b).

I locali delle officine sono riscaldati indipendentemente rispetto alle aule e agli uffici, tramite un sistema di ventilazione meccanica, dotato di piccole unità di trattamento aria presenti in ogni laboratorio (fig. 3.8).

Il corridoio di distribuzione centrale (fig. 3.9a,b) possiede invece i classici radiatori presenti nel resto del complesso, così come il bar e la biblioteca.

Tutte le porte che aprono sul corridoio interno sono state sostituite con recenti porte REI, (fig. 3.9b) per rispondere alle esigenze di sicurezza in caso d'incendio, mentre durante la sostituzione degli infissi del 2003, sono state aperte o ridimensionate alcune aperture che dalle varie officine aprono direttamente alla corte interna dell'istituto



Fig. 3.6a - La copertura "a shed" del reparto officine



Fig. 3.6b - La copertura piana del reparto officine



Fig. 3.7a - Il laboratorio di costruzioni elettro-meccaniche



Fig. 3.7b - Il laboratorio fucine e saldature



Fig. 3.8 - La piccola unità trattamento aria presente in ogni officina



Fig. 3.9a - Panoramica sul corridoio di distribuzione interna del reparto officine



Fig. 3.9b - Corridoio interno con in evidenza una recente porta REI

### 3.2.5 L'AULA MAGNA

Situata al centro dell'edificio, sopra l'hall d'ingresso, ricopre una superficie di 237 m<sup>2</sup>, per un'altezza totale di 11 metri.

Dotata di gradonate in cemento armato, rivestite con sedute e banchi di legno, possiede una mandata del riscaldamento indipendente e, come per le officine, il sistema di emissione è formato da aerostati che immettono nell'ambiente aria calda.

Viene utilizzata di rado, prevalentemente per lo svolgimento di alcune lezioni e per particolari riunioni o assemblee.

Le aperture vetrate presenti sono in numero limitato ma di dimensioni monumentali: quattro finestre 140x385 cm, due da 200x900 cm ed una centrale delle dimensioni di 310x900 cm. Sono tutte dotate di sistema oscurante esterno "a veneziana", decisamente meno recenti rispetto a quelli presenti nelle aule, e sicuramente più fatiscenti e degradati, risultando comunque adempienti al loro compito.

L'aula è dotata inoltre di una cattedra con alle proprie spalle una coppia di lavagne in ardesia ed un telo bianco avvolgibile per proiezioni.



Fig. 3.10a - Le tre finestre centrali dell'aula magna



Fig. 3.10b - L'aula magna, visuale da metà gradonate

### **3.3 DUE ELEMENTI DI PREGIO**

All'interno dell'istituto Marconi sono presenti due elementi di grande valore storico ovvero la centrale storica termoelettrica del 1939 e il pavimento in legno del reparto fucine realizzato nell'anno 1940.

#### **3.3.1 LA CENTRALE TERMOELETTRICA STORICA**

Le caldaie a tubi d'acqua sono nate nella seconda metà del secolo scorso, precisamente nel 1856 quando Stephen Wilcox brevettò il primo boiler a tubi d'acqua.

Pochi anni dopo, nel 1867 Stephen Wilcox e George Babcock realizzano la Babcock, Wilcox & Company per produrre e commercializzare le caldaie a tubi d'acqua e nel 1881 avvenne la prima installazione di un unità boiler fatta dalla B&W, in seguito dagli inizi del nuovo secolo questo tipo di impianti hanno avuto sempre più ampia diffusione.

Moltissime peraltro sono state le modifiche apportate nel tempo rispetto ai primi modelli, generando un'evoluzione che è giunta alla realizzazione dell'esemplare utilizzato all'interno dell'Istituto Marconi e realizzato dalla ditta Breda S.p.a. (fig. 3.11)

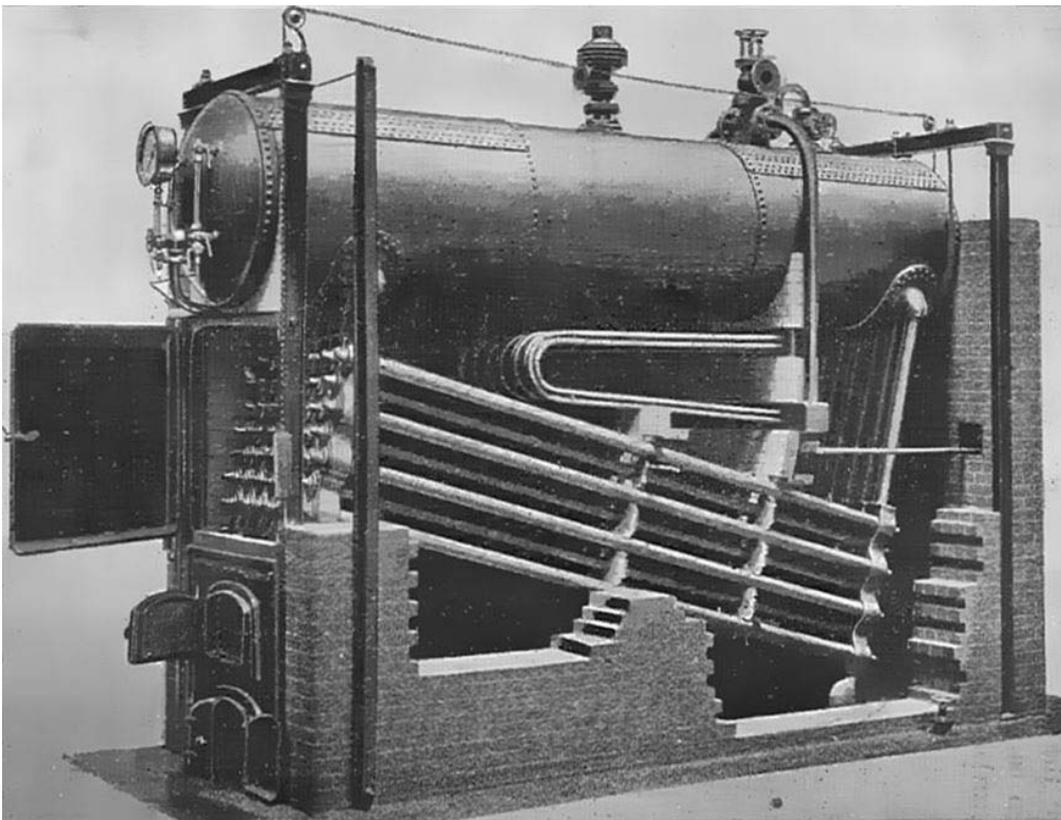


Fig. 3.11 - Rappresentazione di una centrale termoelettrica  
realizzata dalla Breda S.p.a con la licenza  
Babcock & Wilcox

### 3.3.1.1 EVOLUZIONE STORICA DELLA CENTRALE

Nel 1766 viene realizzato e brevettato da William Blakey il primo modello di caldaia a tubi d'acqua; questa caldaia consisteva in alcuni tubi posti diagonalmente all'interno di una fornace verticale e collegati fra loro da tubi di minore diametro. Per riscontrare però un successo anche a livello commerciale si dovette aspettare il modello perfezionato da James Rumsey, un inventore statunitense che nel 1788 brevettò in Inghilterra alcuni tipi di caldaia a tubi d'acqua, tra cui il primo esempio di caldaia unitubolare a spirale, all'interno della quale l'acqua viene fatta circolare in un tubo avvolto secondo una spirale cilindrica al cui interno passano i fumi.

Una terza tappa di fondamentale importanza avvenne nel 1825 quando Joseph Eve realizzò la prima caldaia avente corretta circolazione dell'acqua, consistente in due corpi cilindrici, uno sopra l'altro, connessi da numerosi piccoli tubi, leggermente piegati a S, che venivano investiti dai fumi della fornace; per garantire la circolazione dell'acqua, due tubi di grande diametro collegavano alle due estremità i due corpi cilindrici.

Dalla metà del XIX secolo le caldaie a tubi d'acqua iniziarono così a diffondersi, questo grazie alla loro maggiore sicurezza intrinseca (venivano chiamate inesplosibili) rispetto alle caldaie a tubi di fumo, arrivando poi a raggiungere la maturità tecnologica nei primi anni del XX secolo. Questo tipo di caldaia rappresentava (nel periodo 1893-1895) l'1,8% delle caldaie presenti nel Regno Unito, il 5,7% in Francia, 2,1 % in Germania, il 1,4% in

Austria e l'1,8% in Italia.<sup>(1)</sup>

La propulsione a vapore con caldaie a tubi d'acqua ha trovato ampio impiego nelle navi in modo particolare in quelle da guerra già a partire dai primi anni del novecento, la prima caldaia a tubi d'acqua installata su di una nave da battaglia fu costruita dalla ditta GÉNÉRATEURS Belleville in Francia nel 1879 ed installata sulla corazzata Brennus (1891).

Non a caso la caldaia che è presente all'interno dell'istituto è stata progettata dalla ditta americana Babcock e Wilcox, ed è stata utilizzata anche dalle fregate della Royal Navy della classe Leander ed è caratterizzata dal fatto di essere costituita da un solo corpo cilindrico orizzontale superiore che alimenta una testata in cui è inserito il fascio di tubi inclinato, mentre la fornace si trova al di sotto del corpo cilindrico ed il fascio di tubi rettilinei.

Il punto di congiunzione tra le caldaie a tubi d'acqua e le ormai superate caldaie a tubi di fumo può essere considerata la caldaia Field che utilizza appunto i tubi Field (fig.4.12), i quali prendono il nome dal loro inventore e nella quale l'aumento della superficie di riscaldamento viene ottenuta con l'aggiunta di fasci di tubi d'acqua a fondo cieco, nei quali viene inserito un tubo interno coassiale di adduzione dell'acqua al tubo vaporizzatore esterno.

Successivamente anche le altre tipologie di caldaie comprese quelle a lame d'acqua adottarono soluzioni che sono nate basandosi sul principio funzionale del tubo Field, e rappresentano dunque il passaggio dalle caldaie a tubi di fumo e la caldaia a tubi d'acqua Babcock e Wilcox.

---

(1) Fonte: Carlo Bardini "Senza carbone nell'età del vapore: gli inizi dell'industrializzazione italiana."

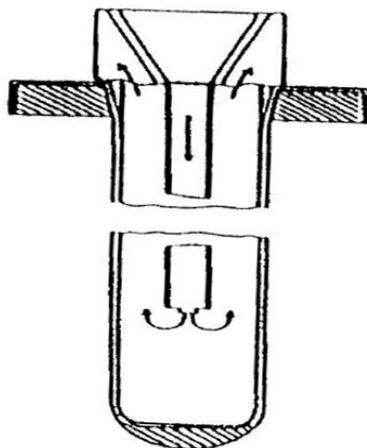


Fig. 3.12 - Sezione di un tubo Fiel

### 3.3.1.2 IL FUNZIONAMENTO

Una caldaia a tubi d'acqua viene utilizzata per la produzione di vapore ad alta pressione, nella sua forma più semplice la caldaia è un recipiente chiuso riempito per metà o tre quarti d'acqua, riscaldato da un focolare, dotato di una presa per l'alimentazione dell'acqua e di una valvola per fornire il vapore (fig. 3.13).

Essa produce vapore mediante due cicli: il ciclo del calore (combustibile - calore - gas e fumi prodotti dalla combustione) e quello dell'acqua (con mutamento di stato da acqua a vapore), l'incontro tra i due cicli è costituito dallo scambio di calore attraverso la superficie riscaldata,

da un lato bagnata dall'acqua e dall'altro in contatto con i prodotti caldi della combustione.

Il vapore che si forma riempie la camera soprastante il livello dell'acqua (camera del vapore) e vi si accumula fino a raggiungere la pressione per la quale la caldaia è stata costruita.

Il vapore successivamente esce per mezzo dell'apertura di una valvola e viene immesso nelle specifiche tubazioni, mentre in altri modelli il vapore rientrerà nuovamente nel forno

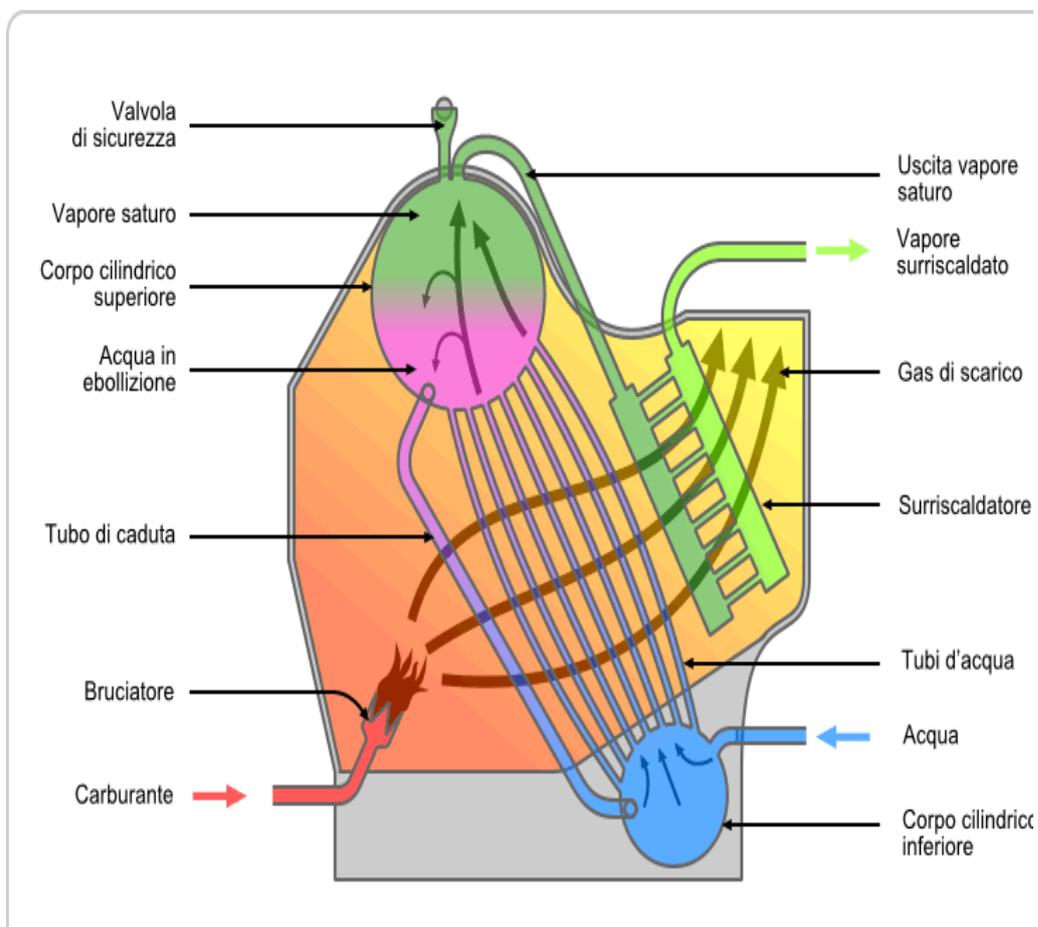


Fig. 3.13 - Schema tipo di una caldaia a tubi d'acqua<sup>(1)</sup>

(1) Fonte: [http://it.wikipedia.org/wiki/File:Water\\_tube\\_boiler\\_schematic\\_ita.png](http://it.wikipedia.org/wiki/File:Water_tube_boiler_schematic_ita.png)

attraverso un surriscaldatore. La pressione è mantenuta costante alimentando la combustione in modo regolare e mantenendo il giusto livello d'acqua interno. La forza della pressione esercitata dal vapore verrà utilizzata infine per azionare leve, stantuffi o pistoni e per altri usi.

La fig. 3.14 mostra la sezione di una delle prime caldaie a tubi d'acqua, detta appunto del tipo Babcock e Wilcox dal nome della fabbrica inglese che realizzò i primi prototipi e ne mise a punto la fabbricazione.

Il forno (le cui pareti in origine non erano schermate) conteneva una serie di fasci di tubi vaporizzatori ad andamento leggermente inclinato (sub-orizzontale), i componenti principali di questa caldaia sono:

il corpo cilindrico (C), il collettore inferiore alimentato dai tubi di caduta (P), il collettore superiore della miscela acqua-vapore (A), i diaframmi del percorso dei fumi (D) e la presenza di un fascio di tubi surriscaldatore (S) disposto nello spazio inclinato vaporizzante, a scambio termico prevalentemente convettivo.

Le caldaie a tubi di fumo sono state superate in quanto presentavano tre importanti difetti: bassa pressione di esercizio, bassa potenzialità e lentezza di regolazione, tali difetti risultano tutti conseguenza del contenimento di tutta l'acqua in grandi corpi cilindrici. Per superare i suddetti difetti occorre ricorrere ad un'architettura di caldaia in cui l'acqua circola all'interno di tubi di piccolo diametro posti al di fuori del corpo cilindrico, mentre i prodotti di combustione attraversano l'apparecchiatura in idonei condotti lambendo dall'esterno i tubi d'acqua. Il frazionamento dell'acqua in una batteria di tubi di piccolo diametro si dimostrò un modo che, pur non aumentando

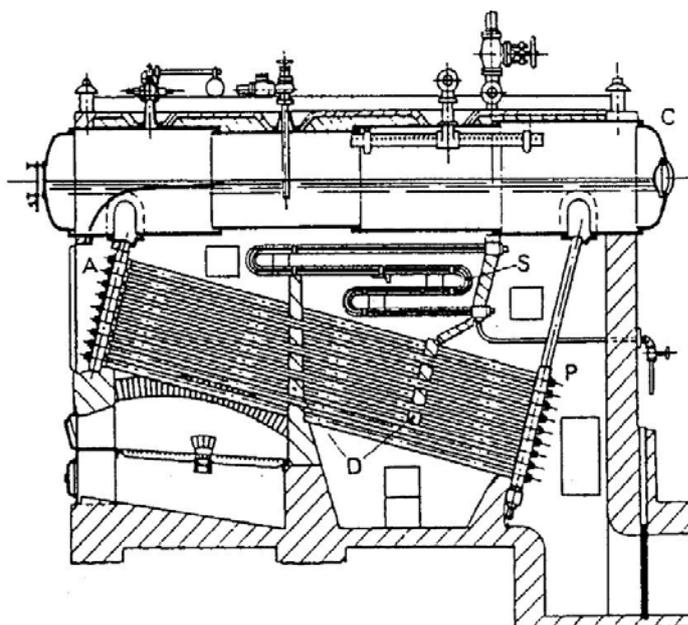


Fig. 3.14 - Schema tipo di una centrale a tubi d'acqua<sup>(1)</sup>



Fig. 3.15 - Foto dello stemma della Breda S.p.a. affisso sulla centrale termoelettrica.<sup>(2)</sup>

(1) Fonte: <http://www.babcock.com/about/Pages/History.aspx>

(2) Rilievo fotografico, reparto centrale termoelettrica.



Fig. 3.16 - Foto della centrale termoelettrica presente nell'istituto.<sup>(1)</sup>

---

(1) Rilievo fotografico, reparto centrale termoelettrica.

notevolmente le dimensioni della caldaia, accresceva la superficie riscaldata, diminuiva i tempi di riscaldamento ed evaporazione dell'acqua, sfruttava gli effetti della combustione utilizzando sia il calore irradiato, sia quello di convezione dei gas, riduceva il pericolo di esplosioni e relativi danni. Queste caldaie, strutturate in tale modo, a differenza delle predecessori consentono di avere elevate pressioni di esercizio, elevate potenzialità e relativa rapidità di regolazione.

### **3.3.2 IL PAVIMENTO IN 'LEGNO DI TESTA'**

Già della sua prima costruzione, all'interno dell'Istituto Tecnico Industriale Marconi vengono realizzati numerosi laboratori tecnici e tra questi svolge un ruolo molto importante per le funzioni e per l'industria del tempo il reparto fucine.

La caratteristica peculiare che è giunta praticamente intatta fino ai nostri giorni è che questo reparto è stato dotato già dalla sua prima realizzazione di un solido pavimento in legno di testa (fig. 3.17).

Questa realizzazione nacque probabilmente dall'esigenza di avere un piano orizzontale straordinariamente solido in grado di resistere sia a pressioni costanti e distribuite che a urti e pressioni puntuali, necessità che deriva proprio dal fatto che ci troviamo all'interno di un laboratorio dall'utilizzo particolarmente intenso e prolungato; il pavimento doveva in pratica essere in grado di mantenere le sue funzioni senza perdere qualità nel corso degli anni, superando dunque gli intensi utilizzi e degradi che avvengono

all'interno di un reparto fucine.

Per rispondere a queste necessità, nel 1940 viene realizzato un pavimento detto in "legno di testa", ovvero costituito da blocchi uniformi in legno pieno di rovere posizionati appunto "di testa", quindi, con le fibre poste in senso verticale.



Fig. 3.17 - Foto del pavimento situato nel reparto fucine.<sup>(1)</sup>

---

(1) Rilievo fotografico, reparto fucine.



Fig. 3.18 - Particolare pavimento in legno di testa.<sup>(1)</sup>

---

(1) Rilievo fotografico, reparto fucine.

Questi blocchi dalla forma di parallelepipedo vengono affiancati l'un l'altro per file sfalsate e adagiati su di uno strato di sabbia steso direttamente sopra un magrone di ripartizione, la posa si conclude poi annegandoli nella sabbia fino al livello superiore.

Le dimensioni sono costanti, la base rettangolare misura 7x12 cm ca., mentre lo sviluppo verticale è di 40 cm.



## **4 - CRITICITA' RISCONTRATE E METODI DI INTERVENTO**

Terminata la parte di studio ed analisi dell'istituto e del suo contesto urbano sotto più angolazioni, si è proceduto con l'individuazione di quelli che sono apparsi gli aspetti più negativi o più deboli, cioè quelle caratteristiche che, se risolte adeguatamente, potrebbero giovare non solo all'edificio in sé, ma anche alle persone che lo "vivono" tutti i giorni o che semplicemente transitano nei suoi dintorni.

Per far ciò si è scelto di elencare, e successivamente lavorare, per macro argomenti le varie criticità riscontrate e le successive strategie scelte come linea direttrice per l'elaborazione del progetto di tesi.

### **4.1 VIALE DELLA LIBERTA'**

A livello urbanistico l'attenzione è stata posta su viale della Libertà, vero perno dell'area urbana appena al di là dell'antico circuito delle mura.

A livello strutturale l'impianto del viale è rimasto quello originale del 1928, senza alterazioni di sorta per quanto riguarda dimensione e numero di carreggiate e marciapiedi. Ciò che è stato modificato, come raccontato nel paragrafo 2.2.1, è l'impianto di illuminazione di cui oggi sopravvivono solamente alcuni basamenti in ghisa (fig. 4.1)

degli originali lampioni "a pastorale", mentre sono tutt'ora presenti, anche se sottoposti a continui interventi di riverniciatura, i lampioni installati all'inizio degli anni '60 (fig. 4.2).

Le sedute sono ancora quelle originali, senza particolari segni di degrado o usura.

Lo stato dei marciapiedi centrali è in evidente stato di degrado (fig. 4.3), con cordoli in pietra naturale mancanti in alcuni punti, scheggiati in altri, quasi interamente distrutti in altre parti, ecc.

Stessa sorte hanno subito alcuni cordoli delle aiuole aggiunte qualche anno dopo il completamento del viale che, col passare degli anni, si sono rivelate insufficientemente ampie per un'adeguata aerazione delle radici arboree.

Alberi che sono stati sostituiti in minima parte con esemplari più giovani a cavallo dei due millenni, e che sono invece mancanti in diversi punti lungo il viale, dove sono rimasti solamente due corone circolari di cubetti in porfido ad identificare dove un tempo era installato un leccio (fig. 4.4).

Altro aspetto sicuramente da segnalare è la poca quantità di luce artificiale presente sotto gli alberi ( e quindi lungo i due marciapiedi centrali) durante le ore notturne, in quanto i lampioni installati negli anni '60 (fig. 4.2) non sono sufficientemente potenti, mentre i lampioni presenti sulla carreggiata centrale in corrispondenza degli incroci sono stati progettati, ovviamente, per illuminare il viale. I pochi e sporadici punti luce presenti sui palazzi non bastano a compensare questa insufficienza di luce che, di fatto, rendono assai poco frequentati i due camminamenti centrali del viale durante le ore serali.

Un ulteriore "mancanza" del viale è un percorso ciclabile collegante p.le della Vittoria con la Stazione: è presente una pista ciclabile lungo la via Emilia, che costeggia il

piazzale (e quindi cinge anche l'ingresso al viale della Libertà) e prosegue seguendo quelle che una volta erano le mura.

Si è voluto porre l'attenzione anche all'identità degli edifici che "sfilano" lungo il viale, essendo anch'essi parte integrante, e fondamentale, dell'importanza di questo asse carrabile; per questo motivo una delle criticità più evidenti che si possono riscontrare percorrendo il viale, è il fatto che il valore storico-architettonico degli edifici non viene adeguatamente "mostrato", palesato, rivelato all'esterno, per cui non si ha la piena conoscenza della storia e del significato che permea quest'area.



Fig. 4.1 - Basamento in ghisa a sostegno dei lampioni "a frusta" della carreggiata centrale <sup>(1)</sup>



Fig. 4.2 - Lampione degli anni '60 ed aiuola verde

---

(1) IL VIALE DELLA STAZIONE op. cit.



Fig. 4.3 - Lo stato di degrado del manto stradale dei marciapiedi centrali



Fig. 4.4 - Due alberi tagliati e mai ricollocati



Fig. 4.5 - Vista del marciapiede centrale antistante l'istituto

## 4.2 STRATEGIE

Evidenziati i punti critici, i metodi di intervento proposti sono diversi:

1 - un generale restauro del manto dei marciapiedi, soprattutto quelli centrali, con particolare cura ai bordi in pietra naturale, da salvaguardare laddove siano ancora presenti ed intatti, e da ripristinare laddove mancanti.

2 - un ripristino totale delle alberature mancanti, della stessa specie di quelli già presenti (leccio) ed un graduale

abbattimento con conseguente reimpianto degli esemplari via via più anziani e malati.

3 - un'adeguata aerazione dell'apparato radicale arboreo presente e futuro.

4 - l'inserimento di due piste ciclabili (una per senso di marcia) tra il piazzale e la stazione.

5 - la valorizzazione, o meglio l'identificazione all'esterno, di tutti gli edifici storici costruiti negli anni del ventennio (edifici progetto ATRIUM), cui devono la propria realizzazione soprattutto alla presenza del viale, per un atto di sensibilizzazione del pubblico e di rispetto per quelle che sono opere architettoniche di un'epoca particolarmente felice per l'arte e la scienza italiana. Di ogni edificio, inoltre, potrebbe essere esternata al pubblico, in viale della Libertà, una o più peculiarità specifiche che la stessa costruzione offre, le quali rimarrebbero a disposizione dei soli utenti, i quali troppo spesso sono ignari di ciò che li circonda.

## 4.2 EFFICIENZA ENERGETICA

Affrontate le problematiche a livello urbanistico, si è proceduto con l'analisi del comportamento energetico dell'istituto, partendo dalla ricostruzione delle stratigrafie delle chiusure opache, basandosi su piante, sezioni e qualche cenno di tecnologia delle murature dell'epoca.

Per quanto riguarda le chiusure trasparenti, come accennato nel paragrafo 3.2.2, l'istituto è dotato di infissi relativamente recenti (installati nel 2003), formati da telaio in alluminio con vetrocamera 4-15-4 mm per le finestre dell'edificio principale, e 4-18-4 per quelle presenti nel reparto officine (di cui sono stati cambiati anche gli infissi delle aperture sugli shed).

Il riscaldamento degli ambienti è assicurato da una caldaia classificata 3 stelle, a metano, di 2.300 kWh di potenza utile nominale, situata nella centrale termica posizionata esternamente all'edificio, nella corte interna, lato Nord.

Da questo locale partono quattro mandate per il riscaldamento dell'intero complesso (escluse le palestre, le quali si affidano ad un'altra centrale posta sempre all'interno del lotto), dividendolo quindi in altrettante "zone termiche": l'Aula Magna, gli uffici, tutte le aule e laboratori presenti nell'edificio principale (inclusa l'ala del 1994), ivi compresi i corridoi ed i servizi igienici, ed il reparto officine.

Come ulteriori dati su cui sviluppare la simulazione energetica l'istituto cita, in un documento pdf <sup>(1)</sup>, i consumi ed i relativi costi sostenuti dalla scuola per il riscaldamento dell'inverno 2010-2011, dichiarando di aver "consumato" 2.141.000 kWh di energia prodotta tramite metano

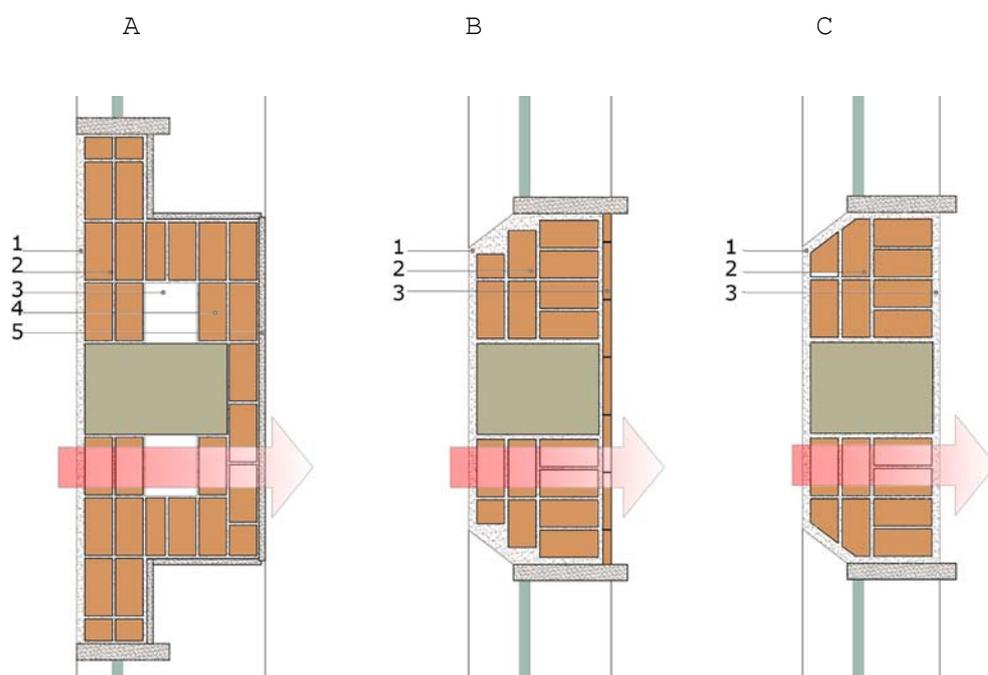
---

(1) Fonte: [http://www.itisforli.it/albo/sicurezza/scheda\\_2012.pdf](http://www.itisforli.it/albo/sicurezza/scheda_2012.pdf)

(circa 223.000 m<sup>3</sup>), a fronte quindi di un emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera di circa 430 tonnellate all'anno. I costi per il riscaldamento di quell'inverno si sono attestati intorno ai 177.000 euro.

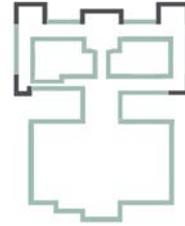
#### 4.2.1 STRATIGRAFIE

Dalle piante e sezioni dell'istituto è possibile individuare diverse dimensioni delle chiusure opache, sia verticali che orizzontali: si è quindi proceduto nella redazione delle diverse stratigrafie, riunite per spessore.



A - Muro perimetrale con rivestimento in travertino - 90 cm  
-  $U = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 3
- 2: Mattoni pieni, cm 28,5
- 3: Camera d'aria, cm 27,5
- 4: Mattoni pieni, cm 28,5
- 5: Travertino, cm 3



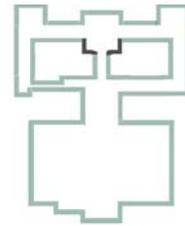
B - Muro perimetrale con rivestimento in travertino - 70 cm -  
 $U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

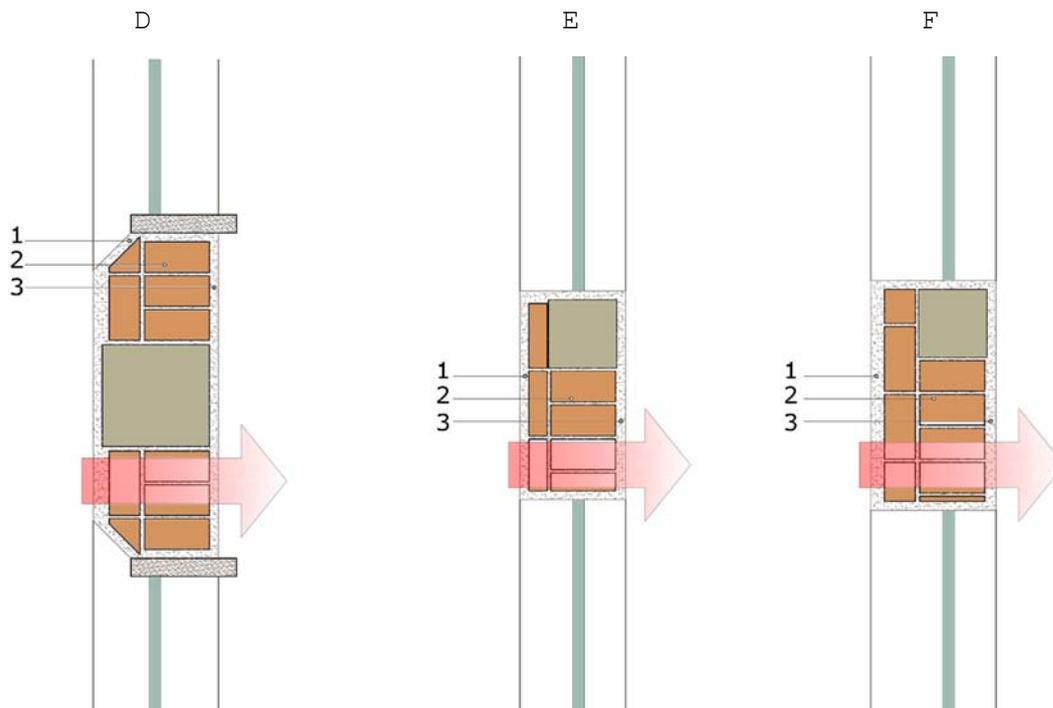
- 1: Intonaco e rinzafo, cm 3
- 2: Mattoni pieni, cm 60
- 3: Listelli di mattone, cm 4



C - Muro perimetrale corte interna - 70 cm  
 $U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 3
- 2: Mattoni pieni, cm 64
- 3: Listelli di mattone, cm





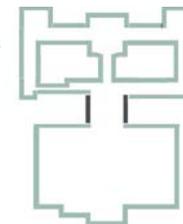
D - Muro perimetrale corte interna - 50 cm  
 $U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 3
- 2: Mattoni pieni, cm 49
- 3: Listelli di mattone, cm 3



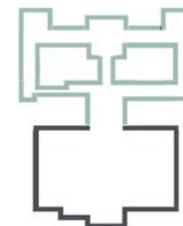
E - Muro perimetrale corpo di collegamento - 45 cm  
 $U = 1,28 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 3
- 2: Mattoni pieni, cm 39
- 3: Listelli di mattone, cm 3

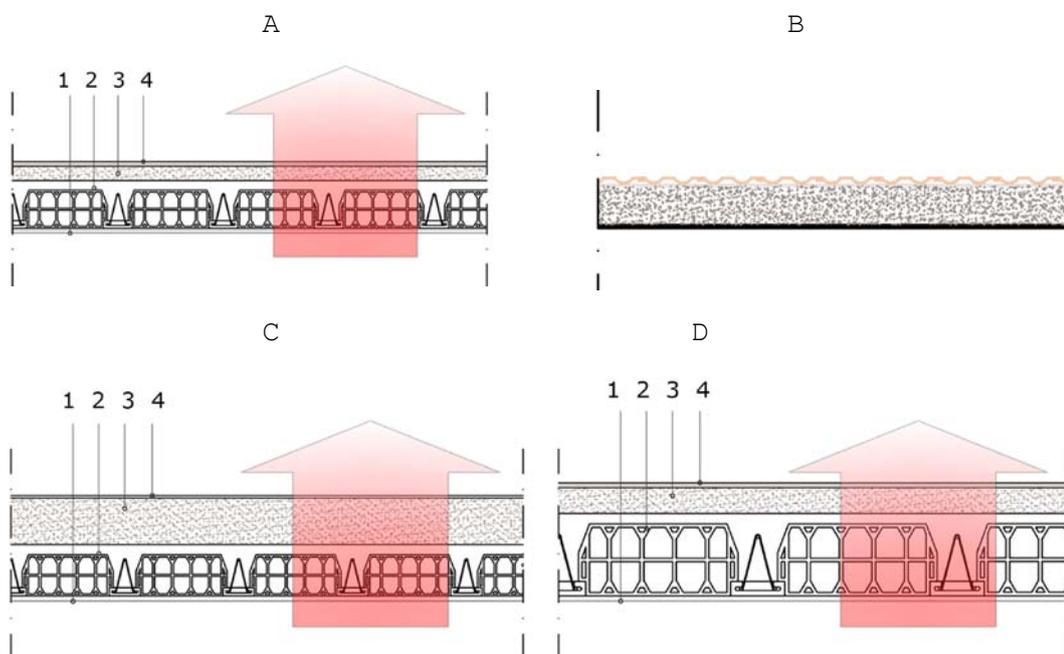


F - Muro perimetrale officine - 55 cm -  $U = 1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 3
- 2: Mattoni pieni, cm 49
- 3: Listelli di mattone, cm 3



La stessa metodologia è stata applicata ai solai, sia intermedi, che di chiusura:



A - Solaio tipo - 30 cm -  $U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 2
- 2: Solaio in latero-cemento, cm 16+4
- 3: Massetto di ripartizione, cm 6
- 4: Pavimento in ceramica, cm 2

B - Copertura "a shed" officine - 24 cm -  $U = 3,59 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzafo, cm 2
- 2: Soletta in cls armato, cm 20
- 3: Membrana catramata impermeabilizzante, mm 5
- 4: Tegole in laterizio, cm 2

C - Solaio di copertura edificio principale - 40 cm

$U = 1,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzaffo, cm 2
- 2: Solaio in latero-cemento, cm 20+4
- 3: Massetto di ripartizione alleggerito, cm 14
- 4: Membrana bituminosa impermeabilizzante, mm 5

D - Solaio aula magna - 45 cm -  $U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 1: Intonaco e rinzaffo, cm 2
- 2: Solaio in latero-cemento, cm 28+4
- 3: Massetto di ripartizione, cm 10
- 4: Pavimento in legno, cm 2

#### 4.2.2 PRESTAZIONE ENERGETICA

Giunti alla conclusione dell'analisi delle stratigrafie (almeno quelle più rilevanti per il calcolo energetico), con l'ausilio del software Termolog Epix 4<sup>(1)</sup> (Logical Soft) è stato realizzato il modello energetico in cui inserire tutti i dati necessari per il calcolo (volumi e superficie riscaldate, tipologie di chiusure, dati sulla caldaia, divisione delle zone termiche, ecc.), da cui si sono potuti ricavare diversi dati riguardanti il comportamento dell'istituto in regime invernale.

Dai calcoli, l'intero complesso (corpo principale + officine + ala del 1994) risulta avere un indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale pari a **EPI = 26,46 kWh/m<sup>3</sup>a**, con un consumo di **2.233.647 kWh** prodotti da un consumo di circa 254.000 m<sup>3</sup> di metano, con uno scarto rispetto alla bolletta fornitori del 9%<sup>(1)</sup>. Ci troviamo quindi in classe energetica 'C'.

Il software ha restituito una serie di dati che, rielaborati con fogli Excel, sono stati in grado di fornire informazioni più dettagliate riguardo alle dispersioni e alla suddivisione delle prestazioni per zone termiche, in maniera tale da poter fare le dovute osservazioni su eventuali interventi migliorativi.

Alcune di queste informazioni sono esplicate dai grafici rappresentati nelle fig. 5.6 a,b,c della pagina seguente.

---

(1) Per completezza è opportuno ricordare che il software presenta implicitamente un errore del 5%, e che i dati reali con cui confrontarsi si basano su un solo anno (2010-2011).

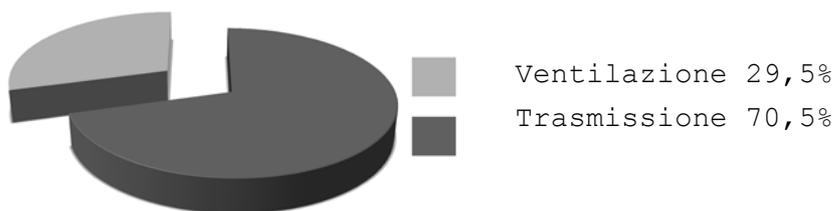


Fig. 4.6a - Dispersioni in regime invernale

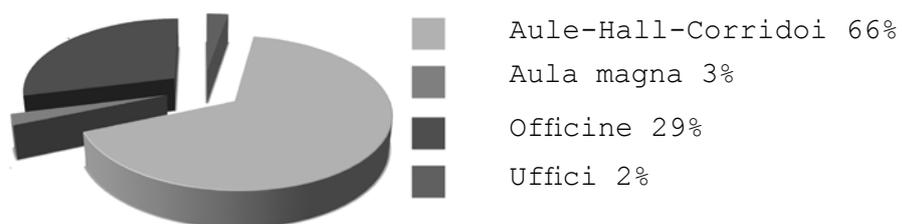


Fig. 4.6b - Dispersioni da ventilazione

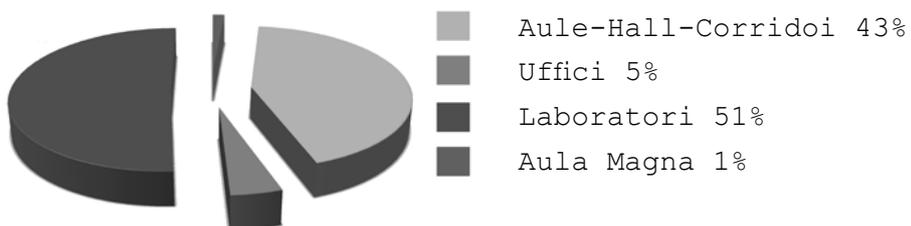


Fig. 4.6c - Dispersioni da trasmissione diretta

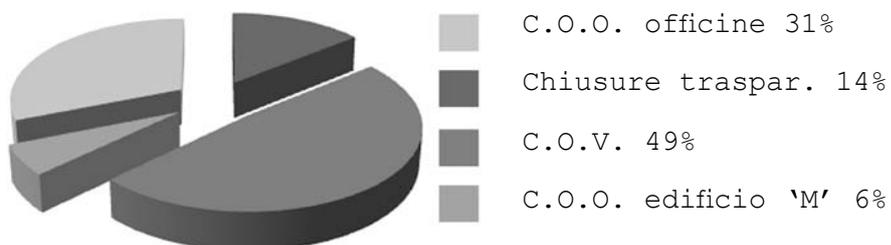


Fig. 4.6d - Potenza termica dispersa

Dai grafici precedenti è possibile notare come la maggior parte delle dispersioni avviene tramite trasmissione diretta. Dalle fig. 5.6c,d si evince come gli elementi più critici dal punto di vista dispersivo sono la copertura del reparto officine e le chiusure opache verticali , che da sole rappresentano la metà delle dispersioni da trasmissione.

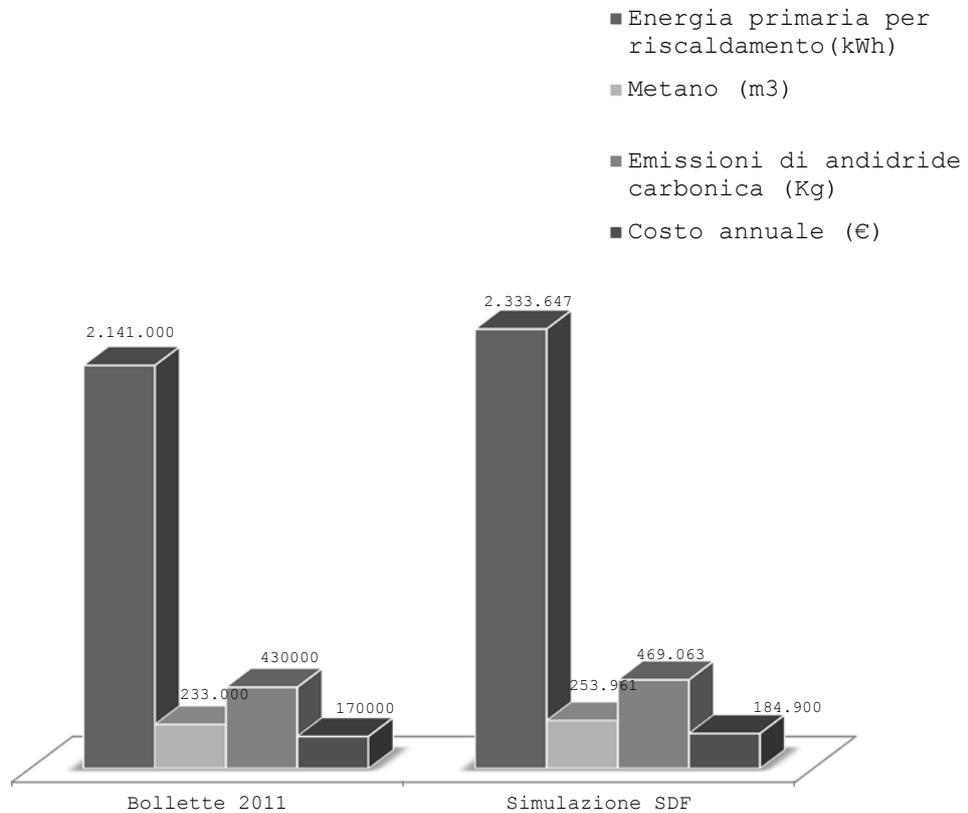


Fig. 4.6e - Variazione tra i dati reali e la simulazione effettuata con il software Logical Termolog Epix 4

### **4.2.3 STRATEGIE**

Alla luce di queste analisi si è scelto di procedere a gradi per raggiungere la classe energetica A, suddividendo gli interventi di progetto per conoscere i singoli benefici, per poter ponderare i dati relativi ad ogni intervento, quali superfici interessate, tecnologie da impiegare, eventuali benefici legati al conteggio energetico, ecc.

Per questi motivi si è scelto di partire dall'aspetto più critico, ovvero le dispersioni dovute a trasmissione diretta:

#### **Intervento A**

Si tratta dell'intervento più urgente data la grande superficie disperdente del reparto (3.000 m<sup>2</sup> per le chiusure opache verticali e 5.500 m<sup>2</sup> per le coperture) e le stratigrafie interessate (tamponamenti esterni molto più ridotti rispetto all'edificio principale ed una copertura formata da una semplice soletta in calcestruzzo armato).

Ragionando sull'aspetto pratico dell'intervento, si è scelto di isolare i tamponamenti verticali delle officine dall'esterno: internamente le pareti presentano una notevole quantità di attrezzature (fig. 4.7a,b pag. 64), tubazioni e macchine, tali da rendere più semplice un isolamento dall'esterno, visto anche il semplice rivestimento presente (intonaco e zoccolatura di travertino) che può essere facilmente rimosso e riposizionato (fig.4.6a pag.63)

#### **Intervento B**

Il secondo intervento si concentra invece sull'edificio ospitante le aule e gli uffici, il quale presenta dei

tamponamenti migliori dal punto di vista termico, ma le superfici in gioco sono decisamente più elevate (9.800 m<sup>2</sup> di chiusure verticali e 2.600 m<sup>2</sup> di coperture).

In questo caso ci si trova praticamente obbligati ad applicare l'isolamento termico internamente, data l'impossibilità di modificare l'immagine e la matericità esterna originaria del fabbricato, con conseguenti tempi biblici nel caso di un rivestimento esterno (occorrerebbe "svestire" l'intero edificio dal rivestimento in lastre di travertino e listelli di laterizio, applicare lo strato di isolamento termico, e riposizionare tutti gli elementi per mantenere "intatta" l'immagine globale dell'istituto).

Dal punto di vista puramente geometrico, isolare l'edificio dall'interno non comporta problemi di dimensionamenti minimi da rispettare, ma si presentano problematiche più sottili: come è possibile notare dalle fig. 5.7a,b a pagina seguente, sono presenti diverse tipologie di posa delle banchine, variabili a seconda del tipo di muro (con sguincio o senza sguincio). Aggiungendo uno strato isolante alla parete nasce l'esigenza di "prolungare" la banchina a filo del nuovo tamponamento maggiorato (lo spessore aggiunto alla parete, comprensivo di isolamento e intonaco, si attesta intorno ai 15 cm).

L'isolamento termico della copertura, essendo questa piana, calpestabile, e rivestita solamente con una guaina impermeabilizzante, risulta ovviamente più semplice e pratico eseguirlo dall'esterno.

### **Intervento C**

Conseguentemente si è preso in esame il sottosistema di emissione del riscaldamento, formato da radiatori in ghisa presenti in tutte le aule, corridoi, servizi igienici ed uffici: oltre ad essere obsoleti ed ormai fatiscenti, sono anche poco vantaggiosi dal punto di vista energetico, per la



Fig. 4.7a - Particolare di una banchina presente nel corpo di collegamento con le officine



Fig. 4.7b - Particolare di una banchina al primo piano

loro caratteristica intrinseca di produrre un ponte termico in ogni parete su cui vengono installati (per il minor spessore del muro dovuto alla nicchia di alloggiamento). Si prevede quindi un diverso sistema di emissione del riscaldamento, più performante, con tempi di attivazione più rapidi, e che permetta l'eliminazione di tutti i ponti termici dovuti alle nicchie dei radiatori.

Sono state prese in considerazione due opzioni: l'uso di fan coil ibdridi (fig. 4.8a) e l'installazione di pannelli radianti a soffitto (fig. 4.8b).

I vantaggi della prima scelta sono numerosi: spessore ridotto al minimo, velocità di risposta, elevata resa termica, deumidificazione, ventilazione e raffrescamento estivo; non è da meno la seconda opzione che, tolta la caratteristica di deumidificare e ventilare l'ambiente, ha il vantaggio di mantenere piante e pareti libere.

La scelta finale è caduta su un sistema di pannelli radianti annegati nel controsoffitto (già presente in numerosi ambienti dell'istituto, da installare ad un'altezza di 4,2 mt dal pavimento (livello corrispondente alla fine delle finestre). I pannelli scelti (si veda il capitolo 5.2 e gli allegati) sono garantiti dal produttore fino ad un'altezza di installazione pari a 5 mt.

In questo modo si possono ottenere diversi risultati:

1 - eliminazione di tutte le nicchie ospitanti i vecchi radiatori, con conseguente diminuzione dei ponti termici e quindi di sprechi energetici

2 - uguale esposizione alla fonte di calore da parte di tutti gli utenti dello stesso ambiente

3 - Mantenimento dell'impatto visivo rispetto allo stato di fatto (tranne per gli ambienti privi di controsoffitti)

L'opzione dei fan coil ibridi (fig. 4.8a) risulta più anti economica dei pannelli radianti a soffitto (fig. 4.8b) e sicuramente in contrasto con l'immagine storica dell'edificio.

#### **Intervento D**

Infine si è preso in considerazione anche quel 30% circa di dispersioni energetiche dovute alla ventilazione naturale , pensando quindi di prevedere un impianto di ventilazione meccanica che possa risultare sufficientemente dimensionato per garantire un ricircolo continuo di aria salubre, calcolato in base alle prescrizioni dettate da norme UNI specifiche<sup>(1)</sup>, e che possa permettere, tramite un recuperatore di calore, un risparmio energetico in termini di minori dispersioni dovute a ventilazione, senza tener conto di altri vantaggi che verranno elencati nei capitoli riguardanti le strategie ed il progetto sul tema del benessere degli utenti.



Fig. 4.8a - Esempio di fan coil ibrido

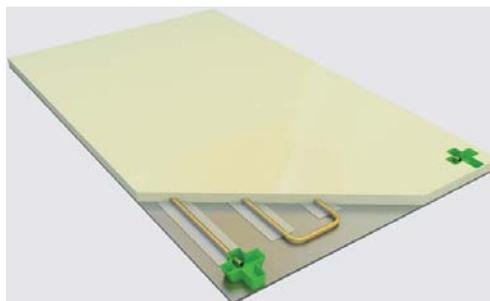


Fig. 4.8b - Esempio di pannello radiante a soffitto

---

(1) Si faccia riferimento ai capitoli 5.2.5 e 5.3.1

### **4.3 IL BENESSERE DEGLI UTENTI**

Uno dei punti centrali di questa tesi, è quello di porre al centro dell'attenzione degli interventi l'utente finale dell'edificio, vale a dire studenti, insegnanti e personale, cercando di elevare lo standard qualitativo medio di comfort percepito, sotto più punti di vista.

Si ritiene che l'ambiente in cui un soggetto deve apprendere, studiare o lavorare sia di fondamentale importanza: più l'ambiente è salubre sotto diversi punti di vista, migliore è la capacità di apprendimento, causata dall'allungarsi dei tempi di declino dell'attenzione, dovuta molto spesso alla presenza di aria insalubre (ricca di anidride carbonica) che causa sonnolenza, spossatezza, fatica nel concentrarsi intensamente o per periodi relativamente lunghi.

Gli aspetti dovuti alla qualità dell'aria non sono gli unici presi in considerazione: si è ritenuto necessario approfondire anche l'aspetto illuminotecnico dell'istituto, per analizzare l'illuminamento naturale durante le ore di lezione di tutto l'anno, in modo da riscontrare o meno delle criticità ed eventualmente vagliare le possibili soluzioni da adottare.

Stessa procedura è stata effettuata per il comfort acustico, come illustrato nel capitolo 4.3.2

#### 4.3.1 COMFORT VISIVO

L'edificio conta un elevato numero di aule disposte su 3 piani differenti e orientate secondo tutti i punti cardinali (caratteristica intrinseca data dalla forma "a manubrio di bicicletta" dell'istituto stesso).

Si è immediatamente riscontrata la necessità di rilevare e/o verificare (laddove possa risultare necessario) il comfort illuminotecnico adeguato ai compiti da svolgere all'interno dei vari locali, in quanto è indispensabile, soprattutto in un edificio scolastico, poter usufruire del massimo illuminamento secondo norma: sia per un motivo di risparmio energetico e monetario, sia, soprattutto, per la maggiore sensazione di benessere che un utente percepisce in un ambiente illuminato naturalmente rispetto allo stesso illuminato artificialmente.

Allo stato attuale le aule sono quasi costantemente oscurate da sistemi "a veneziana" interni, per impedire fenomeni di abbagliamento, dovuti dalle grandi dimensioni delle finestre (190 x 320 cm e 160 x 320 cm), che hanno la controindicazione di oscurare in modo eccessivo soprattutto le zone delle aule più lontane dalle pareti finestrate, rendendo necessaria l'ausilio dell'illuminazione artificiale per gran parte dell'anno.

Per affrontare questo tema, sono state seguite le indicazioni prescritte dalle norme:

- UNI EN 12464-1/2004 "Illuminazione dei posti di lavoro"
- UNI 10840/2000 "Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale"

## METODOLOGIA DELL'APPROCCIO ALLE CRITICITA'

### 1) Scelta delle aule da prendere in esame

Dopo uno studio della disposizione delle varie aule e delle loro dimensioni, si è scelto di prendere in esame 3 aule tipo, situate al livello 1 (fig. 4.9a)

### 2) Modellazione 3D con il software Ecotect Analysis

3) Esportazione del modello nel software Desktop Radiance impostando un CIE OVERCAST SKY (cielo uniformemente coperto nella peggior condizione invernale possibile).

### 4) Rilevazione dell'illuminamento in situ

Il rilevamento è stato effettuato una mattina di novembre, tra le 10.30 e le 11.00, con un luxmetro modello portatile HD 2302.0 (fig. 4.10).

Come è possibile notare dalla fig. 4.11a, l'illuminamento medio riscontrato nei primi banchi è molto elevato (più di 1000 lux), mentre nei banchi più lontani dalla finestra, ovviamente, il livello cala, sino a raggiungere un illuminamento medio inferiore ai 100 lux<sup>(1)</sup>.

### 5) Calcolo del Daylight Factor delle aule con la metodologia prescritta dalla norma UNI 10840/2000

---

(1) Per maggior correttezza è necessario ricordare che l'aula rilevata era l'unica messa a disposizione dal personale dell'istituto, e non corrisponde alle caratteristiche geometriche della maggior parte delle aule. Si tratta quindi di un rilevamento svolto al solo scopo di conoscere a livello qualitativo l'illuminamento medio all'interno dell'aula durante una giornata tipo, con un cielo uniformemente coperto.

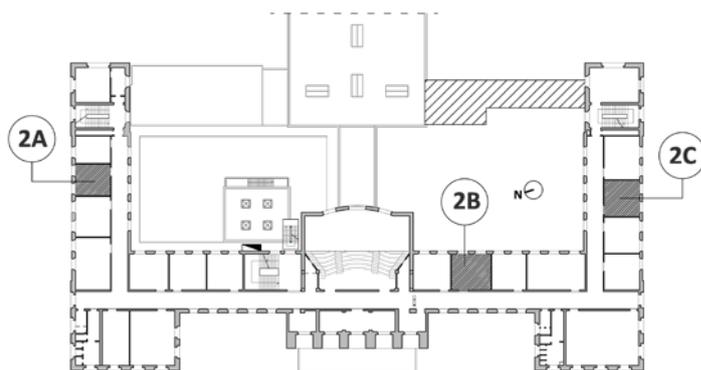


Fig. 4.9 - Le tre aule prese in esame e modellate con il software



Fig. 4.10 - Luxmetro modello HD 2302.0 utilizzato per i rilevamenti

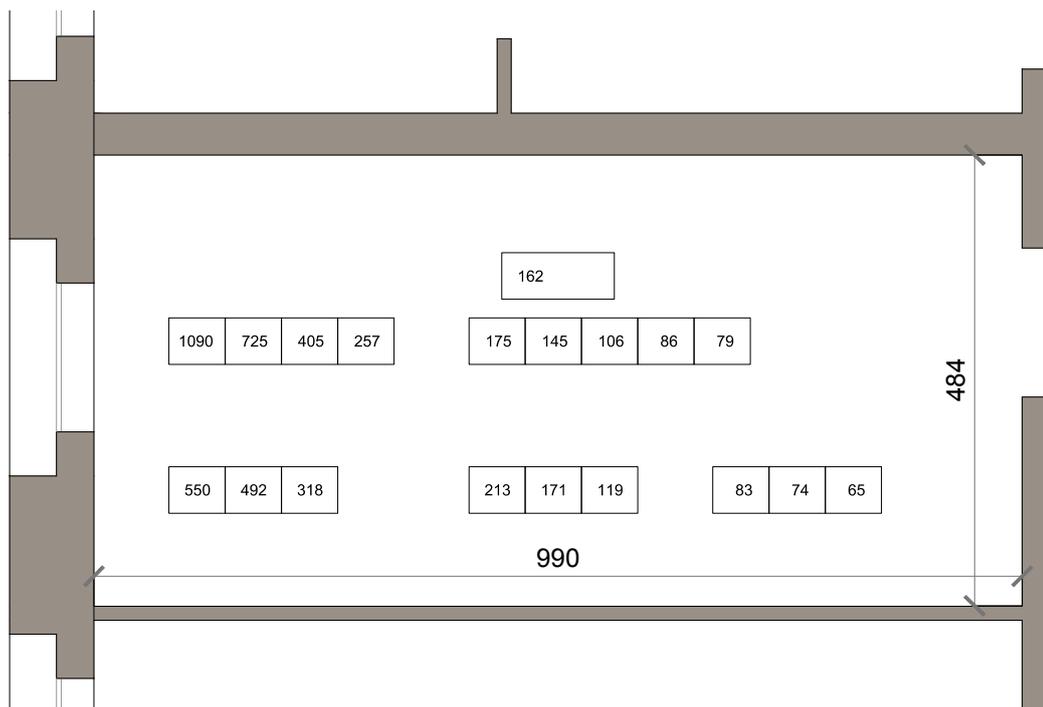


Fig. 4.11a - Aula di rilevamento con luxmetro, situata al primo piano, con finestra esposta a nord-ovest

#### 4.3.1.1 DISOMOGENEITA' DELL' ILLUMINAZIONE NATURALE E FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO

Il primo passo è stato scegliere una delle 3 aule (quella piu "tipica"), ovvero la 2B (fig. 4.11b), su cui concentrarsi per effettuare diverse simulazioni, a seconda delle problematiche che sarebbero scaturite.

Le simulazioni dello stato di fatto sono state eseguite con finestre completamente libere da qualsiasi sistema oscurante, con un CIE OVERCAST SKY (cielo completamente coperto nella peggior condizione invernale possibile), i dati climatici di

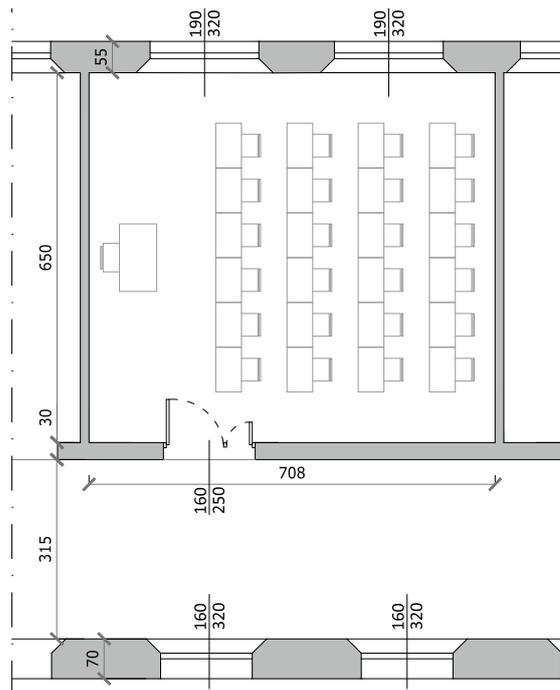


Fig. 4.11b- Aula 2B, posizionata al primo piano

Rimini<sup>(1)</sup>, e con i seguenti indici di riflessività:

- Pareti: 50%
- Soffitto: 70%
- Pavimento: 25%
- Banchi/sedie: 45%
- Vetri finestre (trasmissione luminosa): 75%

Dalla fig. 4.12 si nota come i banchi più prossimi alle finestre siano fortemente illuminati, con un illuminamento medio superiore a 700-800 lux, mentre quelli più lontani presentino un illuminamento medio decisamente inferiore, attestato intorno ai 50-100 lux

Data la volontà di garantire un livello di illuminamento medio di 300 lux sulla maggior parte dei banchi, si sono

---

(1) In rete sono disponibili i file di Bologna e Rimini e, data la maggior vicinanza con Forlì, si è scelto il secondo, considerando anche il fatto che a livello di percorso solare le differenze sono minime

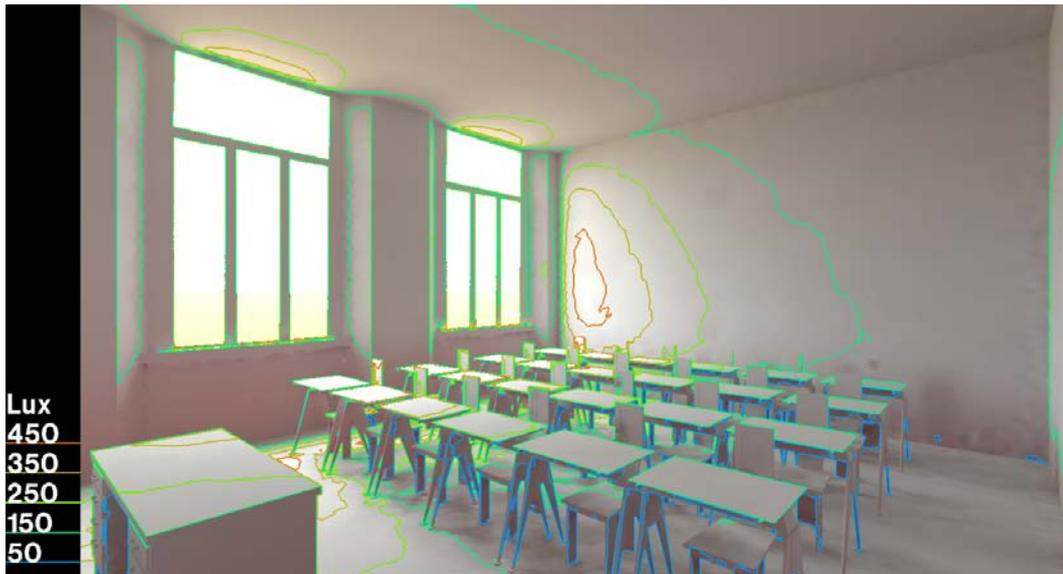


Fig. 4.12 - Isolux dell'aula 2B, situata al piano primo



Fig. 4.13 - Isolux dell'aula 2A, posizionata al piano primo



Fig. 4.14 - Isolux dell'aula 2C, posizionata al piano primo

studiate diverse possibili soluzioni per poterli garantire. Lo stesso di tipo di analisi è stato condotto anche sulle altre due aule: dalla fig. 4.13 è possibile notare come l'illuminamento medio dell'aula 2A sia molto alto nei banchi più vicini le finestre, analogamente all'aula 1B, mentre i banchi più lontani godono di un illuminamento migliore. Lo stato di fatto dell'aula dell'aula 2C è infine rappresentato dalla simulazione presente in fig. 4.14. In generale si possono notare le stesse problematiche riscontrabili nell'aula 2A.

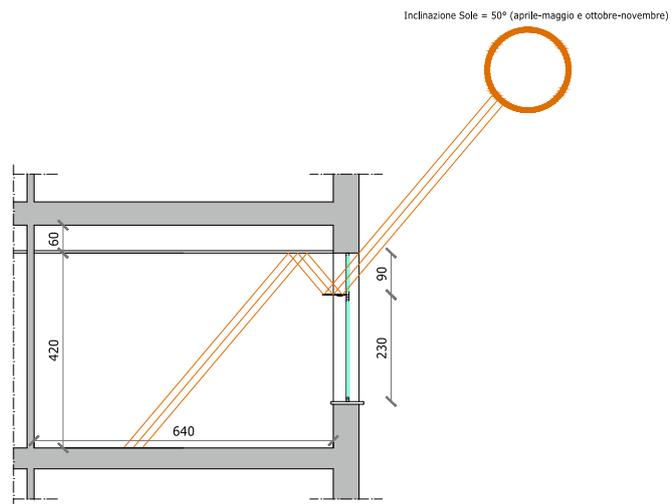


Fig. 4.15a - Ipotesi di inserimento di lamella metallica

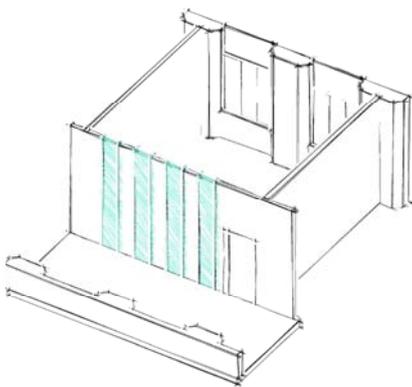


Fig. 4.15b - Ipotesi di inserimento di 4 tagli vetrati per aula, 60x420 cm

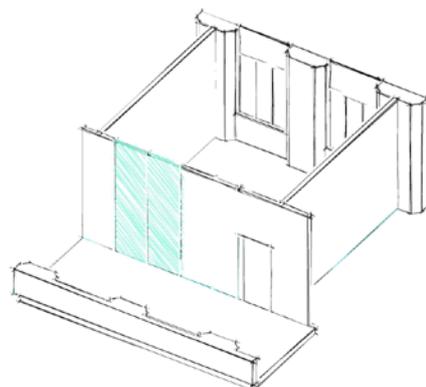


Fig. 4.15c - Ipotesi di inserimento di un taglio vetrato per aula, 240x420 cm



Fig. 4.15d - Sistema di oscuramento delle aule dell'istituto

#### 4.3.1.2 STRATEGIE

Soluzione 1)

Inserimento di una lamella d'acciaio ad alta riflessione (95%) da inserire in corrispondenza delle finestre, per l'intera larghezza delle stesse, ad un'altezza di 230 cm dalla banchina (fig. 4.15a)

Soluzione 2)

Inserimento di 4 tagli vetrati da effettuare sulla parete opposta alle finestre, di dimensioni 60 x 420 cm, formati da

vetro satinato (72% di filtraggio luce) (fig. 4.15b).

La scelta del vetro satinato è giustificabile per la volontà di impedire agli studenti di distrarsi dalle lezioni guardando nei corridoi

Soluzione 3)

Inserimento di una fascia vetrata sulla parete opposta alle finestre, di dimensioni 240 x 420 cm, formata da vetro satinato (72% di filtraggio luce) (fig. 5.15c)

Soluzione 4)

Rimozione delle veneziane interne (fig. 5.15d), inutili dal punto di vista del surriscaldamento termico e troppo ombreggianti, con conseguente posizionamento di tende oscuranti, a diversa percentuale di filtraggio luce, posizionate negli alloggi dei cassettoni per le serrande (quindi poste esternamente).

Sono state effettuate analisi con tende aventi le seguenti caratteristiche:

-Parte alta (90 cm) percentuale di filtraggio luce = 80%

-Parte bassa (230 cm)percentuale di filtraggio luce = 40%

Questa diversa percentuale di filtraggio della luce si rende necessaria per impedire un eccessivo illuminamento dei banchi al ridosso delle finestre, permettendo allo stesso tempo di l'oscuramento eccessivo di quelli più lontani.

Le tende sono state modellate con un colore verde acqua chiaro, il più simile possibile a quello delle serrande originali.

## RISULTATI

### Aula 2B

Dalle analisi effettuate, si può notare come la soluzione 1) non apporti sostanziali modifiche. (fig. 4.16)

Attenua in buona parte l'illuminamento eccessivo dei banchi più prossimi alle finestre e lo aumenta sul soffitto, ma non produce effetti significativi sui banchi più lontani dalle finestre, ovvero quelli che maggiormente avrebbero bisogno di luce naturale.

La soluzione 2) aumenta significativamente l'illuminamento medio dei banchi più problematici, passando da 50-100 lux a 250-300 lux (fig. 4.17)

Con la soluzione 3) l'aumento dell'illuminamento medio sui banchi critici è leggermente superiore alla seconda soluzione (fig. 4.18)

La soluzione 4) permette di abbattere drasticamente l'illuminamento medio dei banchi sotto le finestre, arrivando intorno ai 300 lux, abbassandolo contemporaneamente anche nei banchi più lontani. La diversa percentuale di filtraggio luce delle tende permette di ridurre l'oscuramento eccessivo della parte terminale dell'aula, (fig. 4.19).

### Aula 2A

Constatato che la soluzione 1) non apporta i miglioramenti sperati, per le aule successive sono state effettuate simulazioni solo con le soluzioni 2) 3) e 4)

La soluzione 2) (fig. 4.20) aumenta come previsto l'illuminamento medio dei banchi più critici, di circa 200 lux rispetto allo stato di fatto.

La soluzione 3) (fig. 4.21) presenta un aumento ancor più evidente e significativo dell'illuminamento medio dei banchi, con una luce naturale meglio distribuita sulla superficie interna dell'aula

La soluzione 4) (fig. 4.22) abbassa drasticamente

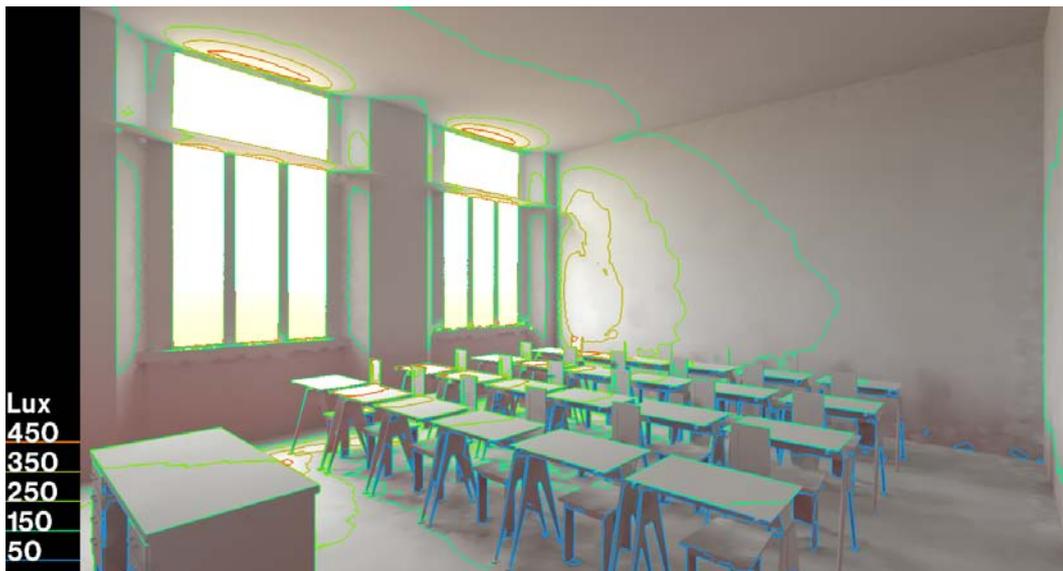


Fig. 4.16 - Soluzione 1), inserimento di lamelle metalliche ad alta riflessione

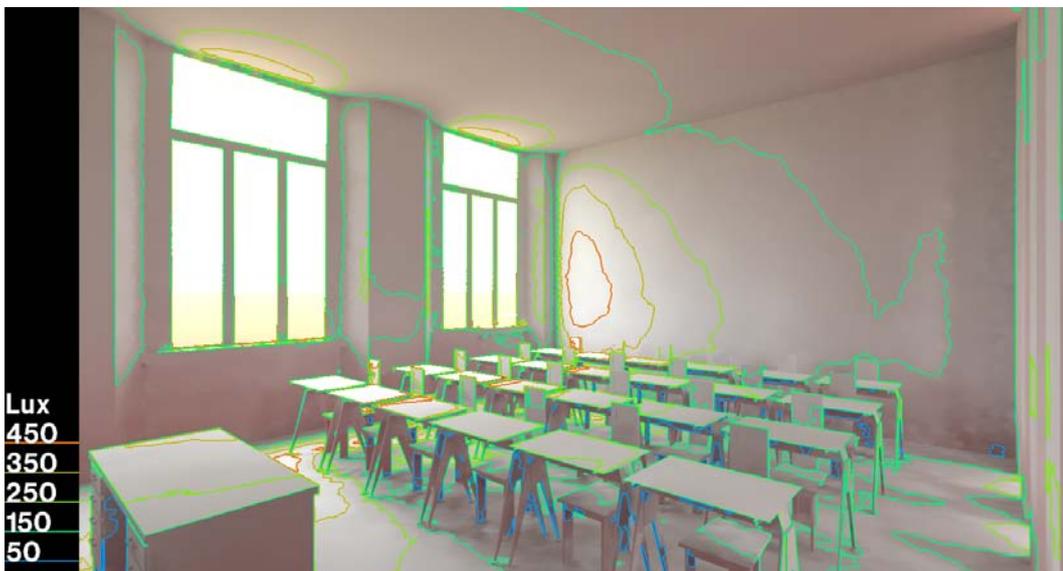


Fig. 4.17 - Soluzione 2), inserimento di 4 tagli vetrati sulla parete opposta alle finestre, dimensioni 60x420 cm

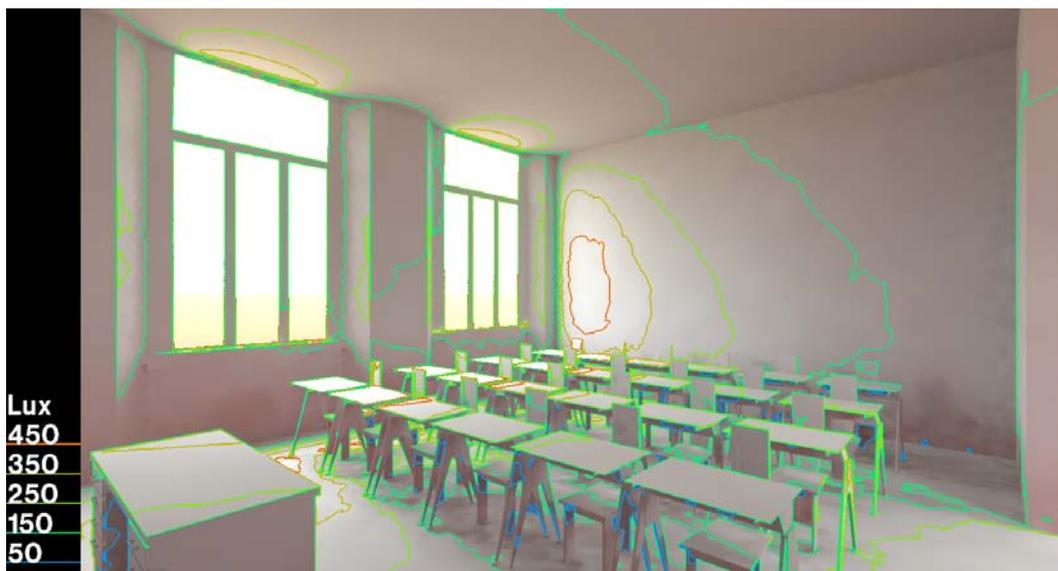


Fig. 4.18 - Soluzione 3), inserimento di un taglio vetrato sulla parete opposta alle finestre, dimensione 240x420 cm



Fig. 4.19 - Soluzione 4), inserimento di tende a rullo esterne con filtraggio luce diversificato



Fig. 4.20 - Soluzione 2) applicata all'aula 2A



Fig. 4.21 - Soluzione 3) applicata all'aula 2A



Fig. 4.22 - Soluzione 4) applicata all'aula 2A

l'illuminamento nei primi banchi, mentre lo mantiene pressochè inalterato in quelli più lontani (rispetto alla simulazione di fig. 4.13)

Aula 2C

La soluzione 2) (fig. 4.23), aumenta di un centinaio di lux l'illuminamento medio dei banchi più critici, in modo grossomodo uniforme

La soluzione 3) (fig. 4.24), presenta molte analogie con la precedente, con la differenza di un illuminamento maggiore di ulteriori cento lux di almeno un paio di banchi

La soluzione 4) (fig. 4.25), come avviene per le aule precedenti, riduce fortemente l'illuminamento dei banchi

più vicini alle finestre, forse in maniera ancor più accentuata. Per l'aula in esame, e le altre con il medesimo orientamento, sarà opportuno valutare filtraggi luce delle tende inferiori più elevati, passando da un 40% ad un 55-60% di filtraggio luminoso.

#### Daylight Factor

Si è ritenuto opportuno effettuare anche il calcolo, tramite foglio excel, del Daylight Factor delle aule prese in esame, ottenuto secondo prescrizione della norma UNI 10840/2000 "Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale".

Come risulta dagli allegati, l'aula 2B possiede un DF pari al 3,18%, l'aula 2A del 3,22%, mentre la 2C si attesta intorno al 2,70%

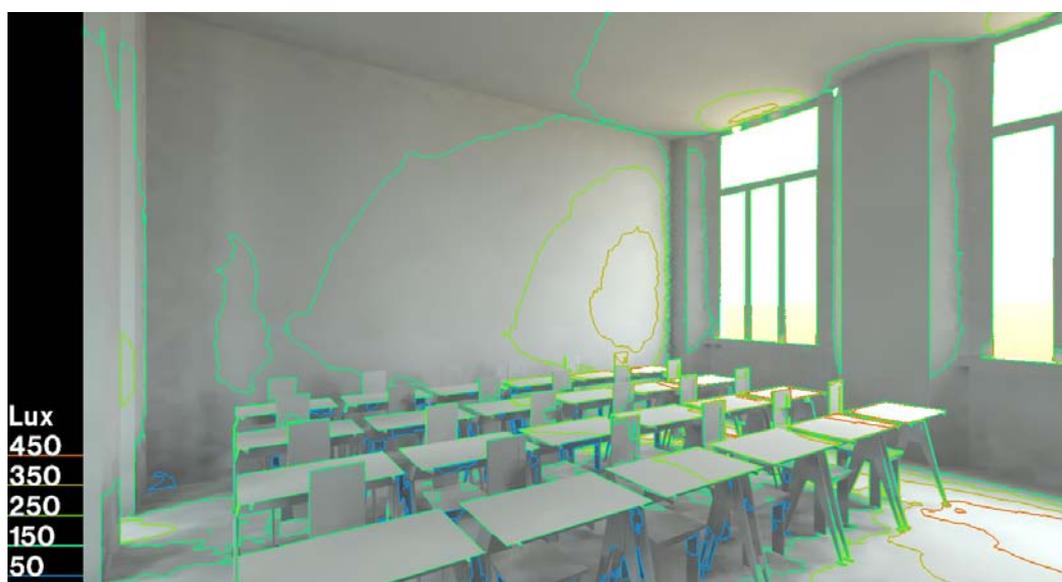


Fig. 4.23 - Soluzione 2) applicata all'aula 2C



Fig. 4.24 - Soluzione 3) applicata all'aula 2C

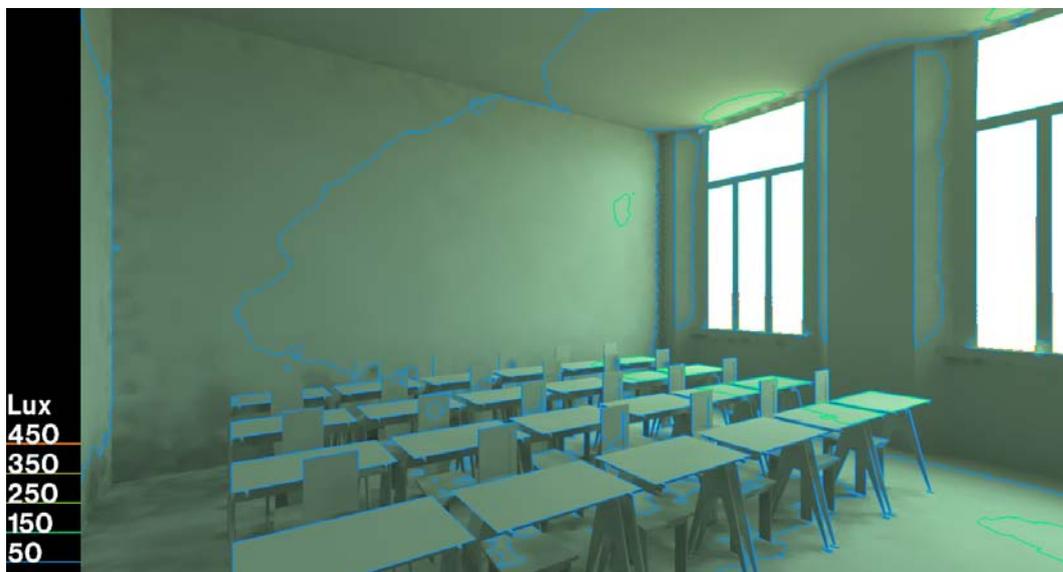


Fig. 4.25 - Soluzione 4) applicata all'aula 2C

## CONSIDERAZIONI

Per quanto riguarda la diminuzione dell'eccessivo abbagliamento dei banchi più prossimi le finestre, si è scelto di prendere in considerazione la soluzione 4), non solo per le aule, ma per tutte le finestre del corpo principale dell'istituto; essenzialmente per 3 ragioni:

- E' una soluzione flessibile; le tende si potranno regolare manualmente o automaticamente, magari con un crepuscolare, a seconda delle esigenze.
- Non vanno ad alterare irrimediabilmente l'identità originaria delle facciate dell'istituto (sono state trovate tracce di serrande in legno verniciato con colore verde acqua chiaro)
- Hanno anche un vantaggio dal punto di vista del surriscaldamento interno degli ambienti, essendo posizionate esternamente (esula da questo tipo di analisi, ma , rispetto alla situazione attuale)

Per migliorare l'illuminamento medio invece, si è scelto di tenere in considerazione solamente le soluzioni 2) e 3), in quanto si sono rivelate le uniche in grado di rispondere alle nostre esigenze

La scelta su quale soluzione sia quella definitiva, sarà ponderata tenendo in considerazione, oltre l'aspetto illuminotecnico, anche la qualità architettonica degli ambienti interni.

Sia la soluzione 2) che 3) alterano sensibilmente l'identità attuale dei corridoi e delle aule didattiche. Va tenuto conto anche del fatto che l'aspetto attuale degli ambienti interni e' profondamente diverso da quello originario, per ovvi motivi di adeguamenti didattici, i quali comportano inevitabilmente cambi di destinazione degli ambienti, demolizioni e ricostruzioni di tramezzi

divisori per ampliare o ridurre le superfici delle singole aule didattiche. Vi e' un elemento che e' rimasto inalterato durante gli anni: la successione lineare lungo gli spazi serventi interni delle aule, e l'opzione di aprire tagli vetrati sulle pareti divisorie si puo' giustificare con la necessita' di adeguare tecnologicamente e qualitativamente la vita degli utenti dell'istituto, compatibilmente con la consapevolezza di non trovarsi di fronte ad un "immagine" storica degli ambienti interni di pregio e quindi da salvaguardare, in quanto e' insito nella natura di un istituto tecnico superiore di modificare la disposizione interna dei propri ambienti.

Occorrerà valutare attentamente quale soluzione sia la più adeguata a trasmettere quel senso di grandezza e uniformità di cui ora gli ambienti interni godono, cercando di implementare nello stesso intervento piu' funzioni utili, senza fermarsi all'aspetto illuminotecnico (e quindi del comfort visivo).

#### 4.3.2 LA QUALITA' DELL'ARIA

La qualità dell'aria rappresenta uno degli aspetti principali per il raggiungimento della condizione di benessere; questo è vero in particolare nell'ambito scolastico dove il termine salute è quasi sinonimo di salubrità dell'aria, tanto negli spazi aperti quanto, ed in misura più accentuata, negli ambienti chiusi.

In questi ambienti diventa dunque necessario garantire adeguati ricambi d'aria e idonei trattamenti in modo che il grado di inquinamento interno agli ambienti sia ridotto ai termini in cui esso si possa ritenere "accettabile". Lì dove non è possibile garantire la Indoor Air Quality (IAQ) mediante la ventilazione naturale, dato l'uso degli ambienti e/o le dispersioni energetiche associate è possibile adottare la ventilazione meccanica.

Il livello di qualità dell'aria in un ambiente si può definire quantitativamente attraverso il "carico inquinante residuo", più questo è elevato, minore è il livello della qualità dell'aria <sup>(1)</sup>. Per poter, quindi, valutare quanto è salubre l'aria che respirata negli ambienti è necessario preventivamente individuare i "fattori inquinanti", la loro concentrazione e stabilire una relazione tra questa ed i diversi livelli di qualità.

L'aria respirata, utopicamente miscela di ossigeno ed azoto più una manciata di gas nobili, ha in realtà anche componenti assai meno nobili, quasi tutti derivati del progresso tecnologico e riconducibili, direttamente od indirettamente, all'opera dell'uomo; questi componenti si sono rivelati nemici della salute pubblica e tra loro emerge tra i più

---

(1) Dalla relazione "La ventilazione meccanica negli edifici" L.M.F. srl

pericolosi il monossido di carbonio (CO).

Ancora oggi, in generale, la qualità dell'aria negli ambienti interni è definita accettabile se è percepita come fresca e piacevole e se non ha un impatto negativo sulla salute; le norme fino ad oggi emesse non prendono però in considerazione la produttività e l'apprendimento e presentano un requisito modesto, ovvero che l'aria sia "accettabile" per almeno l'80% delle persone, questo significa che le persone più sensibili, che rappresenteranno il 20% dei presenti, giudicheranno la qualità dell'aria inaccettabile <sup>(1)</sup>.

Tutto questo risulta estremamente rilevante se si considerano gli studi di Fanger, il quale ha dimostrato che migliorando l'IAQ rispetto ai valori dettati dalle norme attuali, è diminuito il rischio di asma/allergie nelle case, è aumentata la produttività negli uffici ed è migliorato l'apprendimento nelle scuole: i potenziali benefici per la società sono dunque enormi.

Recenti studi indipendenti hanno documentato che un miglioramento della qualità dell'aria interna ha un effetto significativo e positivo per la produttività dei lavoratori in ufficio.

Il grafico in fig. 4.26 viene riportato il legame fra il tasso di ventilazione (espresso in litri per persona) e la produttività negli uffici, risultato dalla combinazione di due studi effettuati nel 2003/2004 da Wargocki e Tham nei call-center: un aumento del tasso di ventilazione implica dunque un aumento proporzionale nella produttività dei lavoratori.

Nel 2000 è stata effettuata una ricerca per determinare la relazione fra la qualità dell'aria e la produttività negli edifici (Wargocki 2000), le prestazioni sono state simulate attraverso tre tipologie di azioni: è stato conteggiato il numero medio di caratteri digitati al minuto, il numero

---

(1) Fonte: <http://inequa.org>

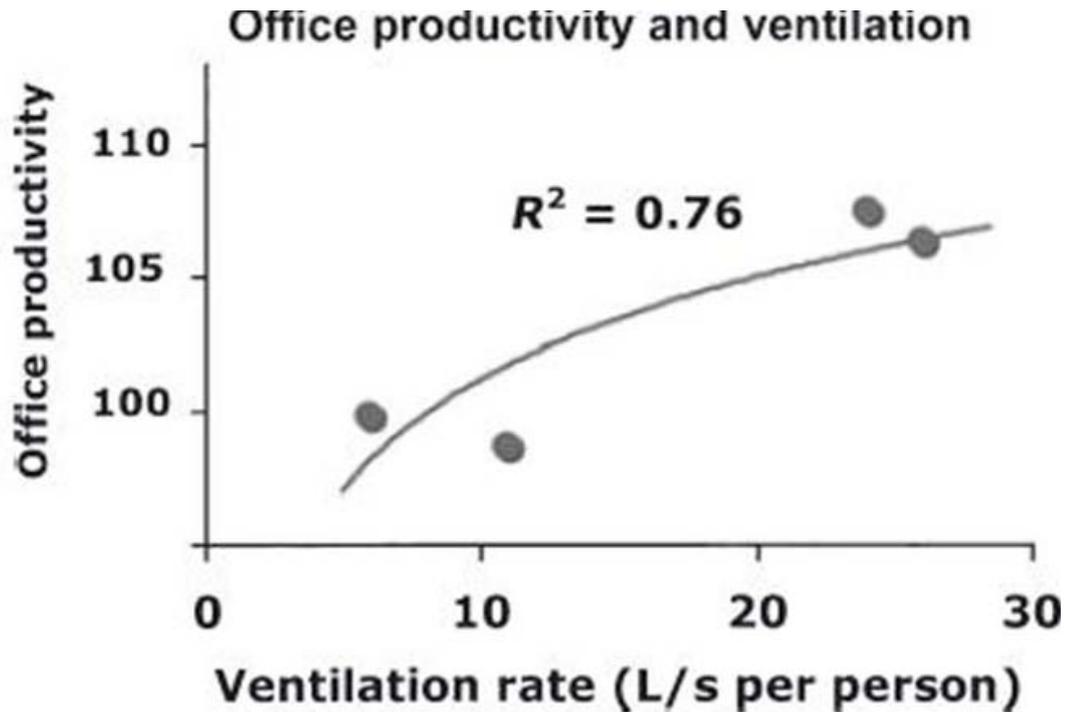


Fig. 4.26 - Rapporto tra ventilazione e produttività. <sup>(1)</sup>

medio di calcoli aritmetici per ogni ora e il numero medio di linee che sono state correttamente tracciate. Il grafico in figura 4.27 mostra la relazione fra la percentuale di persone insoddisfatte e la capacità di digitazione dei caratteri di un testo.

Analoghi risultati sono stati ottenuti da Wyon, nel 2004. Vi è una relazione lineare tra la percentuale di insoddisfatti della qualità dell'aria in ambienti chiusi (dal 20-70%) e il decremento misurato in termini di prestazioni. <sup>(1)</sup>

---

(1) Fonte: <http://www.iaqscience.lbl.gov/si/images/fig3.png>

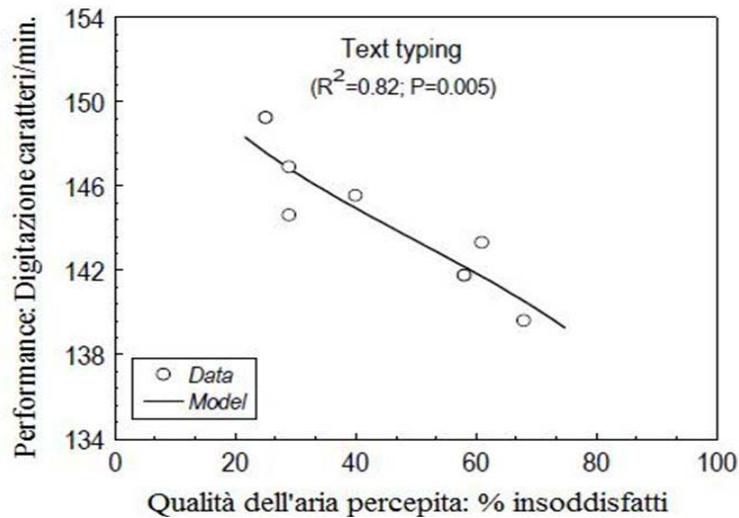


Fig. 4.27 - Rapporto tra qualità dell'aria percepita e la produttività

La qualità dell'aria, dagli studi presi in analisi risulta quindi essere un fattore fondamentale per l'apprendimento, ma non solo, infatti la presenza di inquinamento biologico nell'aria può essere la causa della trasmissione di numerose malattie infettive a carattere epidemico delle alte e basse vie aeree e gli agenti patogeni possono essere dispersi nell'aria oltre che dalle persone, che possono incubare l'agente infettivo e disperderlo nell'aria come bio-aerosol tossendo o starnutando, anche dai sistemi di condizionamento qualora vi sia una carente manutenzione dei filtri e di altre sezioni dell'impianto. È dimostrato che le misure volte a migliorare la qualità dell'aria nelle scuole, anche se non evitano necessariamente l'insorgenza di malattie respiratorie

---

(1) D. P. Wyon : The effects of indoor air quality on performance and productivity

o allergiche, possono contribuire ad attenuarne i sintomi, limitare l'aggravamento della malattia, prevenire forme acute anche gravi, attacchi d'asma o episodi di anafilassi ed, in ogni caso, contribuiscono al benessere ed al miglioramento della qualità della vita di tutte le persone che frequentano abitualmente la scuola per studio o per lavoro.

Per concludere, gli ultimi studi italiani confermano che le esposizioni indoor a scuola ad elevati livelli di CO<sub>2</sub> si associano a presenza di effetti sulla salute respiratoria dei bambini e che scadenti condizioni dell'IAQ e del microclima nelle aule scolastiche influenzano negativamente la performance del lavoro scolastico degli studenti.<sup>(1)</sup>

Particolarmente chiara risulta essere la tabella in fig. 4.28 che mostra come l'esposizione ad elevati valori di CO<sub>2</sub> sia indirettamente proporzionale a molte delle funzioni cognitive dell'uomo.

#### **4.3.2.1 I RILEVAMENTI IN LOCO**

Visti e considerati i risultati che provengono dagli studi della qualità dell'aria in ambienti lavorativi chiusi, si è posto il problema di garantire una qualità dell'aria adeguata, in quanto in un edificio scolastico, come si è visto, rappresenta uno dei fattori che maggiormente influenzando la sensazione di benessere, promuovendo di conseguenza il corretto svolgimento delle attività interne all'edificio.

Dopo aver affrontato il tema a livello teorico sono state svolte le analisi del caso all'interno di un'alula tipo

---

(1) GARD Italy "La qualità dell'aria nelle scuole" Fonte <http://www.istitutocomprensivocastrolibero.it>

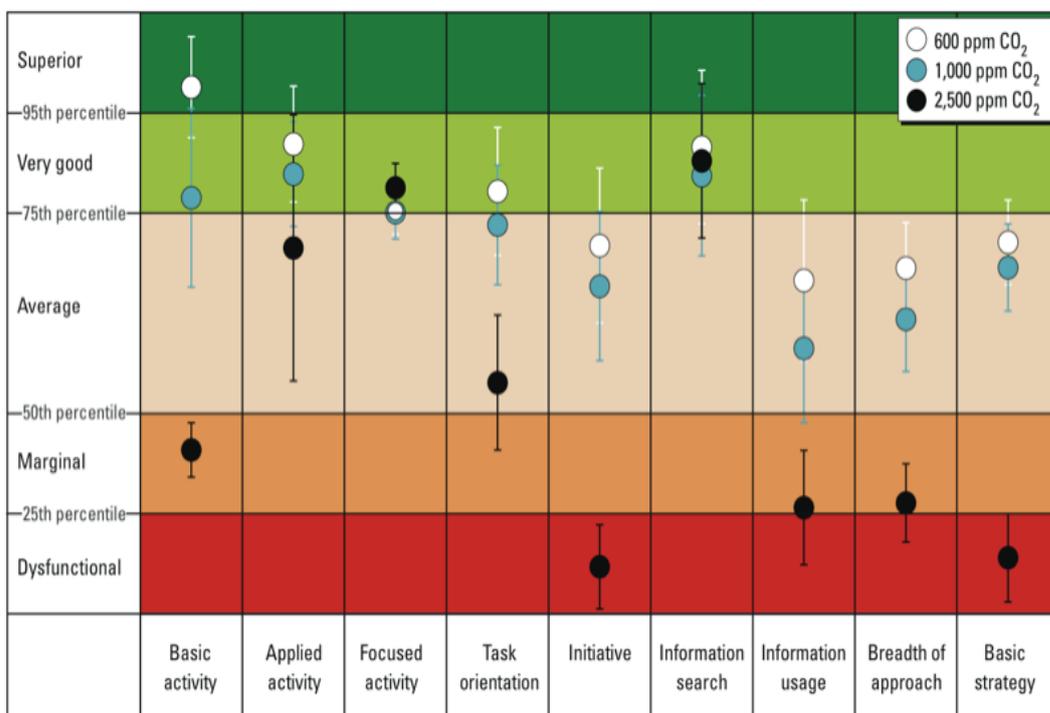


Fig. 4.28 - Impatto della CO<sub>2</sub> sulle prestazioni del processo decisionale umano. <sup>(1)</sup>

(1) Fonte <http://www.bitsofscience.org/wordpress-3.0.1/wordpress/images/2012/10/co2-levels-hypercapnia.jpg>

dell'istituto, la medesima in cui si è svolto il rilevamento col luxmetro visto in precedenza.

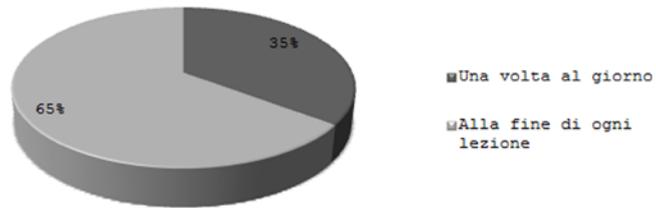
Lo strumento utilizzato e' il modello Datalogger HD37AB17D, dell'azienda Delta Ohm

Dal rilevamento, durato circa 70 minuti, si può notare come i livelli di concentrazione di CO<sub>2</sub> siano largamente superiori ai massimi consentiti da normativa, arrivando a superare le 2.000 parti per milione (ppm) (fig. 4.29a), a fronte di un massimo consentito dalla normativa di 800 ppm. Gli occupanti dell'aula al momento dei rilevamenti erano 20, e lo strumento è stato acceso dalle ore 10 alle ore 11, con l'intervallo per gli studenti durato 10 minuti, durante il quale questi ultimi sono usciti dall'aula, provvedendo quindi ad aprire la finestra per il ricambio dell'aria.

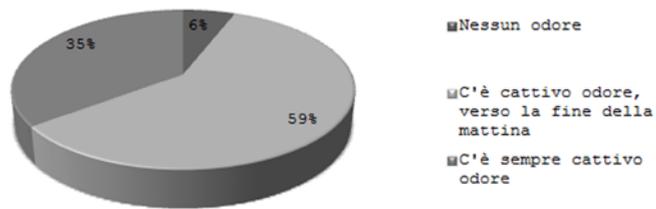
Lo strumento misurava anche la temperatura, e si può constatare come, durante i 10 minuti di intervallo, questa sia scesa sensibilmente, passando da un picco di 22 °C ad un minimo di 18,2 °C (fig. 4.29b).

Nel questionario posto agli studenti erano presenti anche domande relative alla qualità dell'aria, ed i risultati ottenuti sono esplicitati dai grafici sottostanti:

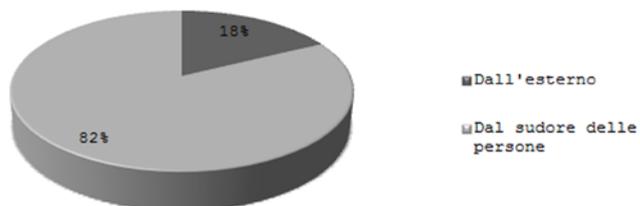
Ogni quanto vengono aperte le finestre per cambiare l'aria?



Che odori ci sono all'interno della stanza?



Da dove provengono i cattivi odori?



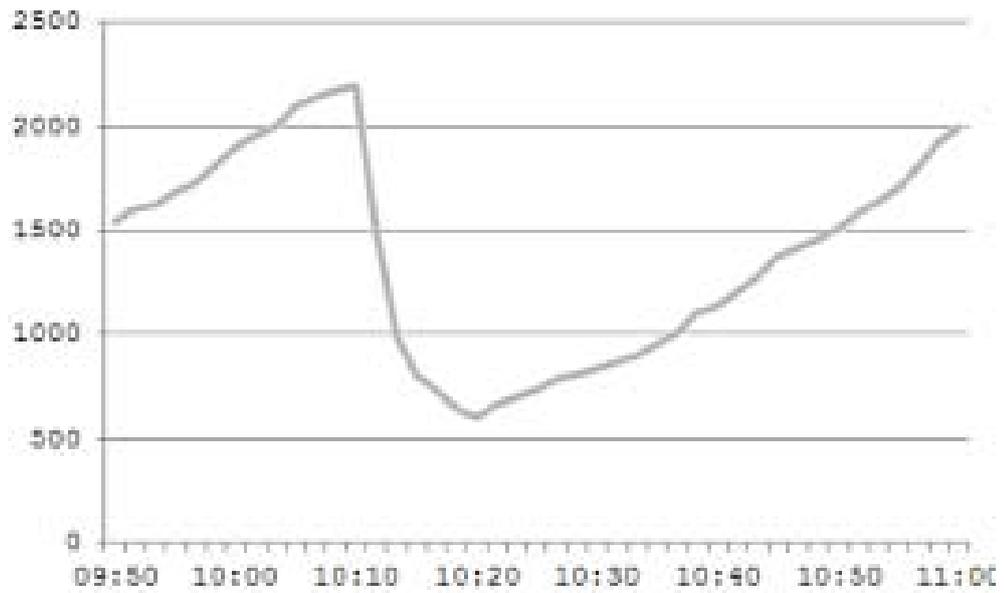


Fig. 4.29a - Concentrazione di CO<sub>2</sub> all'interno dell'aula

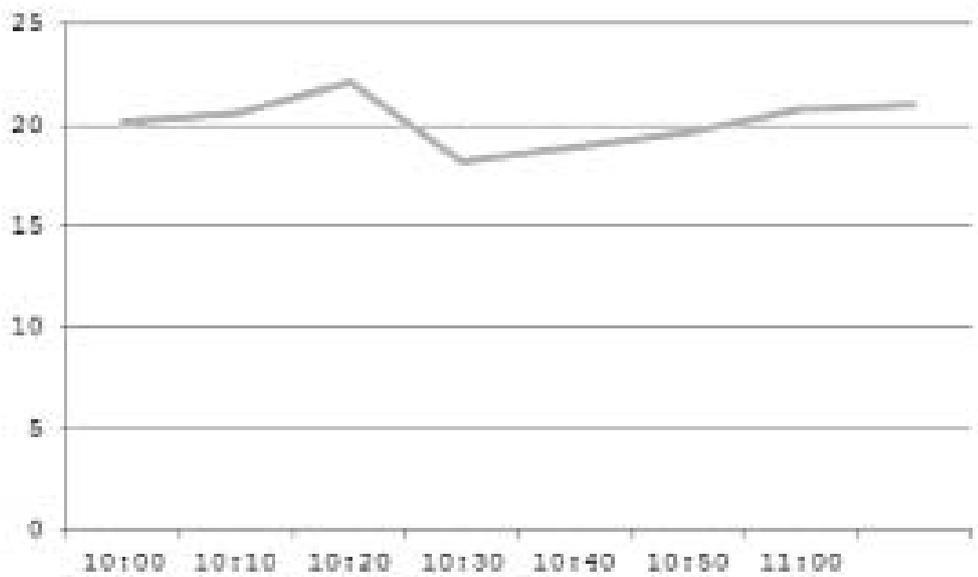


Fig. 4.29b - Variazione della temperatura all'interno dell'aula, in concomitanza con il rilevamento di CO<sub>2</sub>

Si tratta di un questionario dato agli studenti di una sola classe, con lo scopo quindi di farsi un'idea qualitativa, senza la presunzione di considerare le risposte date ai questionari come dogma assoluto.

Fatta questa precisazione, si nota come la maggior parte degli utenti percepiscano l'aria all'interno dell'aula come insalubre, ricca di cattivi odori, maggiormente alla fine della mattinata, e provenienti in larga parte dagli stessi occupanti, data anche la sporadica aperture delle finestre.

Allo stato attuale le aule non sono dotate di sistemi di ventilazione e di ricambio dell'aria, questo porta l'utenza alla necessità di aprire le finestre per poter arieggiare gli ambienti, un gesto che comporta tre grossi svantaggi:

- L'aria in entrata non è di buona qualità;
- L'inquinamento acustico prodotto all'esterno dell'edificio penetra nelle aule;
- Aumenta il consumo di energia impiegata per il riscaldamento.

#### 4.3.2.2 STRATEGIE DI INTERVENTO

Per affrontare e risolvere questo tema, si è deciso di seguire le indicazioni prescritte dalla norma:

UNI EN 13779/2005 "Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento".

La qualità dell'aria di apporto destinata ad edifici soggetti a occupazione umana dovrà essere tale che, considerate le emissioni previste da parte delle fonti interne (metabolismo umano, attività, processi e macchinari) sia raggiunto il livello prefisso di qualità dell'aria interna.

Per poter raggiungere questo dato occorre anzitutto attuare una classificazione dell'aria interna (IDA).

La classificazione fondamentale in base alla qualità risulta essere:

IDA 1 Alta

IDA 2 Media

IDA 3 Modesta

IDA 4 Bassa

In realtà, la definizione rigorosa delle categorie è praticamente impossibile, in quanto legata alla reale natura delle fonti inquinanti ed alla soggettività delle percezioni o degli effetti sulla salute. Nel caso della tesi, per un edificio ad indirizzo scolastico si pone come scopo il raggiungimento di una qualità dell'aria interna pari a IDA 2 (IDA 1 è solitamente assegnata ad ambienti che richiedono standard molto elevati della qualità dell'aria interna, come le sale operatori negli ospedali), e per soddisfare tali

requisiti occorre avere un sistema di filtraggio dell'aria di classe F6.

Dal punto di vista pratico, all'interno della norma UNI EN 13779/2005, esistono tuttavia dei metodi che consentono di classificare i vari livelli di qualità: la scelta di uno tra questi metodi è libera e si è ritenuto di dimensionare l'impianto di aereazione secondo il terzo metodo, ovvero: "Classificazione secondo il tasso di aria esterna pro-capite." E' un metodo ben collaudato utile per tutte le situazioni nelle quali i locali sono destinati ad una tipica occupazione umana; i quantitativi di aria esterna per persona, in normali condizioni di lavoro in ufficio o a casa con un tasso metabolico tipico (1,2 met) e per edifici a basso inquinamento, sono riportati in fig. 4.30

Categoria	Quantitativo pro-capite di aria esterna [m <sup>3</sup> /h/persona]			
	Aree dove non è consentito fumare		Aree dov'è consentito fumare	
	Range tipico	Valore default	Range tipico	Valore default
IDA 1	> 54	72	> 108	144
IDA 2	36 ÷ 54	45	72 ÷ 108	90
IDA 3	22 ÷ 36	29	43 ÷ 72	58
IDA 4	< 22	18	< 43	36

Fig. 4.30 - Quantitativo pro-capite di aria esterna in base alla classificazione IDA <sup>(1)</sup>

---

(1) Fonte <http://www.ariacube.com/schede/10339.jpg>

### 4.3.3 COMFORT ACUSTICO

Così come l'aspetto illuminotecnico, anche quello acustico ricopre un'importanza primaria, data la necessità di poter comprendere con facilità l'intelligibilità del parlato, senza inutili sprechi di energia per concentrarsi maggiormente, dovuti a fenomeni di eco o di inquinamento acustico proveniente dall'esterno.

Si sono quindi calcolati, secondo norma, i tempi di riverbero ( $T=0,16 V/(\sum \alpha_i S_i)$ ) delle stesse tre aule analizzate per l'aspetto illuminotecnico.

Come riscontrabile anche dai grafici nella pagina successiva, in ciascuna aula sono presenti gravi problemi di riverbero: problematiche riscontrate anche dal sopralluogo in situ.

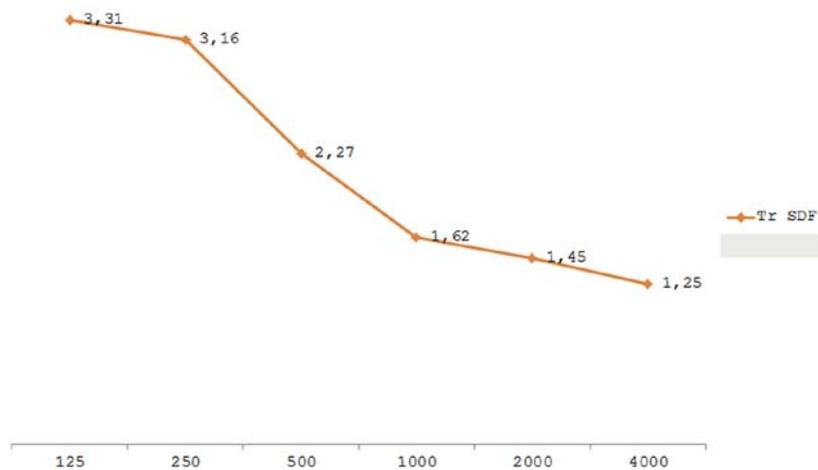


Fig. 4.31 - Tempo di riverbero aula 2A

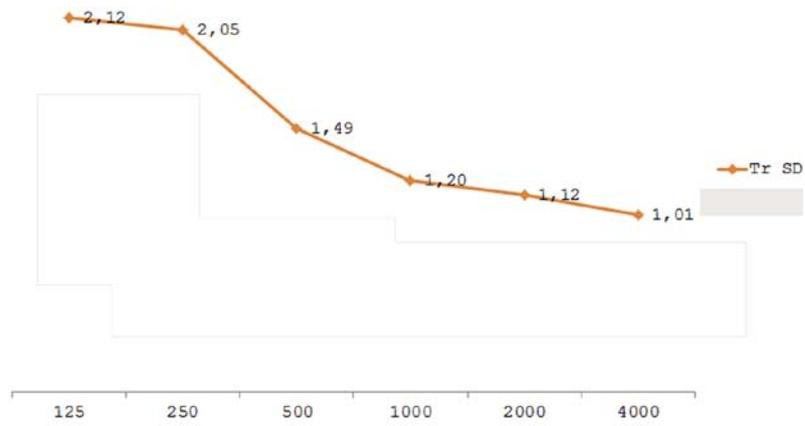


Fig. 4.32 - Tempo di riverbero aula 2B

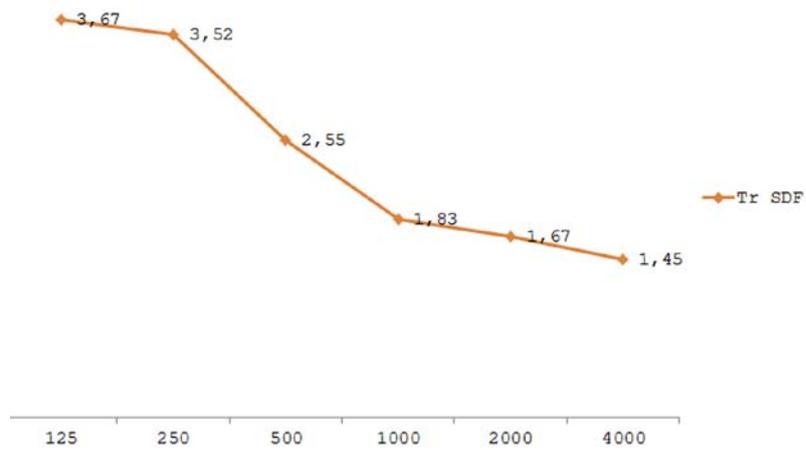


Fig. 4.33 - Tempo di riverbero aula 2C



## **5 - IL PROGETTO**

### **5.1 RIQUALIFICARE IL VIALE ALBERATO PIU' FAMOSO DI FORLI'**

Alla luce delle criticità riscontrate durante i sopralluoghi e dagli studi svolti sui documenti storici inerenti al Viale della Libertà sono state individuate le principali criticità sulle quali verteranno le opere di adeguamento, ripristino e manutenzione.

Questi interventi vengono dunque considerati necessari e sono ulteriormente motivati dal grande valore che questo Viale ha avuto dal momento della sua realizzazione fino ai giorni nostri.

#### **5.1.1 LE ALBERATURE: UN ELEMENTO ARCHITETTONICO**

Le alberature percorrono tutto il viale e sono costituite da Lecci che come si vede dalle analisi svolte nei capitoli precedenti presentano diversi problemi, primo fra tutti il fatto che nel corso degli anni per vari motivi, tra cui la morte per cause naturali e per scarsa cura, molti di questi Lecci sono stati abbattuti, ma di questi solo un numero esiguo è stato ripiantato.

Questo fatto ha comportato la perdita parziale delle due maestose fasce verdi che in origine costeggiavano con continuità il viale; dunque un primo fondamentale punto dell'intervento sarà costituito da un ripristino dell'originale impianto verde attraverso il reinserimento di nuovi Lecci nei punti in cui oggi risultano assenti (fig. 5.1)



Fig. 5.1 - Ripristino numero originario alberature (schema)



Fig. 5.2 - Esempio di ripristino elementi mancanti

Inoltre sarà previsto come secondo punto dell'intervento una graduale ma costante sostituzione degli alberi che stanno giungendo alla fine del loro ciclo vitale o che sono ormai inevitabilmente compromessi da malattie con degli esemplari più giovani ma appartenenti alla stessa specie (fig. 5.2)

### 5.1.2 L' ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

L'illuminazione artificiale che attualmente costeggia i camminamenti pedonali non appartiene all'impianto originario del viale, ma risulta essere inserita in un intervento del 1961 (fig. 5.3)

Questo intervento consiste in lampioni alti circa 3,50 metri con corpo illuminante sferico che vengono posizionati su di una sola fila per ogni percorso pedonale e distanziati tra loro 14 metri: il risultato finale risulta essere



Fig. 5.3 Nuova distribuzione corpi illuminanti

insufficiente per quanto riguarda l'apporto luminoso che colpisce i camminamenti.

Alla luce di queste considerazioni viene deciso dunque di cambiare gli elementi illuminanti con un lampione dalle prestazioni illuminotecniche adeguate che permetta un'illuminazione notturna sufficiente.

I nuovi lampioni saranno disposti non più su di una sola fila, ma si distribuiranno su entrambi i lati del marciapiede realizzando così due file parallele in cui gli elementi vengono sfalsati tra loro (fig. 5.4).

La distanza da un punto luce all'altro verrà mantenuta di 14 metri che si traduce in una distanza di 28 metri tra due elementi della stessa fila. Con questo metodo si riesce ad ottenere un'illuminazione più omogenea di tutto il percorso, illuminazione che sarà affidata a corpi illuminanti LED a basso consumo

Per attuare questa sostituzione si è scelto un lampione della ditta Neri, modello "Chara" ed è stato progettato dallo Studio ATA e Alfredo Farné. La scelta ricade su questo elemento in quanto presenta un design moderno ed essenziale con il corpo illuminante di forma cilindrica sospeso a un lungo braccio quasi come un richiamo ai pastorali che erano precedentemente presenti nel Viale.

Il palo è realizzato in acciaio con corpo illuminante in fusione di alluminio, ed il tutto colorato con il cosiddetto Grigio Neri ottenuto attraverso una formula cromatica che si avvicina a quella caratteristica della fusione di ghisa (fig. 5.5)



Fig. 5.4 - Attuali corpi illuminanti del percorso pedonale.



Fig. 5.5 - Lampioni di progetto<sup>(1)</sup>

---

(1) Lampione modello 'Chara', azienda Neri

### 5.1.3 ADEGUAMENTO DEI MARCIAPIEDI CENTRALI

Anche i marciapiedi che dividono le carreggiate di Viale della Libertà presentano come gli altri elementi una scarsa manutenzione e necessitano di un'opera di almeno parziale rifacimento; inoltre non è presente una pista ciclabile che visto l'importanza del viale sarebbe auspicabile.

Nel 1940, quindi 13 anni dopo la realizzazione dell'impianto originario sono state inserite tra una pianta e l'altra le aiuole a "cornice" (fig. 5.6): queste furono motivate dalla necessità tecnica di migliorare l'aerazione del terreno intorno ai lecci, ma le aiuole furono posizionate tra un'alberatura e l'altra non cogliendo così appieno l'obiettivo di una efficace aerazione del terreno, ed è anche per questa aerazione insufficiente che nel corso degli anni molti lecci sono andati prematuramente persi.

Date queste considerazioni e dato l'intervento notevole di



Fig. 5.6 aiuole a "cornice" <sup>(1)</sup>

---

(1) Fonte: dal libro "Il viale della stazione" di Gian Luca Laghi e Elio Vergari

re-impianto che verrà svolto sulle alberature si è scelto di eseguire un adeguamento dei marciapiedi centrali realizzando una pista ciclo-pedonale al centro del marciapiedi in modo da poter percorrere comodamente tutto il viale fino alla stazione, mentre ai lati di questa verranno realizzate in sostituzione delle attuali inefficaci aiuole due strisce verdi continue e parallele al nuovo percorso in modo da permettere un'effettiva aerazione dell'impianto radicale ) fig. 5.7)

#### **5.1.4 IDENTIFICAZIONE AL PUBBLICO DEGLI EDIFICI ATRIUM**

Percorrendo il Viale della Libertà nel corso delle analisi conoscitive del luogo si è notato come la presenza di numerosi edifici appartenenti agli stessi anni e quindi alla stessa corrente architettonica razionalista di cui fa parte l'Istituto Marconi sia poco visibile e riconoscibile da un visitatore, in particolare questo è vero qualora il visitatore non abbia conoscenze di tipo architettonico.

Si è inoltre visto come questi edifici siano già presi in analisi all'interno del cosiddetto progetto Atrium. Nasce dunque la volontà di mostrare questi segni della storia razionalista italiana anche a quei visitatori o semplici passanti che non avrebbero altresì modo di conoscere: per realizzare questo intento viene deciso di dotare il nuovo percorso ciclo-pedonale di stazioni conoscitive, ovvero di "info-point" posizionati di fronte agli edifici di interesse, nei quali vengono mostrati i principali caratteri dell'edificio trattato e le principali connotazioni storiche.



Fig. 5.7 Foto inserimento strisce verdi per aerazione radici

Per far ciò si è deciso di utilizzare lo stesso metodo usato nella realizzazione del portale di accesso alle aule, ovvero la creazione di un unico elemento nel quale vengono accolte più funzioni.

Questo macro elemento consiste nell'unione di tre sotto elementi, ovvero un corpo illuminante (lo stesso adottato per l'illuminazione generale del percorso), un elemento di seduta in materiale lapideo e una bacheca che svolge il ruolo informativo (fig. 5.8).

Con questo elemento il visitatore è dunque in grado di riconoscere e conoscere quelle che sono le principali caratteristiche storiche e morfologiche dell'edificio che gli si pone dinanzi.



Fig. 5.8 - Inserimento "info-point" di fronte ad ogni edificio  
Atrium

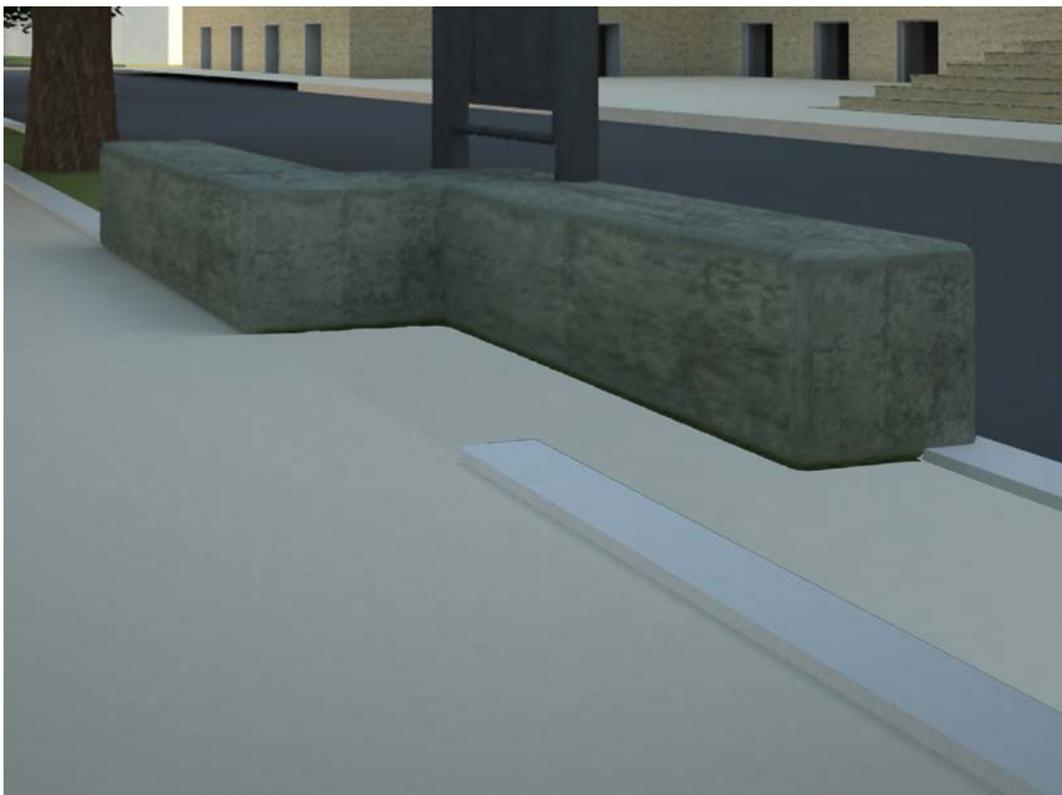


Fig. 5.9- Info-point, zoom elemento di seduta



Fig. 5.10 - Info-point, zoom elemento di informazione



Fig. 5.11 - Info-point, zoom elemento illuminante

## **5.2 RETROFIT ENERGETICO**

Terminata la parte progettuale riguardante l'intorno urbano dell'istituto, si è proceduto con il riqualificare energeticamente l'intero complesso, seguendo le linee guida delineate nel paragrafo 5.2.3

### **5.2.1 TELERISCALDAMENTO**

Il primo intervento da segnalare è l'allacciamento, da parte dell'istituto, alla rete di teleriscaldamento urbano di Forlì, prevista per il 2014<sup>(1)</sup>.

Questo scenario era già previsto dalla Provincia di Forlì-Cesena in collaborazione con la municipalità al momento della redazione di questa tesi; perciò può essere inteso come un miglioramento a costo 0 delle prestazioni energetiche della scuola a costo 0.

Il procedimento adottato è stato quello di inserire i dati relativi al TLR di Forlì<sup>(2)</sup> nel software Logical Termolog Epix 4, e di estrapolare il miglioramento dei consumi confrontando lo stato di fatto con uno scenario identico ma alimentato con TLR e non con l'attuale caldaia, la quale diventerà la sottostazione di ricezione del gas da parte della centrale situata nella zona industriale cittadina.

Come è possibile notare dalla fig. 5.9 questo scenario permette all'istituto di risparmiare subito un 30% dei consumi energetici, fattore dovuto al maggior rendimento

---

(1) Il progetto prevede l'allacciamento di tutti gli edifici pubblici degli isolati adiacenti il Viale, procedendo per grado. L'allacciamento dell'istituto alla rete del TLR è prevista per l'estate del 2014

(2) Reperibili in rete all'indirizzo <http://www.>

delle centrali del TLR rispetto alla caldaia presente nell'istituto, e di conseguenza anche un 30% in meno sui costi monetari<sup>(1)</sup>.



Fig. 5.9 - Intervento 0

(1) Fattore di conversione metano-CO<sub>2</sub>: 0,201 - Fattore di conversione kWh-metano: 9,189 - Prezzo al kWh del TLR (Hera): 0,079232 €

### 5.2.2 REPARTO OFFICINE: ISOLAMENTO DELLE CHIUSURE OPACHE

Il progetto energetico vero e proprio inizia quindi tenendo conto anche dell'intervento appena illustrato.

La prima operazione studiata è quella di isolare termicamente tutta la zona del reparto officine, la quale è risultata dai calcoli quella più problematica e al tempo stesso la più semplice da risolvere.

Si è pensato dunque di applicare uno strato di isolamento termico costituito da pannelli in EPS di spessore 12 cm per quanto riguarda le chiusure verticali ( $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), e di spessore pari a 16 cm per la copertura ( $U= 0,185 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Preso atto del rivestimento esterno del reparto (intonaco+zoccolatura in travertino), è stato scelto di applicare la coibentazione esternamente, vista oltretutto la presenza di numerosi impianti, tubazioni e strumentazioni sulle, o a ridosso, dei tramezzi interni e presenti in generale in tutti gli ambienti interni delle officine.

Stesso ragionamento, ma soluzione inversa, è stata applicata per la copertura a shed: risulta più economico, più pratico e più veloce eseguire un isolamento termico internamente per i motivi seguenti.

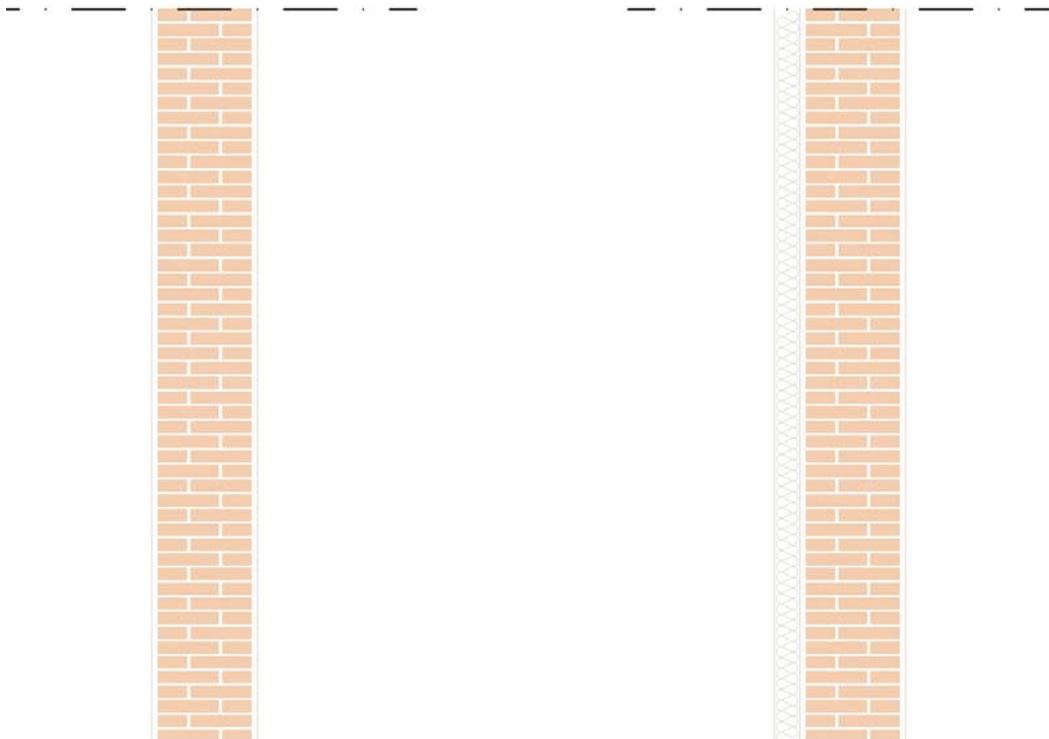
Esternamente la copertura presenta uno strato di impermeabilizzazione bituminosa ed uno di tegole marsigliesi installate nel 1997; internamente si presenta con una semplice imbiancatura delle parti strutturali composte da travi in C.A. su cui appoggia un sistema di travi reticolari inclinate. Agendo internamente basterebbe arrivare al livello opportuno (circa 8 metri) e applicare i pannelli isolanti, terminando il tutto con una semplice

rasatura (si ricorda che sempre di officine meccaniche ed elettroniche si sta parlando); agendo invece esternamente occorrerebbe installare un'impalcatura metallica cingente l'intero reparto, rimuovere le tegole (circa 4.500 m<sup>2</sup> di copertura a shed), applicare un tipo di pannello isolante con caratteristiche differenti e più onerose, riapplicare una membrana impermeabilizzante, e riposizionare il manto di tegole.

Dalla fig. 5.10 è visibile come con solo questo intervento (tenendo conto anche del passaggio al TLR) di fatto si dimezzano i consumi, sia energetici che monetari, con un

Stratigrafia SDF  
Spessore 45 cm  
 $U = 1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

Stratigrafia SDP  
Spessore 57 cm  
 $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$





Stratigrafia SDP  
 Spessore 38 cm  
 $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$



Fig. 5.10 - Intervento 0+1

conseguente taglio del 50% delle emissioni di CO<sub>2</sub> immessa nell'atmosfera cittadina <sup>(1)</sup>.

### **5.2.3 EDIFICIO PRINCIPALE: ISOLAMENTO DELLE CHIUSURE OPACHE**

Il passo successivo è stato quello di concentrarsi sull'involucro opaco dell'edificio principale, comprensivo delle nuove aule site nell'ala costruita nel 1994.

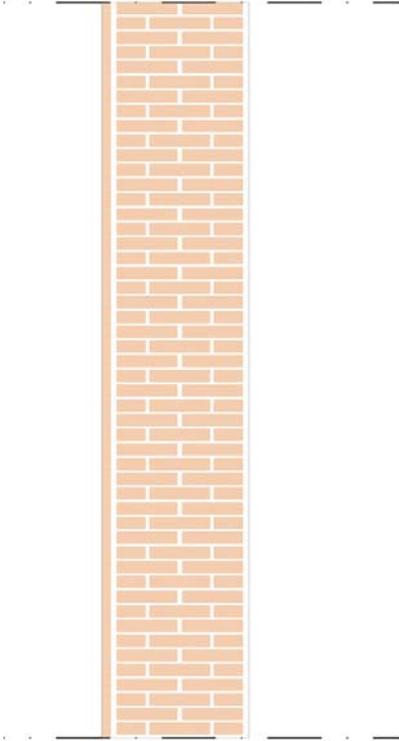
Data la presenza del vincolo de jure sul complesso (vincolo imposto automaticamente dalle Belle Arti di Ravenna al compimento del 70° anno di età) e la conseguente impossibilità di alterare irrimediabilmente l'immagine dell'istituto dal punto di vista materico, geometrico e volumetrico, le chiusure opache verticali sono state isolate internamente.

Non sono state riscontrate particolari criticità per effettuare tale operazione: si dovrà porre attenzione in quelle finestre con banchina "a raso" delle spallette laterali. In tali casi si propone di interporre un elemento metallico leggero, rivestito con lo stesso intonaco con polvere di travertino con cui sono realizzate le attuali banchine, da incollare con appositi collanti normati.

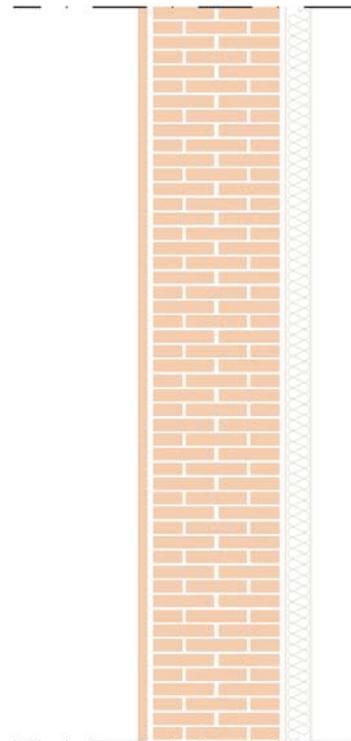
Il segmento di contatto tra i due elementi sarà inoltre marcato tramite una striscia metallica di larghezza 2 cm.

Il calcolo energetico è stato effettuato con pannelli in EPS di spessore variabile tra gli 8 ed i 12 cm, a seconda del tipo di muratura, dimostrando un passaggio da una

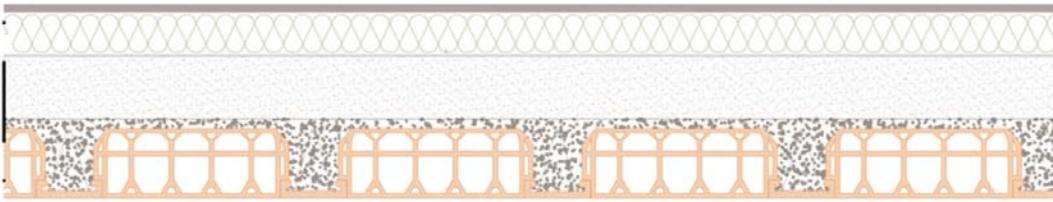
Stratigrafia SDF  
Spessore 70 cm  
 $U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$



Stratigrafia SDP  
Spessore 78 cm  
 $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$



Stratigrafia SDF  
Spessore 40 cm  
 $U = 1,11 \text{ W/m}^2\text{K}$



Stratigrafia SDF

Spessore 54 cm

$U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

trasmissione variabile tra  $0,45$  e  $1,53 \text{ W/m}^2\text{K}$  ad una  $U$  di  $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Al contrario, per le coperture è stato predisposto un isolamento termico esterno, ritenuto sicuramente più pratico di un isolamento interno; si ricorda che l'ultimo piano presenta un'altezza netta (senza considerare i controsoffitti) di circa 7 metri, mentre esternamente la copertura (piana) non è praticabile, per cui è sufficiente adagiare e puntellare i pannelli isolanti sul solaio di copertura (pannelli compositi).

Dalla fig. 5.11 si evince come isolando termicamente le chiusure opache dell'intero complesso edilizio, si può godere di risparmio energetico di circa il 65%.



Fig. 5.11 - Intervento 0+1+2

#### **5.2.4 AULE E CORRIDOI: RIDUZIONE VOLUME RISCALDATO E INSTALLAZIONE PANNELLI RADIANTI**

Le aule e i corridoi dell'istituto, così come tutti gli altri ambienti, godono di un'altezza spropositata rispetto alle attuali necessità, queste altezze imponenti nascono per evidenziare il carattere maestoso che l'edificio doveva possedere, è la stessa volontà che infatti ritroviamo nella realizzazione dei muri di tamponamento che hanno spessori che variano dai 50 ai 90 centimetri allo scopo di mostrare l'aspetto massiccio e monumentale dell'edificio e a dimostrazione di questo basta analizzare la struttura portante che è una struttura intelaiata di cemento armato di dimensione decisamente più ridotte e che quindi non necessiterebbe di tali spessori murari.

Le altezze dei vari piani sopra terra variano da un minimo di 4,8 metri del piano rialzato e del piano primo a un massimo di 7 metri del piano secondo, queste altezze negli anni sono state ridotte tramite delle classiche controsoffittature che portano l'altezza di tutti i piani a 4,20 metri corrispondenti al livello superiore delle finestre. Oggi questi controsoffitti non godono di un buono stato conservativo e necessiterebbero di un rifacimento, inoltre, essendo delle classiche controsoffittature non incidono sulla riduzione del volume riscaldato e quindi non portano a vantaggi dal punto di vista del contenimento energetico, inoltre senza che vi sia un valido criterio in certi ambienti dell'istituto essi risultano assenti.

L'attuale sistema di riscaldamento comprende un sistema radiante costituito da dei classici termosifoni in ghisa

collocati in delle nicchie al di sotto delle finestre.

Questo tipo di sistema oltre a non essere molto performante se paragonato alle moderne soluzioni presenta la pecca che dato il posizionamento in nicchia una gran parte del calore irradiato dal termosifone viene disperso verso l'esterno, sia tramite la banchina sia tramite il muro di tamponamento che viene necessariamente ridotto per permettere l'alloggio dello stesso corpo radiante (fig. 5.12)

Utilizzando un sistema di riscaldamento di questo tipo si presentano dunque due grossi svantaggi dal punto di vista termico, il primo è che come è stato detto gran parte del

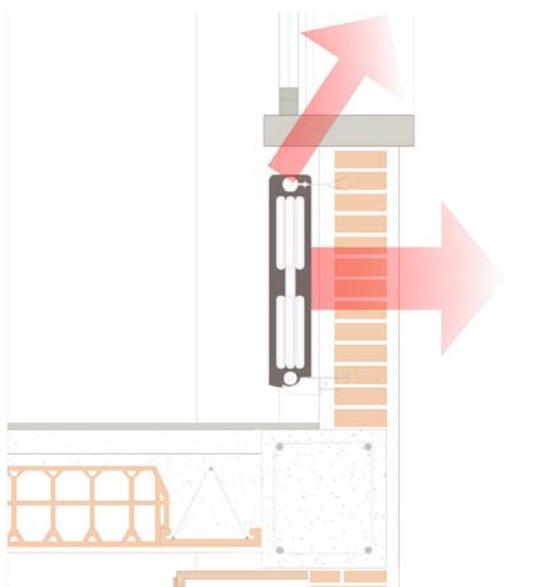


Fig. 5.12 Esempio dell'attuale sistema radiante e delle relative dispersioni termiche.

calore prodotto viene dissipato all'esterno, il secondo è che per permettere l'alloggio del corpo radiante stesso vengono generati un elevatissimo numero di ponti termici che sommandosi a quelli già presenti per la natura strutturale dell'edificio, ovvero per la presenza di travi e pilastri in cemento armato, contribuiscono ad abbassare la capacità termica dell'intero involucro.

Inoltre dal punto di vista del benessere termico che viene percepito dagli utenti un sistema di riscaldamento di questo tipo presenta lo svantaggio che l'aria riscaldata tende a stratificarsi nella parte superiore dell'ambiente con una differenza di temperatura verticale che varia di circa 1-2 °C per ogni metro di altezza, in questo modo lo scambio termico tra piedi e testa determina una sensazione di discomfort, infatti, le condizioni di benessere ottimale prevedono che la temperatura a livello dei piedi sia lievemente superiore rispetto alla testa, cosa che con un sistema radiante tradizionale non avviene.

Si è dunque pensato di ridurre i volumi riscaldati e di sostituire gli attuali elementi riscaldanti con una nuova tipologia radiante più performante che non crei ponti termici, questo è possibile con un unico intervento, ovvero, sostituendo le attuali controsoffittature con dei controsoffitti radianti pre-isolati.

Il sistema radiante a soffitto scelto è realizzato dalla ditta Giacomini ed è siglato GKCS, questo sistema è costituito da pannelli pre-assemblati e pre-isolati. La serie giacoklima® GKCS permette di realizzare controsoffitti radianti con finitura in cartongesso, che risultano essere indicati per il riscaldamento di edifici residenziali, strutture di ospitalità come alberghi, ospedali o scuole,

i componenti della struttura portante sono gli stessi utilizzati per i comuni controsoffitti in cartongesso così da permettere un montaggio rapido e preciso, con questo tipo di sistema di possono coprire adeguatamente anche gli ambienti dalla vasta o complessa geometria grazie alla disponibilità di pannelli con tre diverse modularità: 600x2000mm, 1200x1000m, 1200x2000mm; nel caso specifico dell'istituto Marconi date le grandi dimensioni degli ambienti verranno utilizzati solo pannelli aventi dimensioni 1200x2000mm.

Questo tipo di sistema radiante inoltre mantiene un benessere omogeneo all'interno del locale minimizzando le differenze di temperatura sia in senso verticale sia orizzontale (fig.5.13) andando ad agire inoltre sulla temperatura delle superfici, e quindi sulla temperatura operante dell'ambiente rendendo così possibile ottenere la stessa sensazione di benessere mantenendo temperature dell'aria interna più vicine a quella dell'aria esterna rispetto a sistemi tradizionali, con la possibilità di conseguire notevoli risparmi energetici.

L'attivazione del pannello (fig. 5.14) è costituita da un circuito idraulico con tubo in PE-X con barriera anti-ossigeno. Il controsoffitto radiante può essere completato con botole ispezionabili per avere accesso alla parte di distribuzione idraulica e il raccordo con le pareti laterali possono essere realizzati mediante il pannello GKCS inattivo.

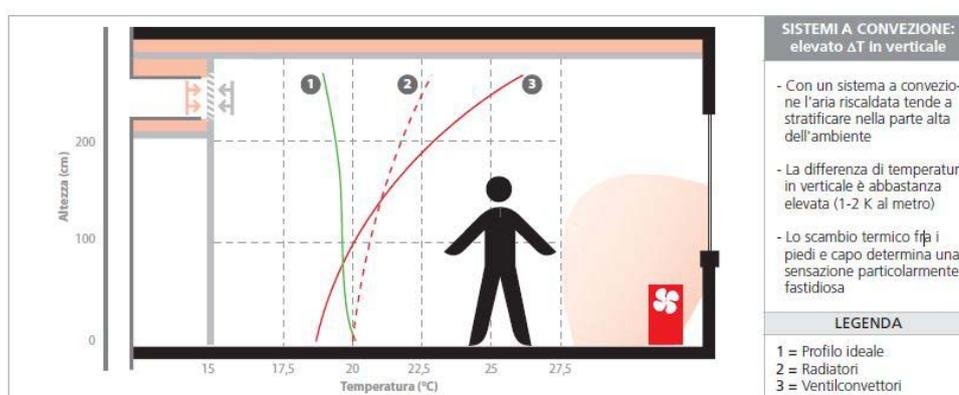
La stratigrafia del pannello è molto semplice ed è costituita essenzialmente da due componenti, lo strato inferiore comprende un cartongesso da 15mm nel quale viene annegato un tubo da 8x1 mm con barriera anti-ossigeno nel quale

scorrerà l'acqua calda; lo strato superiore è rappresentato da uno strato isolante spesso 30 mm in polistirene espanso sinterizzato (EPS) (fig. 5.16).

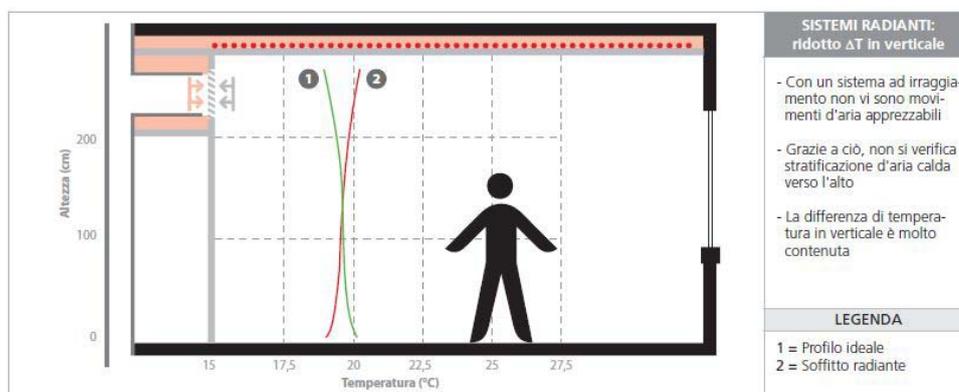
La resa termica di un singolo pannello si ottiene in modo analitico dalle seguenti equazioni caratteristiche:<sup>(1)</sup>

$$q_H = CH \cdot \Delta T_{nH} \quad [W/m^2] \text{ resa riscaldamento}$$

dove



Con i sistemi di condizionamento tradizionale elevata stratificazione dell'aria con gradiente avvertibile



Con i sistemi a soffitto radiante profilo verticale della temperatura ideale con gradiente non avvertibile

Fig. 5.13 - Profili della temperatura verticale a confronto in base ai differenti sistemi radianti

(1) Fonte: Manuale tecnico giacoklima [http://www.giacomini.com/static/it/catalog/cataloghi\\_generali/soffitto/MANUALE\\_TECNICO\\_GKC\\_0139.pdf](http://www.giacomini.com/static/it/catalog/cataloghi_generali/soffitto/MANUALE_TECNICO_GKC_0139.pdf)

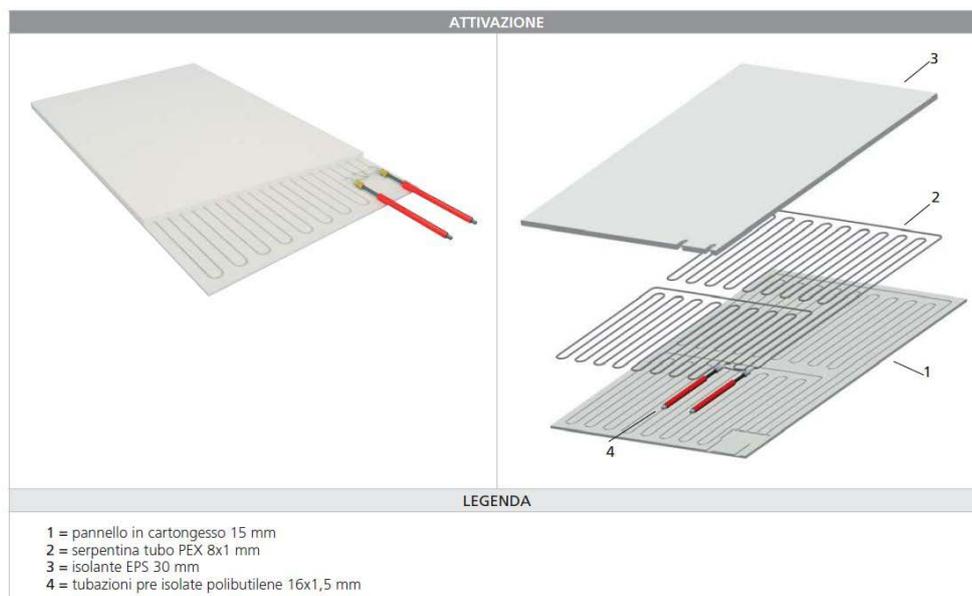


Fig. 5.16 - Pannelli in cartongesso serie GKCS

$$\Delta T = |T_a - (T_r + T_m) / 2|$$

$T_a$  = temperatura ambiente

$T_m$  = temperatura di mandata

$T_r$  = temperatura di ritorno

Giacomini serie GKC-C100:

Coefficiente  $CH = 3,470$

Pannelli GKCS formato 1200x2000mm area 2,4 m<sup>2</sup>

Temperatura acqua mandata = 50°C

Temperatura acqua ritorno = 38°C

$$q_H = CH \cdot \Delta T_n H$$

$$qH = 3,470 \cdot |20 - (38+50)/2| = 83,28 \text{ W/m}^2$$

Fattori correttivi della resa:

Fattore di altezza:

$$f_a = a - b \cdot H$$

a e b sono due costanti e valgono:  $a = 1.117$ ;  $b = 0.045$

$$f_a = 1.117 - 0.045 \cdot 4.2 = 0.928$$

Fattore di ventilazione:

Le varie normative per le prove di resa impongono limiti massimi alla velocità dell'aria nella camera di prova, questo perché i moti d'aria nei pressi del controsoffitto incrementano la resa dell'impianto radiante.

Con il moto dell'aria di un ambiente ventilato meccanicamente (quindi in tutti i casi) il fattore diventa  $F_v = 1,15$  (il dato risulta da prove sperimentali presso l'Istituto Universitario HLK di Stoccarda).

Se l'ambiente non è ventilato o la ventilazione non ha interazione con il controsoffitto  $F_v = 1$ .

Resa di un pannello GKCS 1200x2000mm:

$$qH = 95,425 \text{ W/mq}$$

$$qH \cdot f_a \cdot f_v = 95,425 \cdot 0,928 \cdot 1,15 = 88,8 \text{ W/mq}$$

$$\text{Resa di un singolo pannello} = 88,8 \cdot 2,4 = 213 \text{ w}$$

Per sapere quanti pannelli occorrono per ogni ambiente occorre calcolare la potenza necessaria al metro quadrato, il procedimento per il calcolo è il seguente:

- 1) Viene effettuato il calcolo di progetto con Termolog,

in condizioni di progetto così da ottenere un file excel in allegato denominato Dispersioni;

2) Sommatoria delle potenze termiche disperse per trasmissione da tutti i locali dell'istituto, compresi i laboratori e l'aula magna, locali in cui non inseriamo i pannelli radianti

3) Sommatoria delle superfici utili nette che ci permette di ottenere i seguenti risultati:

potenza termica totale dispersa dall'intero edificio, compresi i laboratori e l'aula magna = 337.000 W

Superficie totale calpestabile, comprensiva dei laboratori e aula magna = 14.200 m<sup>2</sup>

Superficie totale disperdente, comprensiva dei lab e aula magna = 39.400 m<sup>2</sup>

4) Dividendo la potenza termica totale dispersa per la superficie totale calpestabile otteniamo i W necessari per riscaldare un singolo m<sup>2</sup>

$$337.000 \text{ (W)} / 14.200 \text{ (m}^2\text{)} = 23,7 \text{ W/m}^2$$

Con questi dati considerando ad esempio l'aula tipo, che presenta un'area di circa 40m<sup>2</sup> per sapere qual'è la potenza necessaria per riscaldarla basta moltiplicare l'area per 23,7 W/m<sup>2</sup> (approssimato a 30 W/m<sup>2</sup>):

$$40\text{m}^2 \times 30\text{W/m}^2 = 1200\text{W}$$

Dividendo questo valore per la potenza di un singolo pannello otteniamo il numero di pannelli necessari per l'aula tipo:

$$1200\text{W} / 213\text{W} = 5.63 \rightarrow 6 \text{ Pannelli/aula}$$

In fig 5.15 si vede un possibile posizionamento dei pannelli radianti all'interno dell'aula tipo.

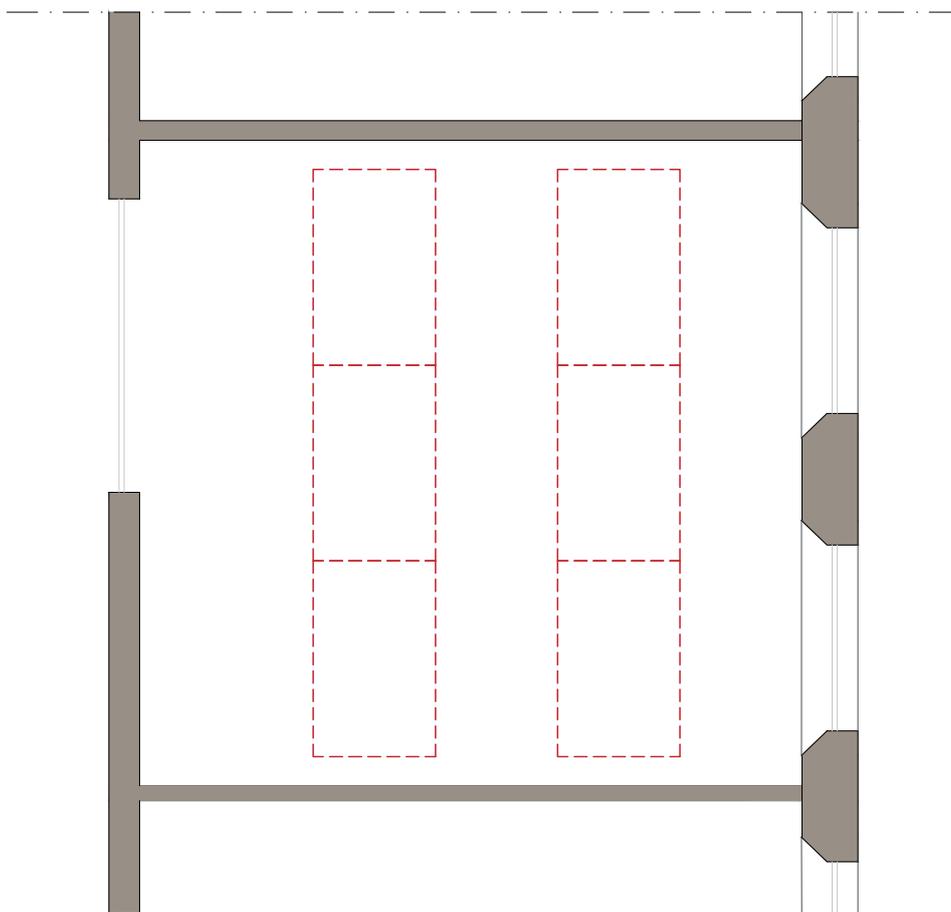


Fig. 5.15 - Possibile disposizione pannelli radianti

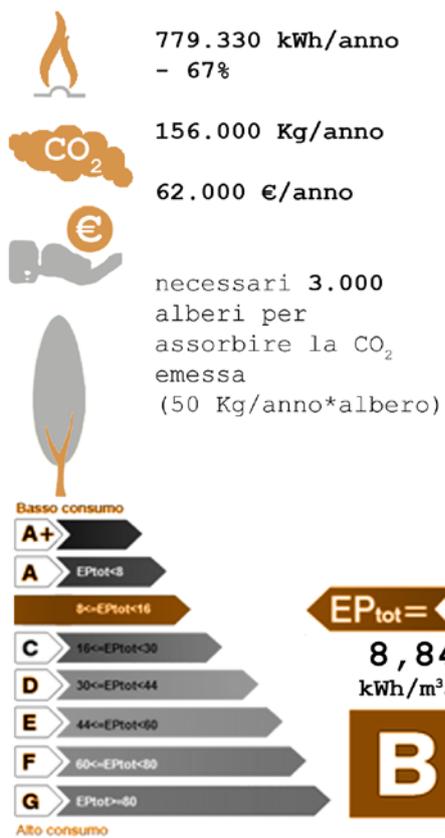


Fig. 5.16 - Intervento 0+1+2+3

### 5.2.5 VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE

L'ultimo intervento previsto per il raggiungimento della classe energetica A e' quello che prevede la somma degli interventi precedenti, con l'aggiunta di un impianto di ventilazione meccanica controllata, comprensivo di recuperatore del calore.

La modellazione energetica e' stata eseguita prevedendo dei terminali di immissione e recupero aria in ogni ambiente dell'edificio principale, con l'esclusione dell'Aula Magna (ambiente già dotato di impianto di ventilazione) e la Hall di ingresso.

Per le metodologie di progettazione dell'impianto si rimanda al paragrafo successivo, mentre per i consumi energetici finali, a fronte di tutti gli interventi visti precedentemente, si può fare riferimento alla fig. 5.17 della pagina successiva.

Si evince come, prendendo in considerazione tutti gli interventi, l'istituto sarebbe in grado di diminuire di circa il 78% i suoi consumi energetici, i costi monetari (pagati dai contribuenti), e le emissioni nocive in atmosfera; tutti aspetti altamente positivi, che troppo spesso vengono messi in secondo piano.

Con questi interventi l'edificio è quindi in grado di raggiungere un indice di fabbisogno energetico invernale Epi di **5,85 kWh/m<sup>3</sup>a**, entrando in classe energetica A.

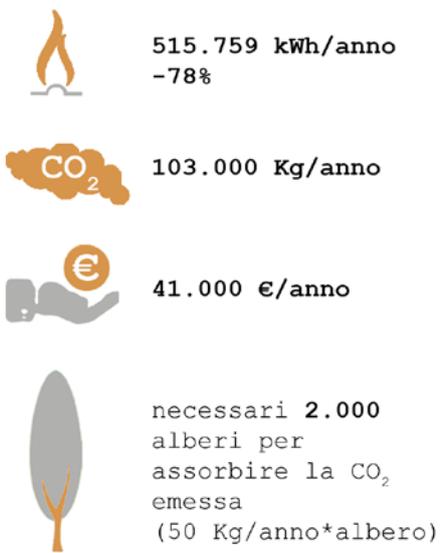


Fig. 5.17 - Intervento 0+1+2+3+4

### 5.3 ADEGUAMENTO DEI LIVELLI DI CO<sub>2</sub> ENTRO I LIMITI NORMATIVI

Come si è visto dai risultati ottenuti grazie ai rilevamenti svolti in loco, la qualità dell'aria risulta essere non soddisfacente, e questo è evidente in particolare alla luce dei rapporti tra la qualità dell'aria ed il benessere (Wargocki e Wyon) e dall'impatto della CO<sub>2</sub> sulle prestazioni del processo decisionale umano.

Affrontando successivamente l'argomento dal punto di vista legislativo, norma UNI EN 13779/2005, si è visto che esistono cinque differenti metodi per approcciarsi al tema e si è ritenuto di dimensionare l'impianto di aerazione secondo il terzo metodo, ovvero: "Classificazione secondo il tasso di aria esterna pro-capite".

Secondo questo metodo i quantitativi di aria esterna per persona, (in normali condizioni di lavoro e per ottenere una qualità dell'aria di tipo IDA 2) sono compresi in un range che varia da un minimo di 36 a un massimo di 54 m<sup>3</sup>/h\*persona, dove il valore tipico di riferimento è 45 m<sup>3</sup>/h\*persona. Non avendo particolari condizioni di lavoro, di metabolismo o di età decidiamo di utilizzare il valore di default, di conseguenza per l'ambiente tipo che comprende circa 22 occupanti si ricava che il quantitativo di aria esterna che occorre rinnovare ogni ora per ambiente risulta:

$$22 \text{ persone} \times 45 \text{ m}^3/\text{h*persona} = \mathbf{990 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Si ritiene quindi che grazie a questo metodo e conseguentemente al ricambio d'aria stabilito sarà possibile ottenere nel corso della giornata dei quantitativi di CO<sub>2</sub> accettabili dai limiti della vigente normativa, con tutti i

benefici derivanti da una miglior qualità dell'aria, primo tra tutti la capacità di concentrarsi meglio e più a lungo.



Fig 5.18 - Centrale AERMEC serie NCS. <sup>(1)</sup>

---

(1) Fonte <http://www.aermec.com/it-it/prodotti/default.asp?id=133&ftype=cta&sun=ncs>

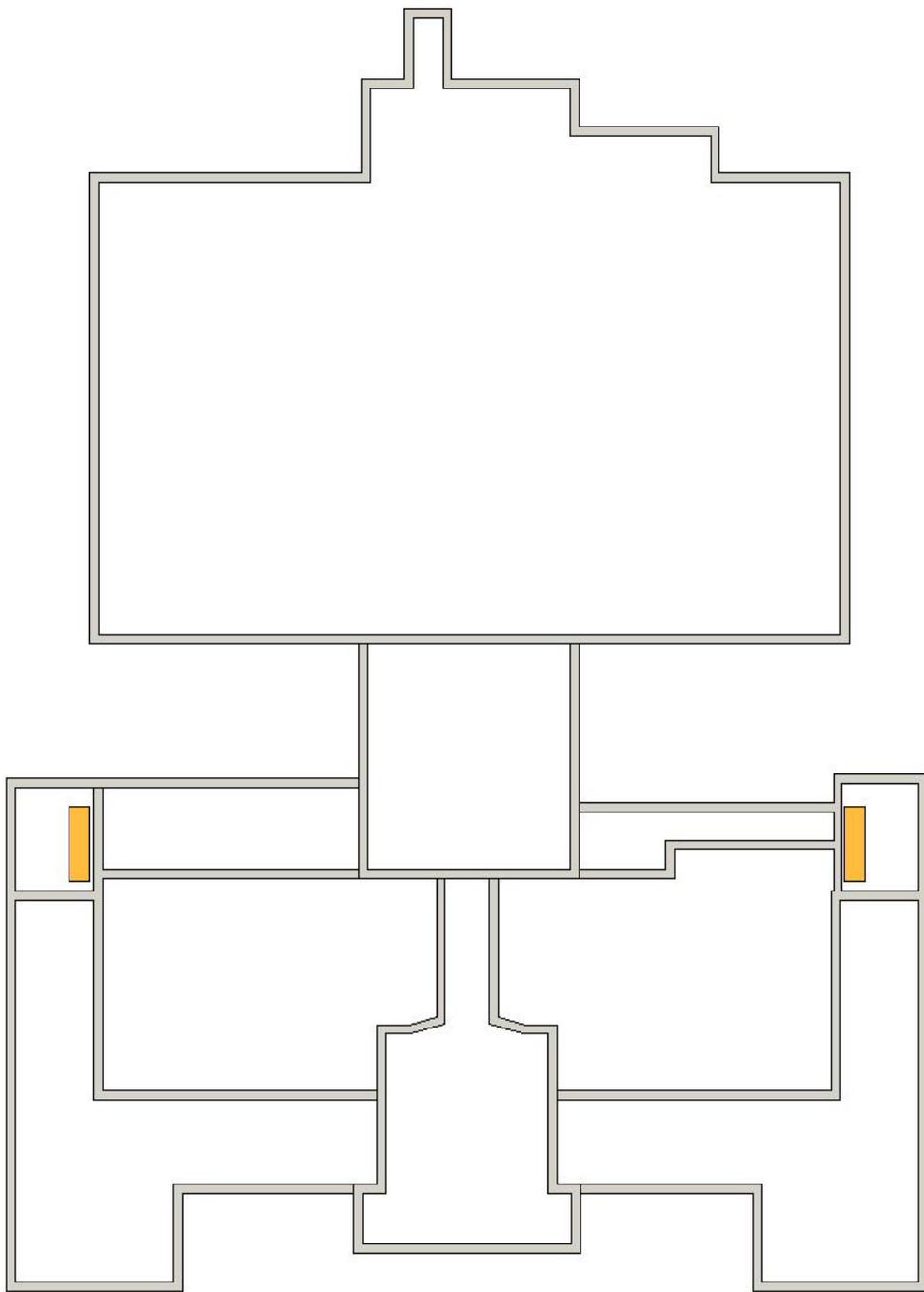


Fig. 5.19 - Posizionamento centrali trattamento aria

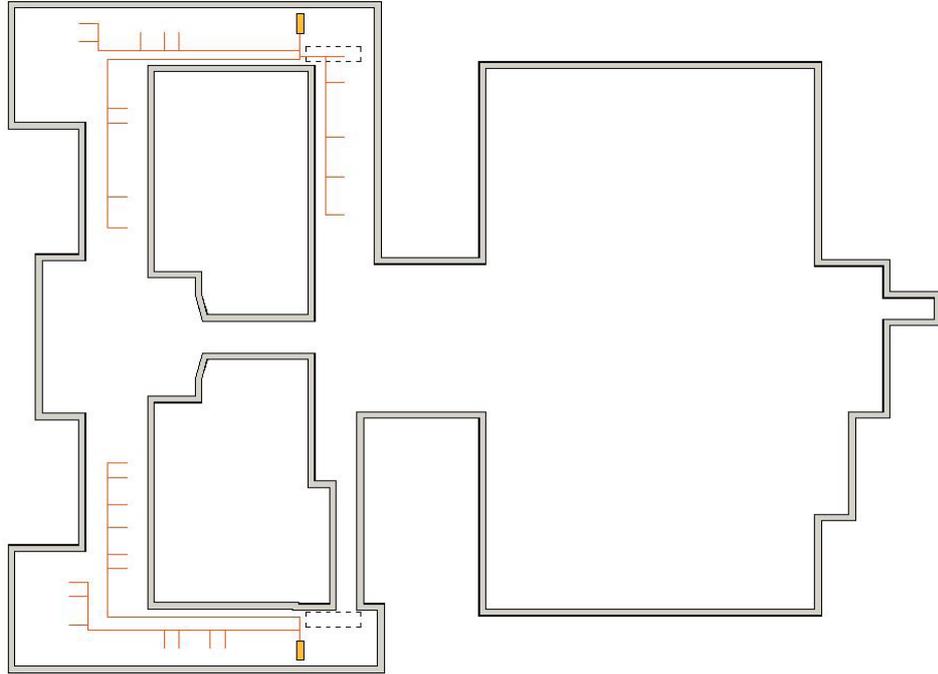


Fig. 5.20 - Individuazione cavedi collegamenti verticali.

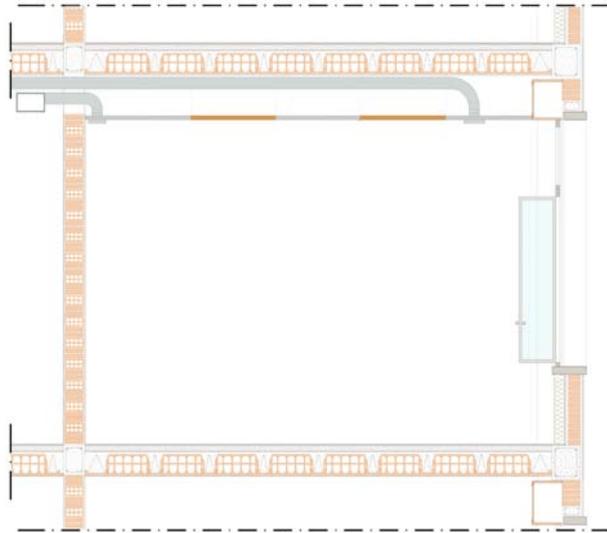


Fig. 5.21 - Esempio di collegamento orizzontale.

### 5.3.2 PROGETTAZIONE DI MASSIMA DELL'IMPIANTO

In conseguenza alle considerazioni fatte, ai rilievi eseguiti in loco e dalla normativa vigente decidiamo di dotare di un sistema di ventilazione artificiale le aule, gli uffici e i laboratori del corpo principale dell'edificio in quanto sono gli ambienti in cui si svolgono le principali attività didattiche e dirigenziali.

Ragionando sul totale dell'edificio e facendo una sommatoria degli ambienti che necessitano del sistema di ventilazione meccanica si ottiene che occorrono circa 40.000 m<sup>3</sup>/h di aria pulita; per realizzare un intervento di queste dimensioni si è scelto di utilizzare due centrali di trattamento aria, centrali AERMEC serie NCS, con portata d'aria da 1.000 a 45.000 m<sup>3</sup>/h (fig. 5.22).

Il problema di dove posizionare le centrali viene egregiamente risolto adagiandole sulla copertura delle ali laterali dell'edificio, in una posizione strategica in quanto ribassata rispetto al resto della copertura, così da non renderle visibili dall'esterno e vicina a due cavedi preesistenti che attraversano tutti e 4 i piani e

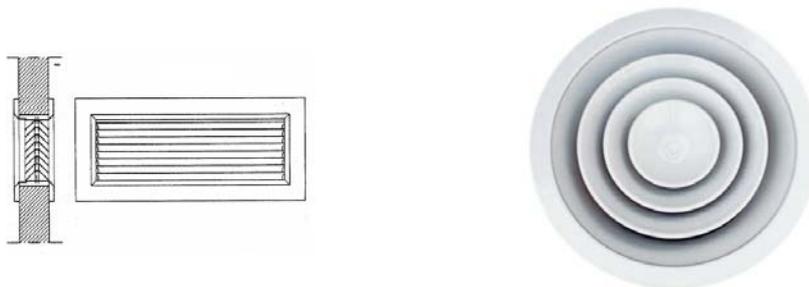


Fig. 5.22 - Elementi di prelievo e di immissione aria.

che risolvono così un altro grande problema, ovvero la realizzazione dei collegamenti per i condotti verticali (fig. 5.20).

Per quanto riguarda i collegamenti orizzontali si è invece pensato di sfruttare i contro soffitti (di nuova realizzazione) per nascondere e insonorizzare al meglio i condotti (fig. 5.21)

Tramite questi accorgimenti e in particolar modo grazie ai due collegamenti verticali periferici, è possibile, con diramazioni aventi lunghezza massima di 70 metri, di raggiungere tutti gli ambienti interessati dall'intervento. Secondo le metodologie illustrate nel paragrafo precedente con questo intervento si riescono a garantire per l'aula tipo 990 m<sup>3</sup>/h di aria pulita: per ottenere questo risultato si

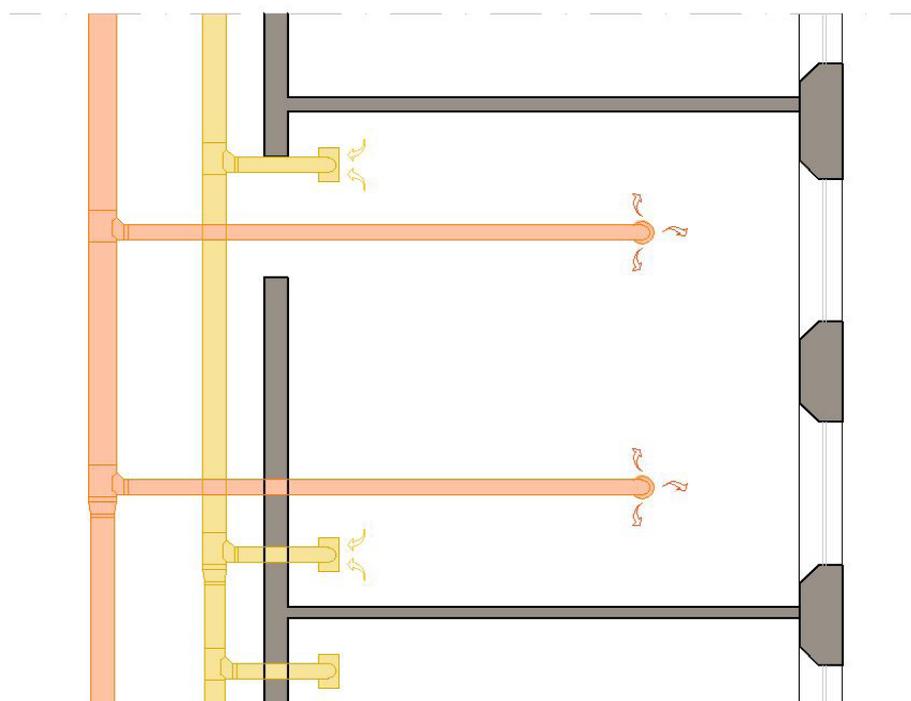


Fig. 5.23 - Posizionamento anemostati e bocchette di prelievo all'interno nell'aula tipo.

sono dotati gli ambienti di due punti di mandata ed uno di ritorno; i punti di ritorno saranno costituiti da bocchette di forma rettangolare poste in zone periferiche dell'aula, mentre i punti di mandata saranno realizzati tramite anemostati circolari distanziati il più possibile dalle bocchette di prelievo (fig 5.23)

Per quanto riguarda la scelta degli anemostati il mercato offre una grande varietà di prodotti e in base alle nostre necessità abbiamo scelto due differenti dimensioni di anemostati, entrambi sono prodotti dalla ditta MP3 e sono siglati: KU4-150 (strutturato per un canale da 15 cm) e KU4-200 (canale da 20 cm) aventi rispettivamente portate di 200-300 m<sup>3</sup>/h e 400-600 m<sup>3</sup>/h, in questo modo utilizzando solo due modelli è possibile soddisfare le diverse necessità dei differenti ambienti (aule, uffici e laboratori); nella fig. 5.24 si può osservare come verranno posizionati gli elementi di immissione e di ritiro.

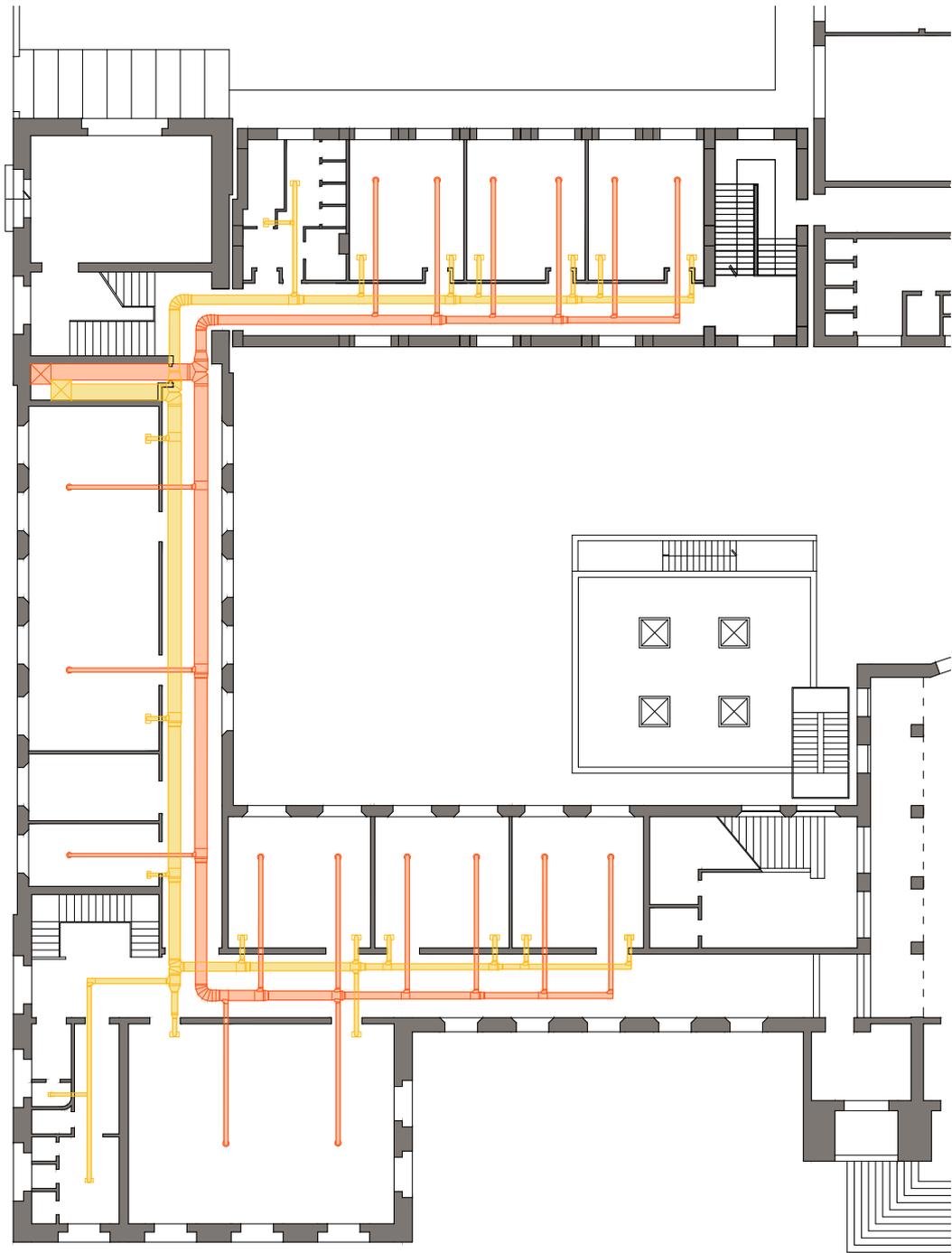
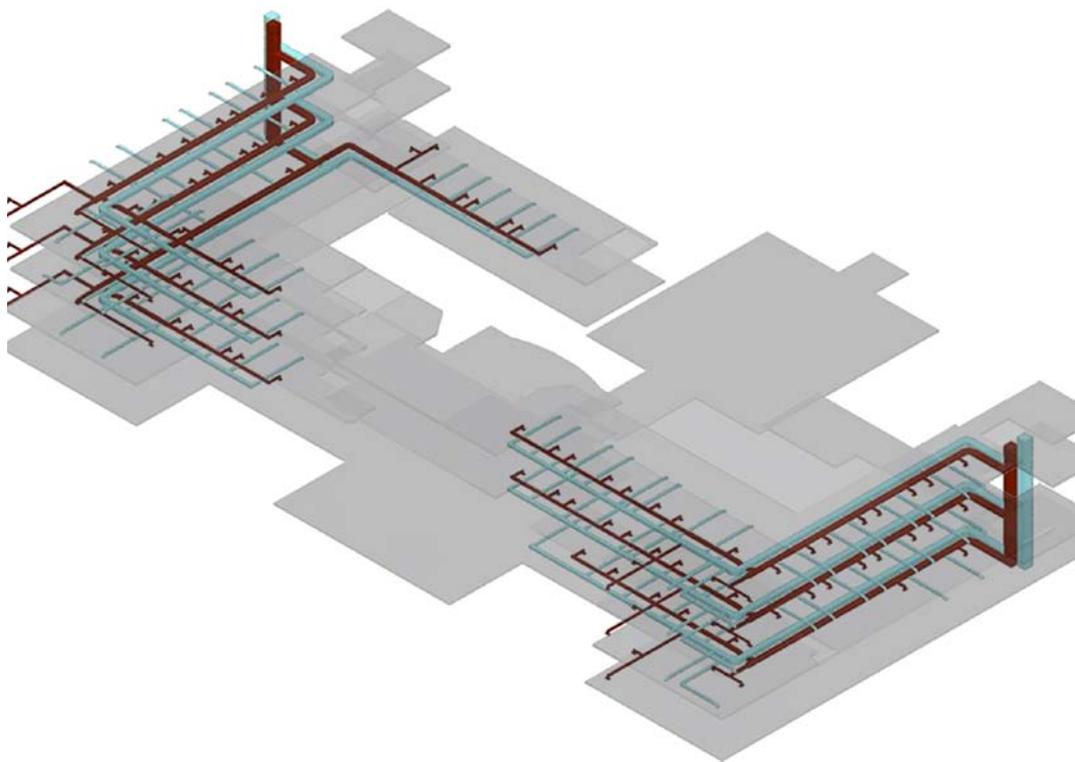


Fig. 5.24 - Distribuzione dei canali d'aria nel reparto Nord dell'istituto



## **5.4 BENESSERE VISIVO**

### **5.4.1 L' ILLUMINAMENTO NATURALE**

Terminata la parte progettuale a livello urbano ed energetico, il passo seguente è stato il progetto degli strumenti atti a migliorare il benessere degli utenti, sotto tre temi principali, presentati in questi paragrafi.

Per migliorare il comfort visivo delle aule si è scelto di operare secondo due linee differenti:

- 1\_ Diminuzione dei fenomeni di abbagliamento
- 2\_ Miglioramento dell'illuminamento medio dei banchi meno illuminati.

#### **5.4.1.1 LIVELLO DI ILLUMINAMENTO NATURALE SUI PIANI DI LETTURA**

Concentrandosi invece sul problema opposto, si è scelto di aprire delle aperture vetrate sui muri divisorii interni tra le aule stesse ed i corridoi, a loro volta fortemente illuminati naturalmente.

Le dimensioni di tali aperture, per poter ottenere dei risultati visibili, sono state definite in 240x420 cm.

Come riscontrabile dalla fig. 5.25 tale operazione permette

di ottenere un illuminamento medio sui banchi più critici superiore di circa 100-150 lux rispetto allo stato attuale, raggiungendo un illuminamento medio di circa 300 lux sulla maggior parte dei banchi.

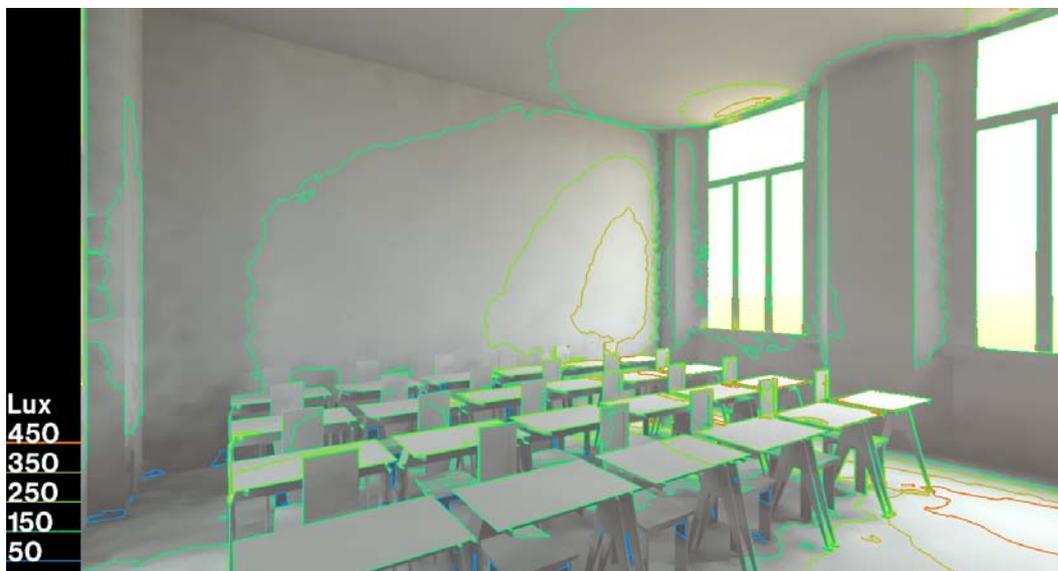


Fig. 5.25 - Aula 2B, apertura vetrata su corridoio, dim. 240x420, TL vetro: 75%, rifl. pareti 50%, rifl. Pavimento 25%, rifl. Soffitto 75%, rifl banchi e sedie 55%

#### 5.4.1.2 RIDUZIONE DEL FENOMENO DI ABBAGLIAMENTO

Per diminuire l'incidenza dell'illuminamento diretto sui banchi più prossimi le finestre è stato scelto un sistema di ombreggiamento a telo avvolgibile verticalmente, da inserire nell'alloggio attualmente costituito dai cassetteoni originali delle serrande (non più presenti in larga parte). Tali teli avvolgibili saranno realizzati con doppia trama: la parte superiore (100 cm) con un filtraggio luce del 80%, e la parte inferiore (220 cm) con un filtraggio luce del 40%. In questo modo è possibile ridurre drasticamente la luce diretta sui primi banchi, e al contempo diminuirla di una quantità inferiore (rispetto ad un filtraggio uniforme) nella parte più lontana dalle finestre.

Tali osservazioni possono essere visibili dalla fig. 5.26.



Fig. 5.26 - Aula 2B, apertura vetrata su corridoio + sistema ombreggiante tende a rullo verticali

## **5.5 BENESSERE ACUSTICO**

Uno degli aspetti più negativi riscontrati sia dai sopralluoghi che dai calcoli, è il fenomeno di eco presente nella maggior parte delle aule didattiche dell'edificio principale.

### **5.5.1 ATTENUAZIONE DEL TEMPO DI RIVERBERO**

Come visto nel paragrafo 4.3.3 il tempo di riverbero attualmente presente nell'aule rilevate è ampiamente superiore alle prescrizioni del D.M. 18/12/75.

Intenzione degli interventi proposti è ridurre il tempo di riverbero per rientrare nei parametri consigliati dal decreto sopra citato.

Per raggiungere tale obiettivo è stato necessario applicare uno strato di pannelli fonoassorbenti, dello spessore di cm 2 sulla parete opposta alla cattedra, a partire da 2,20 metri dal pavimento, fino al contro soffitto (altezza totale: 2m).

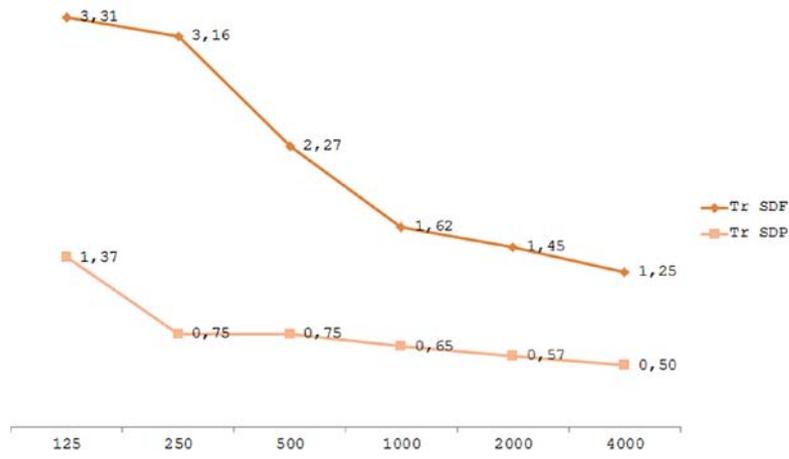
Per ridurre ulteriormente il riverbero è stato necessario predisporre l'applicazione di uno strato di 1,5 cm di intonaco acustico sulle pareti interne delle aule.

In questo modo, come riscontrabile dai dati negli allegati, il tempo di riverbero, alla frequenza di 1000 Hz, scende sotto i limiti del decreto (i limiti variano a seconda delle

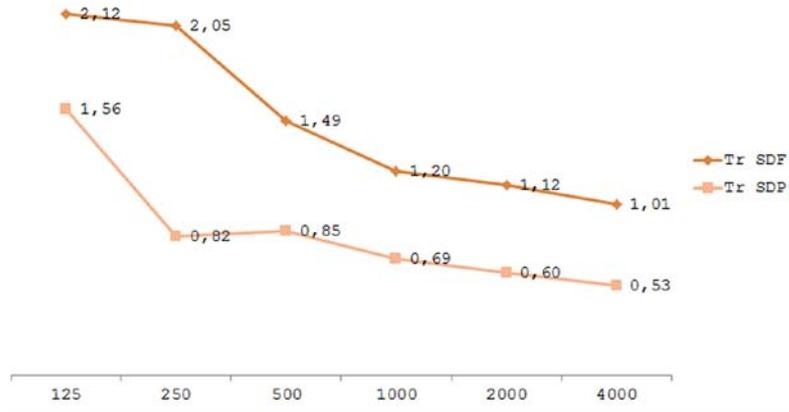
aule) <sup>(1)</sup>

Un ulteriore aspetto positivo per il raggiungimento di un miglioramento del tempo di riverbero è la diminuzione dell'altezza netta di quegli ambienti sprovvisti di controsoffitto anche nello stato di fatto.

Dalle fig. 5.27a,b,c è possibile comprendere il miglioramento del tempo di riverbero, paragonando quello di progetto con quello attuale

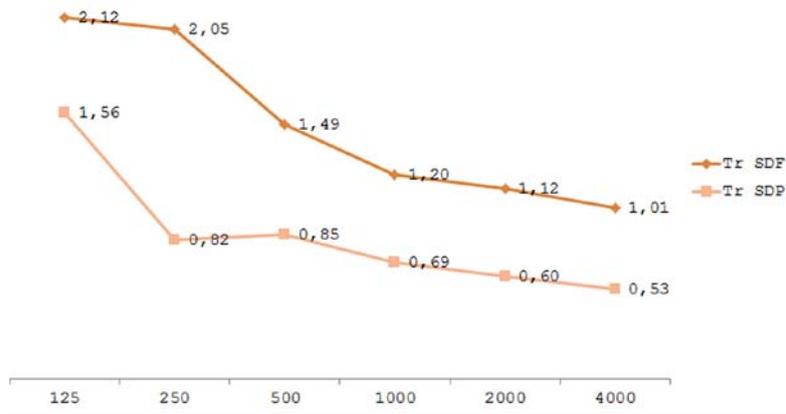


5.27a - Tempi di riverbero aula 2A



5.27b - Tempi di riverbero aula 2B

(1) - <http://download.rockwool.it/media/75055/acustica%20delle%20aule%20scolastiche.pdf>



5.27c - Tempi di riverbero aula 2C

### 5.5.2

### RIDUZIONE DI INQUINAMENTO ACUSTICO PROVENIENTE DALL' ESTERNO

Questo aspetto non è stato affrontato con metodo scientifico, e quindi con rilevamenti in loco e/o calcoli effettuati tramite indicazioni da normativa.

E' comunque utile far notare il fatto che allo stato attuale gli utenti sono obbligati ad aprire frequentemente le finestre per cambiare l'aria viziata, diminuendo al contempo la temperatura interna (in inverno).

Questo aspetto negativo è stato affrontato e risolto nei paragrafi precedenti; per quanto concerne il miglioramento del comfort acustico, è necessario far notare che con il nuovo impianto di VMC (paragrafo 5.3) ci sarà una necessità notevolmente inferiore di aprire continuamente le finestre, riducendo simultaneamente l'inquinamento acustico proveniente dall'esterno (situazione valida soprattutto per quegli ambienti che si affacciano su viale della Liberta').

## **5.6 IL PORTALE: UN UNICO ELEMENTO, MOLTEPLICI FUNZIONI**

Come intervento finale di miglioramento del benessere degli utenti, si è scelto di progettare un elemento che potesse incorporare più funzioni, molteplici utilizzi.

È nata quindi l'idea di inserire un portale multi-funzione in ogni aula, ufficio e laboratorio didattico (in pratica gli ambienti dell'edificio principale), che presenti al suo interno alcune caratteristiche funzionali agli utenti dell'istituto.

### **5.6.1 L'EVOLUZIONE DELLE AULE**

Originariamente l'istituto presentava una disposizione interna degli ambienti differente da quella attuale (fig. 5.28).

Questa caratteristica è intrinseca di qualunque complesso scolastico realizzato decine e decine di anni fa, a causa del fatto che le esigenze funzionali, spaziali e didattiche mutano col passare del tempo, come è logico pensare. Ciò fa sì che l'immagine interna dell'istituto è differente da quella originaria: alcuni ambienti sono stati divisi per ricavare più aule o laboratori più compatti, sono state eliminate le aule a gradoni per l'insegnamento della fisica e della chimica, sono stati inseriti due corpi scala autoportanti in acciaio nel 1994, e sono stati inevitabilmente cambiati anche gli infissi, sia interni che esterni.

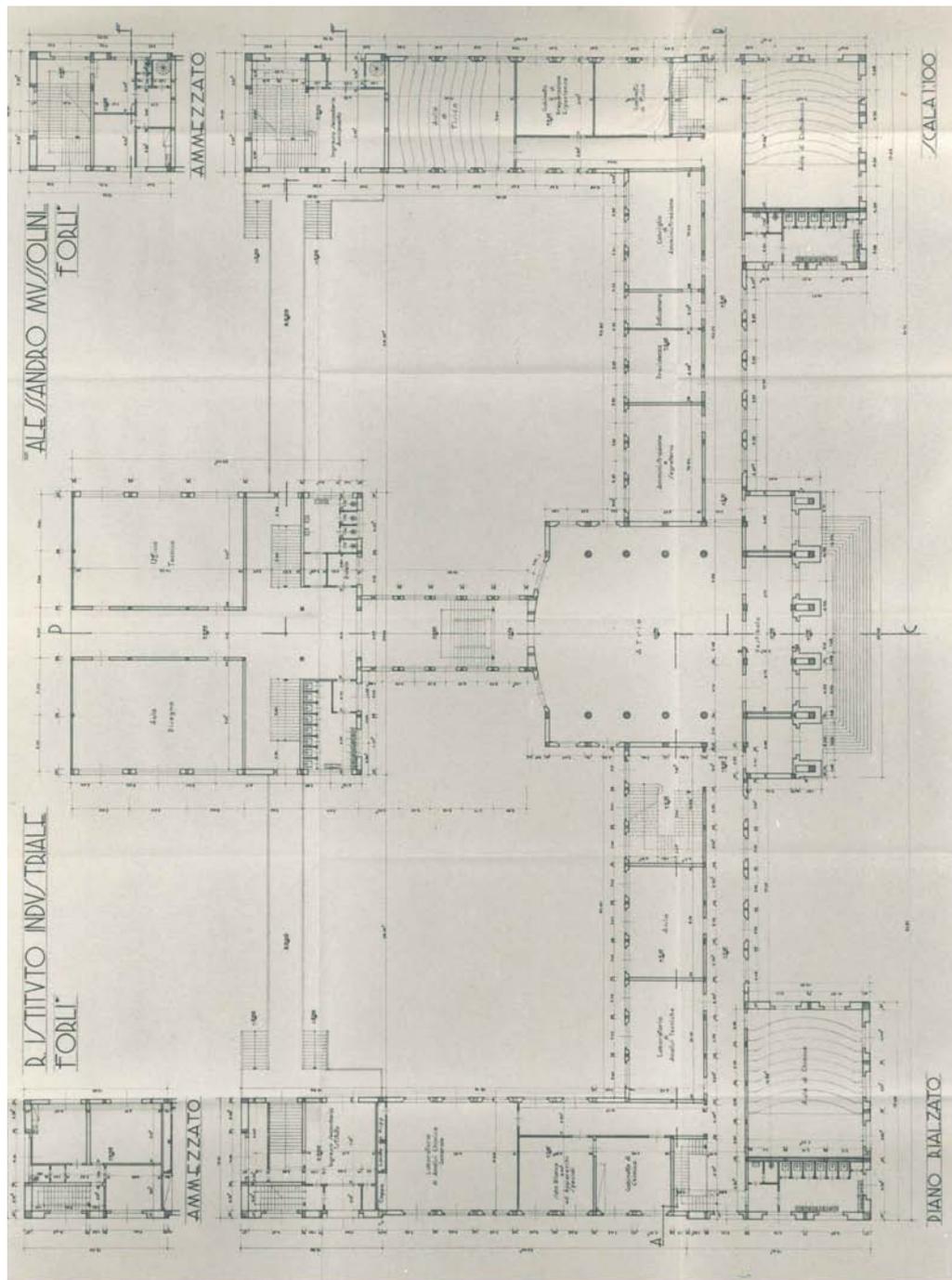


Fig. 5.28 - Disposizione originale degli ambienti al livello entrata<sup>(1)</sup>

(1) - 1900-2000 UN SECOLO DI ISTRUZIONE TECNICA INDUSTRIALE IN FORLÌ', op. cit.



Fig. 5.29 - Portale, assonometria. Dimensioni: 305x420 cm

L'intervento proposto va quindi a modificare l'immagine attuale degli spazi interni all'istituto, inserendo una grande apertura "multifunzione" per ogni aula; questo aspetto non è stato ritenuto negativo, in quanto appunto è più che normale che un istituto scolastico di più di 70 anni di vita abbia mutato la disposizione e le volumetrie degli ambienti interni, per poter rispondere sempre al meglio alle mutevoli esigenze didattiche e sociali (fig. 5.29)

### **5.6.2 ILLUMINAMENTO NATURALE**

Nel progettare il portale, si è tenuto conto di tutte le considerazioni e le analisi delle aule effettuate a livello illuminotecnico. Si è scelto perciò di rendere il portale il più possibile permeabile alla luce, sia diretta (per le aule esposte ad Est, Sud-Est) che diffusa.

Il portale è stato quindi dotato di ampie parti vetrate, fino al raggiungimento di circa 10 m<sup>2</sup> di superficie trasparente; la tipologia di vetro è ricaduta su un tipo satinato, con una trasmissione luminosa del 75%, in grado quindi di far passare la luce e contemporaneamente impedire la visione diretta di elementi presenti in corridoio da parte degli studenti nelle aule (per ovvi motivi di distrazione dalla lezione).

Le fig.5.30a,b illustrano le analisi illuminotecniche effettuate col software Radiance, impostando gli stessi parametri di riflessione usati per le analisi dello SDF (paragrafo 4.2) e modellando il portale con le seguenti

dimensioni:

Lunghezza: 3,05m

Altezza (visibile): 4,20m

Superficie vetrata: 9,8 m<sup>2</sup>



Fig. 5.30a - Analisi isolux aula 2C, inserimento portale multifunzione



Fig. 5.30b - Analisi isolux aula 2C, inserimento portale multifunzione + nuove tende a rullo



Fig. 5.31 - Portale, zoom parte vetrata superiore

### **5.6.3 SICUREZZA**

Uno degli aspetti incorporati dal portale è quello relativo alla sicurezza degli utenti.

Tema che viene inserito tramite la predisposizione di un estintore anti-incendio nello spessore del telaio (30 cm), lato corridoio (fig. 5.31).

Un ulteriore attenzione per la sicurezza è stata delineata nell'inserire un monitor LED sul lato corridoio che, oltre a mostrare alcuni dati in tempo reale sui consumi dell'edificio (si rimanda al paragrafo 5.6.4), può diventare, all'occorrenza, un segnale luminoso indicante la più vicina via di fuga sicura in caso di incendio.

### **5.6.4 COMUNICAZIONE**

Predisponendo un ulteriore monitor LED, ma sul lato aula, si rende possibile, tramite la connessione in una rete locale LAN dell'istituto da parte del portale, l'invio e la ricezione di messaggi, avvisi, promemoria, richiami. In questo modo si renderebbero più veloci ed efficienti tutta una serie di operazioni di routine (convocazioni di professori o alunni da parte della presidenza o della segreteria, le quali sarebbero notificate in tempo reale direttamente sullo schermo LED del portale presente nell'aula/laboratorio didattico/ufficio in cui è presente l'interessato) (fig. 5.32)



Fig. 5.32 - Portale, zoom alloggio estintore

### 5.6.5 SENSIBILIZZAZIONE

Un ulteriore aspetto inserito è quello della sensibilizzazione dell'utenza: sensibilizzazione pensata secondo due metodi di approccio.

1\_ Inserimento di alloggi all'interno del portale per la raccolta differenziata, sia all'interno dell'aula che all'esterno. Sul lato interno sono presenti 3 alloggi (carta, vetro e plastica) mentre sul lato esterno è presente un solo alloggio, il quale sarà diverso per ogni portale (fig. 5.33a)

2\_ Visualizzazione, tramite schermo LED inserito all'interno del portale, dei consumi dell'edificio, divisi per aula/laboratorio/officina, in tempo reale: inoltre tramite software appositi, sarebbe possibile fare paragoni tra i consumi attuali e la media del mese o dell'anno precedente, per poter rendere comprensibile agli studenti ed al personale come anche il loro comportamento incide significativamente sui consumi energetici e, di conseguenza, sulla loro "impronta ecologica" (fig. 5.33b)



Fig. 5.33a - Portale, zoom raccolta differenziata



Fig. 5.33b - Portale, zoom schermo led lato aula

#### 5.6.6 GESTIONE DEGLI IMPIANTI

Sempre nel reparto sensibilizzazione-interattività, vengono inseriti dei terminali per la gestione ed il controllo autonomo, diviso per aule, degli impianti presenti all'interno delle stesse.

Sarà possibile quindi poter regolare in modo automatizzato le nuove tende a rullo installate all'esterno delle finestre (impianto che potrebbero progettare gli stessi studenti, dato l'indirizzo tecnico industriale dei corsi), regolare la temperatura tramite un termostato, regolare le luci artificiali, regolare la velocità della ventilazione meccanica, ecc.



Fig. 5.34 - Portale, zoom sui terminali di gestione degli impianti

### **5.6.7 INTERATTIVITA' CON L'UTENZA**

Nelle stesse posizioni di inserimento dei terminali di gestione degli impianti dell'aula, si sono inseriti anche collegamenti per poter scaricare/caricare materiale informatico dal Server scolastico.

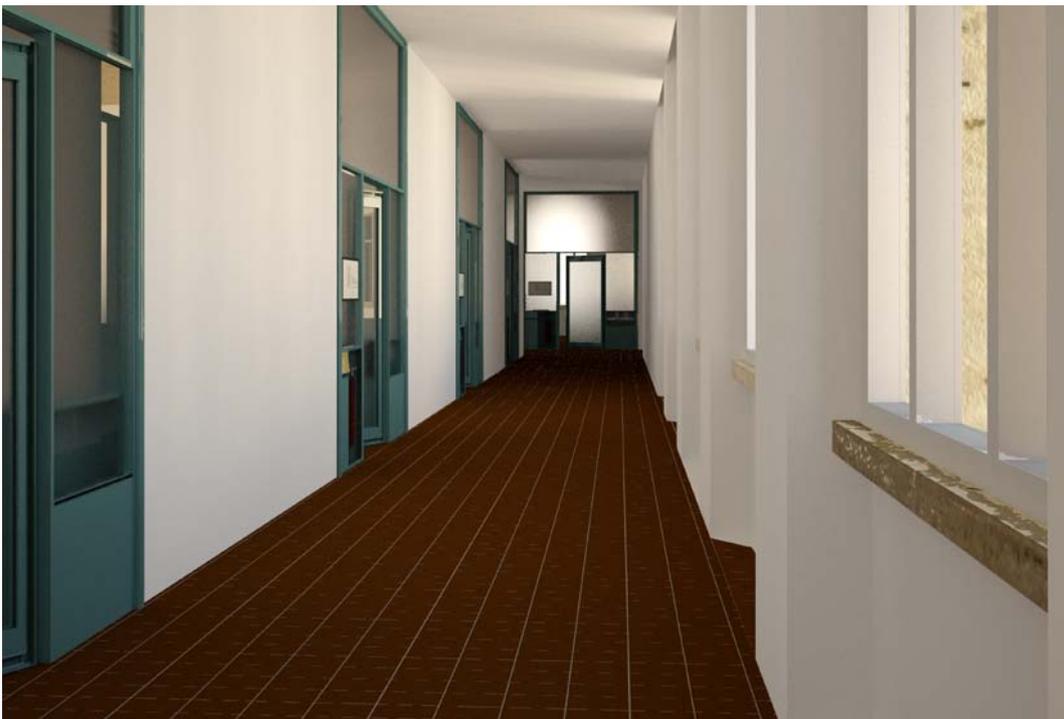
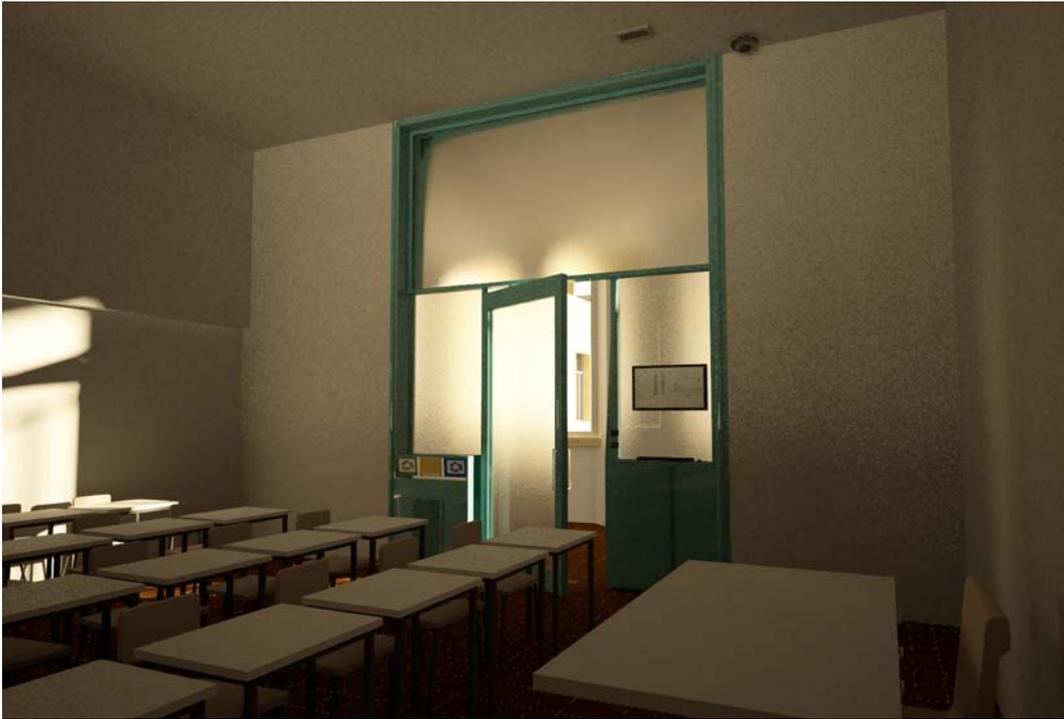
In questo modo i professori potranno lasciare degli appunti, delle lezioni o del materiale didattico in forma informatica, e gli studenti potranno liberamente scaricarsi tale materiale collegandosi al portale tramite il terminale (fig. 5.35)



Fig. 5.35 - Portale, zoom reparto interattivo

#### **5.6.8           UNA SCELTA COMPATIBILE CON IL FUTURO**

Tale intervento è stato studiato per permettere un suo utilizzo anche in un ipotetico futuro in cui ci sia necessità di cambiare la disposizione interna degli ambienti: in questa ipotesi l'utente dovrà comunque poter accedere a tali ambienti e, essendo il portale un elemento costruito a secco, formato da un telaio componibile in pannelli laminati ed ancorato alla muratura/pilastro (a seconda dei casi) tramite profili metallici HEB, ed avendo una larghezza totale di 3,05 m (inferiore all'interasse dei pilastri interni) potrà essere riposizionato in qualunque modo, rendendolo quindi adattabile alle esigenze più diverse.





## 6 - CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso dopo le considerazioni, le strategie progettuali ed il progetto stesso espresso nei capitoli precedenti, le considerazioni effettuate sono diverse.

Per prima cosa questa tesi si prefiggeva il compito di dimostrare come sia possibile, tramite le dovute attenzioni e strategie, riqualificare energeticamente e non solo un edificio dall'elevato pregio storico ed architettonico, permettendo di prolungare la sua vita utile, impedendo al contempo che diventi un "museo di se stesso", come purtroppo accade troppo spesso per gli edifici storici.

Si è cercato quindi di intraprendere un percorso che si concludesse con l'ingresso dell'edificio in classe energetica A, permettendogli di consumare notevolmente meno, con un beneficio per l'ambiente non indifferente.

Questo percorso è stato scelto di dividerlo, almeno in parte, anche con gli utenti, cercando di sensibilizzarli sotto più aspetti sostenibili, in quanto si ritiene fondamentale agire soprattutto sulla coscienza dell'utenza, oltre che sull'involucro edilizio; evitare di concentrarsi sull'educazione alla sostenibilità degli utenti sarebbe un grave errore, in quanto non è efficace agire sempre e solo sugli effetti collaterali (troppa energia dispersa, elevati consumi, ecc.), ma lo è invece agire sulle cause che provocano questi effetti, ovvero l'indifferenza diffusa rispetto a questi temi, soprattutto nei soggetti più giovani.

Far comprendere agli utenti quanto sia importante il proprio comportamento all'interno di un edificio, per cercare di

consumare sempre meno ed in modo intelligente, si ritiene produca effetti positivi non solo sui consumi dell'istituto e sul benessere degli utenti al suo interno ma, si spera, anche nella vita degli utenti al di fuori dell'istituto, perché potrebbero applicare i concetti appresi anche nella vita privata.

Tutti i concetti espressi in questa tesi, e soprattutto le strategie progettuali applicate, rappresentano una tra le molteplici vie che potrebbero essere percorse per l'obiettivo che è stato preposto all'inizio; non si ha certamente la presunzione che i metodi applicati ed illustrati siano gli unici o i "migliori" per riqualificare in modo sostenibile un edificio storico ma, al contrario, si spera che questa tesi possa essere il punto di partenza per lo sviluppo di strategie alternative, o l'approfondimento di alcune di quelle affrontate.

## 7 - BIBLIOGRAFIA

- \_ Antonini E., Boeri A., *Progettare scuole sostenibili Criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza energetica e la qualità ambientale*, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO), 2011
- \_ Astolfi A., Giovannini M. (a cura di), *Acustica delle aule scolastiche. Requisiti prestazionali, soluzioni di progetto, verifiche e calcolo in opera*, Rockwool
- \_ Brusi G., Giornelli A., Ricca Rossellini S. (a cura di), *1900-2000 Un secolo d'istruzione tecnica industriale in Forlì*, Istituto Tecnico Industriale "G.Marconi", Cesena 2000
- \_ Capomolla R., Mulazzani M., Vittorini R., *Case del Balilla. Architettura e fascismo*, Mondadori Electa spa, Verona 2008
- \_ Ciucci G., Dal Co F., *Architettura Italiana del Novecento*, Electa, Milano 1990
- \_ Cortesi G., Garoia G., Lelli C., Rocca Rossellini S., Santarelli E., Zambianchi A., Zelli G. (a cura di) *Storie d'Istituto. Antologia di ricordi del secolo scorso*, Istituto Tecnico Industriale "G.Marconi", Bertinoro (FC) 2004
- \_ Danesi S. Patetta L. (a cura di), *Il razionalismo e l'architettura in Italia durante il fascismo*, Edizioni La Biennale di Venezia, Venezia 1976
- \_ Laghi G., Vergari E., *Il viale della Stazione - Storia, immagini e studio tecnico della strada alberata più famosa di Forlì*, Comune di Forlì, 1998

\_ Legambiente 2010, Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, Legambiente, Roma 2010

\_ Prati L., Tramonti U. (a cura di), *La città progettata: Forlì, Predappio, Castrocaro. Urbanistica e architettura fra le due guerre*, Comune di Forlì, Forlì 1999

\_ Rotondo S., Selicato F., *Progettazione urbanistica*, McGraw-Hill Companies, Milano, 2009

\_ Varni A. (a cura di), *Storia di Forlì IV - L'età contemporanea*, Cassa dei Risparmi di Forlì, Nuova Alfa Editoriale, Bologna, 1992

## **SITOGRAFIA**

- <http://www.arpa.emr.it>
- <http://www.comune.forlì.it/>
- <http://www.deltaohm.com>
- <http://www.edscuola.it/>
- <http://www.enea.it/it/>
- <http://europaconcorsi.com/>
- <http://www.gazzettaufficiale.it/>
- <http://www.greenschoolbuildings.org/>
- <http://www.icbernareggio.it/>
- <http://www.istat.it/it/>
- <http://www.istruzione.it/>
- <http://www.legambiente.it>
- <http://www.rockwool.it>

## **NORME**

- UNI EN 15251/2008 "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica"
  
- UNI EN 13779/2005 "Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento"
  
- UNI EN 12464-1/2004 "Illuminazione dei posti di lavoro"
  
- UNI 10840/2000 "Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale"



## 8 - ALLEGATI



## 9 - ELENCO DELLE TAVOLE

- 1 - LOCALIZZAZIONE
- 2 - VIALE DELLA LIBERTA' : UN PERCORSO TRA MODERNITA' E TRADIZIONE
- 3 - STATO DI FATTO
- 4 - CRITICITA' URBANE E METODI DI INTERVENTO
- 5 - COMPORTAMENTO ENERGETICO
- 6 - BENESSERE DEGLI UTENTI
- 7 - RIQUALIFICARE IL VIALE ALBERATO PIU' FAMOSO DI FORLI'
- 8 - RETROFIT ENERGETICO
- 9 - MIGLIORARE IL BENESSERE\_VENTILAZIONE E RIVERBERO
- 10 - MIGLIORARE IL BENESSERE\_IL PORTALE
- 11 - RIQUALIFICARE PRESERERVANDO



## 10 - RINGRAZIAMENTI

Giunti alla fine dell'elaborazione di questa tesi vogliamo ringraziare tutti coloro che l'hanno resa possibile e più agevole nella sua stesura:

Grazie a tutti i professori del Laboratorio di Laurea di Architettura Sostenibile che ci hanno seguiti, supportato e consigliato negli ultimi 12 mesi, ovvero gli architetti Ernesto Antonini, Andrea Boeri, Kristian Fabbri e Andreina Maashen Milan.

Grazie ai docenti dell'ITIS "Marconi" di Forlì, Roberto Versari, Giampaolo Dall'Agata, Andrea Nadiani, Rubens Mossini, ed al preside dott.ssa Eliana Fiorin, senza i quali non sarebbe stato possibile effettuare alcun sopralluogo, e senza i quali avremmo impiegato molto più tempo per reperire i materiali di partenza.

In particolar modo vogliamo ringraziare il prof. Versari ed i suoi alunni che ci hanno permesso di effettuare i rilevamenti direttamente in un'aula durante una sua lezione.

Grazie all'arch. Paolo Rava, nel rappresentare il comune di Forlì come assessore all'Urbanistica e all'Architettura, per l'interesse dimostrato per la materia ed il tema della tesi.



## Dati generali di edificio, zone e locali

### Dati geometrici dell'Edificio

Edificio di riferimento:

Superficie disperdente involucro  $S_D$ : 27.089,5 m<sup>2</sup>

Volume lordo  $V_L$ : 88.186,5 m<sup>3</sup>

Fattore di forma  $f$ : 0,307 m<sup>-1</sup>

Superficie utile  $S_U$ : 12.059,0 m<sup>2</sup>

Volume netto  $V_N$ : 76.659,1 m<sup>3</sup>

### Dati di progetto per il riscaldamento dei locali

<b><math>\theta_{int,set,H}</math></b>	Temperatura interna di progetto per la stagione invernale	<b><math>S_U</math></b>	Superficie utile netta in pianta del locale
<b><math>S_D</math></b>	Superficie dell'involucro disperdente	<b><math>V_N</math></b>	Volume netto del locale riscaldato
<b><math>h_n</math></b>	Altezza netta del locale	<b><math>V'_{min}</math></b>	Portata d'aria minima richiesta per ragioni di igiene
<b><math>n_{min}</math></b>	Tasso minimo orario di ventilazione esterna	<b><math>n_{50}</math></b>	Tasso di ventilazione con differenze di pressione tra interno ed esterno pari a 50 Pa
<b><math>N_{ae}</math></b>	Numero di aperture esposte	<b><math>e</math></b>	Coefficiente di schermatura
<b>Tenuta</b>	Grado di tenuta all'aria dei serramenti	<b><math>\epsilon</math></b>	Fattore di correzione per l'altezza del locale rispetto al terreno
<b><math>h_{lg}</math></b>	Altezza del locale riscaldato sopra al livello del terreno	<b><math>V'_{ex}</math></b>	Portata d'aria oraria estratta dall'ambiente dal sistema di ventilazione
<b><math>V'_{inf}</math></b>	Portata d'aria per infiltrazione	<b><math>\theta_{su}</math></b>	Temperatura del flusso d'aria immesso nell'ambiente dal sistema di ventilazione
<b>Ventil.</b>	Tipo di ventilazione degli ambienti	<b><math>q_{viu}</math></b>	Portata d'aria oraria verso zone confinanti non climatizzate
<b><math>V'_{su}</math></b>	Portata d'aria oraria di rinnovo immessa nell'ambiente dal sistema di ventilazione		
<b><math>n_{iu}</math></b>	Ricambio d'aria orario per unità di volume verso zone confinanti non climatizzate		
<b><math>H_{viu}</math></b>	Coefficiente di scambio termico per ventilazione verso zone confinanti non climatizzate		

### Aula magna

Classe di schermatura dal vento: Nulla (edifici in zone ventose, emergenti in centri abitati)  
Caduta di temperatura impostata in regime di funzionamento attenuato dell'impianto  $\Delta T_a$ : °C

Tipo di costruzione: Appartamenti unifamiliari

Massa dell'edificio: Alta

Tempo di ripresa del sistema di riscaldamento  $t_r$ : 1 h

Fattore di ripresa  $f_{RH}$ : 0,0 W/m<sup>2</sup>

### Dati generali e climatici della zona, portata d'aria minima per ventilazione

Locale	$\theta_{int,set,H}$ [°C]	$S_D$ [m <sup>2</sup> ]	$S_U$ [m <sup>2</sup> ]	$h_n$ [m]	$V_N$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{min}$ [1/h]	$V'_{min}$ [m <sup>3</sup> /h]
Aula magna	20,0	346,4	236,5	4,9	1.158,7	0,50	579,3
TOTALE	-	346,4	236,5	-	1.158,7	-	-

### Ventilazione: portata d'aria per infiltrazione

Locale	$N_{ae}$ [-]	$n_{50}$ [1/h]	Tenuta	$e$ [-]	$h_{lg}$ [m]	$\epsilon$ [-]	$V'_{inf}$ [m <sup>3</sup> /h]
Aula magna	1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,01	0 - 10	1,00	162,2
TOTALE	-	-	-	-	-	-	162,2

### Volumi d'aria scambiati da sistemi di ventilazione meccanica

Locale	$V'_{ex}$ [m <sup>3</sup> /h]	$V'_{su}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\theta_{su}$ [°C]
TOTALE	0,0	0,0	-

### Volumi d'aria scambiati con zone non climatizzate confinanti per ventilazione naturale

Locale	Zona confinante non climatizzata	V <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> ]	n <sub>iu</sub> [1/h]	q <sub>viu</sub> [m <sup>3</sup> /h]	H <sub>viu</sub> [W/K]

### Aule Hall Corridoi WC

Classe di schermatura dal vento: Nulla (edifici in zone ventose, emergenti in centri abitati)  
 Caduta di temperatura impostata in regime di funzionamento attenuato dell'impianto ΔT<sub>a</sub>: °C  
 Fattore di ripresa f<sub>RH</sub>: 0,0 W/m<sup>2</sup>

Tipo di costruzione: Appartamenti unifamiliari

Massa dell'edificio: Alta

Tempo di ripresa del sistema di riscaldamento t<sub>r</sub>: 1 h

### Dati generali e climatici della zona, portata d'aria minima per ventilazione

Locale	θ <sub>int,set,H</sub> [°C]	S <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>U</sub> [m <sup>2</sup> ]	h <sub>n</sub> [m]	V <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> ]	n <sub>min</sub> [1/h]	V' <sub>min</sub> [m <sup>3</sup> /h]
1p	20,0	1.661,9	1.631,9	4,9	7.996,1	0,50	3.998,1
a	20,0	198,1	95,3	4,9	467,2	0,50	233,6
Corridoio 2p	20,0	1.301,2	687,0	7,0	6.314,0	0,50	3.157,0
Ala SUD	20,0	1.288,1	478,2	7,0	3.347,3	0,50	1.673,6
v	20,0	195,0	95,2	4,9	466,6	0,50	233,3
aa	20,0	398,2	95,3	7,0	667,4	0,50	333,7
ff	20,0	406,1	95,4	7,0	668,0	0,50	334,0
WC	20,0	78,2	43,5	4,7	204,6	0,50	102,3
Piano rialzato	20,0	1.354,6	1.352,5	4,7	6.356,5	0,50	3.178,3
Ingresso laterale	20,0	180,4	56,3	4,7	264,4	0,50	132,2
scale	20,0	93,7	36,5	4,7	171,7	0,50	85,9
ingresso laterale dx	20,0	93,9	55,0	4,7	258,3	0,50	129,2
scale	20,0	94,8	36,9	4,7	173,2	0,50	86,6
Interrato	20,0	3.814,0	1.768,8	4,0	7.075,3	0,50	3.537,7
aula	20,0	49,3	17,1	4,9	83,6	0,50	41,8
Interrato ala	20,0	529,7	213,2	4,0	852,6	0,50	426,3
Piano rialzato ala	20,0	638,3	262,2	4,7	1.232,2	0,50	616,1
TOTALE	-	12.375,7	7.020,2	-	36.599,2	-	-

### Ventilazione: portata d'aria per infiltrazione

Locale	N <sub>ae</sub> [-]	n <sub>50</sub> [1/h]	Tenuta	e [-]	h <sub>lg</sub> [m]	ε [-]	V' <sub>inf</sub> [m <sup>3</sup> /h]
1p	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	2.238,9
a	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	130,8
Corridoio 2p	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	1.767,9
Ala SUD	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	937,2
v	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	130,6
aa	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	186,9
ff	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	187,1
WC	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	57,3
Piano rialzato	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	1.779,8
Ingresso laterale	1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,01	0 - 10	1,00	37,0
scale	1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,01	0 - 10	1,00	24,0
ingresso laterale dx	0	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,00	0 - 10	1,00	36,2
scale	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	48,5
Interrato	0	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,00	0 - 10	1,00	990,5

aula	1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,01	0 - 10	1,00	11,7
Interrato ala	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	238,7
Piano rialzato ala	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	345,0
TOTALE	-	-	-	-	-	-	9.148,3

Volumi d'aria scambiati da sistemi di ventilazione meccanica

Locale	$V'_{ex}$ [m <sup>3</sup> /h]	$V'_{su}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\theta_{su}$ [°C]
TOTALE	0,0	0,0	-

Volumi d'aria scambiati con zone non climatizzate confinanti per ventilazione naturale

Locale	Zona confinante non climatizzata	$V_n$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{iu}$ [1/h]	$q_{viu}$ [m <sup>3</sup> /h]	$H_{viu}$ [W/K]

**Uffici**

Classe di schermatura dal vento: Nulla (edifici in zone ventose, emergenti in centri abitati)  
 Caduta di temperatura impostata in regime di funzionamento attenuato dell'impianto  $\Delta T_a$ : °C  
 Fattore di ripresa  $f_{RH}$ : 0,0 W/m<sup>2</sup>

Tipo di costruzione: Appartamenti unifamiliari

Massa dell'edificio: Alta

Tempo di ripresa del sistema di riscaldamento  $t_r$ : 1 h

Dati generali e climatici della zona, portata d'aria minima per ventilazione

Locale	$\theta_{int,set,H}$ [°C]	$S_D$ [m <sup>2</sup> ]	$S_U$ [m <sup>2</sup> ]	$h_n$ [m]	$V_n$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{min}$ [1/h]	$V'_{min}$ [m <sup>3</sup> /h]
Sala docenti primo piano	20,0	92,4	49,9	4,9	244,6	0,50	122,3
Sala docenti 2p	20,0	155,4	48,5	7,0	339,8	0,50	169,9
Segreteria-Ufficio tecnico	20,0	125,3	129,7	4,7	609,6	0,50	304,8
SAla docenti	20,0	47,0	17,1	4,7	80,2	0,50	40,1
Uffici piano rialzato	20,0	154,8	202,7	4,7	952,7	0,50	476,3
Ufficio chimica generale	20,0	66,2	19,4	4,7	91,2	0,50	45,6
uffici	20,0	157,6	151,2	4,7	710,4	0,50	355,2
TOTALE	-	798,6	618,5	-	3.028,5	-	-

Ventilazione: portata d'aria per infiltrazione

Locale	$N_{ae}$ [-]	$n_{50}$ [1/h]	Tenuta	$e$ [-]	$h_{lg}$ [m]	$\varepsilon$ [-]	$V'_{inf}$ [m <sup>3</sup> /h]
Sala docenti primo piano	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	68,5
Sala docenti 2p	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	95,2
Segreteria-Ufficio tecnico	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	170,7
SAla docenti	1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,01	0 - 10	1,00	11,2
Uffici piano rialzato	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	266,8
Ufficio chimica generale	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	25,5
uffici	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	198,9
TOTALE	-	-	-	-	-	-	836,8

Volumi d'aria scambiati da sistemi di ventilazione meccanica

Locale	$V'_{ex}$ [m <sup>3</sup> /h]	$V'_{su}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\theta_{su}$ [°C]

TOTALE	0,0	0,0	-
--------	-----	-----	---

Volumi d'aria scambiati con zone non climatizzate confinanti per ventilazione naturale

Locale	Zona confinante non climatizzata	$V_n$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{iu}$ [1/h]	$q_{viu}$ [m <sup>3</sup> /h]	$H_{viu}$ [W/K]

LAB

Classe di schermatura dal vento: Nulla (edifici in zone ventose, emergenti in centri abitati)  
 Caduta di temperatura impostata in regime di funzionamento attenuato dell'impianto  $\Delta T_a$ : °C  
 Fattore di ripresa  $f_{RH}$ : 0,0 W/m<sup>2</sup>

Tipo di costruzione: Appartamenti unifamiliari

Massa dell'edificio: Media

Tempo di ripresa del sistema di riscaldamento  $t_r$ : 1 h

Dati generali e climatici della zona, portata d'aria minima per ventilazione

Locale	$\theta_{int,set,H}$ [°C]	$S_D$ [m <sup>2</sup> ]	$S_U$ [m <sup>2</sup> ]	$h_n$ [m]	$V_n$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{min}$ [1/h]	$V'_{min}$ [m <sup>3</sup> /h]
Corridoio Lab+bar+biblioteca+wc ala lab	20,0	7.345,9	926,9	4,7	4.356,4	0,50	2.178,2
Lab 1	20,0	814,4	385,4	4,7	1.811,6	0,50	905,8
Lab 2	20,0	817,3	385,6	4,7	1.812,2	0,50	906,1
Lab 3	20,0	502,6	384,8	4,7	1.808,5	0,50	904,3
Lab 4	20,0	506,3	385,0	4,7	1.809,3	0,50	904,6
Lab 6	20,0	1.098,0	560,6	4,7	2.647,2	0,50	1.323,6
Lab 7	20,0	792,0	384,3	4,7	1.806,2	0,50	903,1
Lab 8	20,0	398,7	385,3	4,7	1.811,0	0,50	905,5
Lab 9	20,0	399,4	386,0	4,7	1.814,0	0,50	907,0
Lab 10	20,0	395,0	381,6	4,7	1.793,7	0,50	896,9
Lab 5	20,0	499,1	384,4	4,7	1.806,8	0,50	903,4
TOTALE	-	13.568,8	4.949,9	-	23.276,9	-	-

Ventilazione: portata d'aria per infiltrazione

Locale	$N_{ae}$ [-]	$n_{50}$ [1/h]	Tenuta	$e$ [-]	$h_{lg}$ [m]	$\epsilon$ [-]	$V'_{inf}$ [m <sup>3</sup> /h]
Corridoio Lab+bar+biblioteca+wc ala lab	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	1.219,8
Lab 1	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	507,2
Lab 2	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	507,4
Lab 3	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	506,4
Lab 4	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	506,6
Lab 6	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	741,2
Lab 7	>1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,02	0 - 10	1,00	505,7
Lab 8	0	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,00	0 - 10	1,00	253,5
Lab 9	0	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,00	0 - 10	1,00	254,0
Lab 10	0	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,00	0 - 10	1,00	251,1
Lab 5	1	7,0	Medio (Vetri doppi)	0,01	0 - 10	1,00	253,0
TOTALE	-	-	-	-	-	-	5.506,0

Volumi d'aria scambiati da sistemi di ventilazione meccanica

Locale	$V_{ex}$ [m <sup>3</sup> /h]	$V_{su}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\theta_{su}$ [°C]

TOTALE	0,0	0,0	-
--------	-----	-----	---

Volumi d'aria scambiati con zone non climatizzate confinanti per ventilazione naturale

Locale	Zona confinante non climatizzata	$V_n$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{iu}$ [1/h]	$q_{viu}$ [m <sup>3</sup> /h]	$H_{viu}$ [W/K]

Dati generali delle zone non riscaldate e zone confinanti riscaldate da altro impianto

**$n_{ue}$**  Ricambio d'aria tra zona non climatizzata ed esterno       **$V_n$**  Volume netto della zona non dotata di impianto di riscaldamento  
 **$H_{vue}$**  Coefficiente di scambio termico per ventilazione per le zone confinanti non climatizzate       **$q_{vue}$**  Portata d'aria oraria tra zone confinanti non climatizzate ed esterno

Zona non riscaldata	$V_n$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{ue}$ [m <sup>-1</sup> ]	$q_{vue}$ [m <sup>3</sup> /h]	$H_{vue}$ [W/K]
Locale n.r.	7.448,8	0,50	3.724,4	1.266,3
TOTALE	7.448,8	-	-	1.266,3

**$U_{i,m}$**  Trasmittanza dell'elemento di separazione tra le zone riscaldate       **$U_{e,m}$**  Trasmittanza media degli elementi disperdenti dall'edificio confinante verso l'esterno  
 **$P$**  Percentuale della superficie verso esterno per l'edificio confinante riscaldato       **$b_a$**  Fattore di riduzione relativo allo spazio adiacente riscaldato

Zona confinante riscaldata da altro impianto	Tipo	Occupazione	$U_{i,m}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$U_{e,m}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$P$ [%]	$b_a$ [-]
Assenti						

## PROGETTO DELL'ISOLAMENTO

Il calcolo di progetto per l'isolamento dell'involucro dell'edificio ed il conseguente calcolo del carico termico di progetto è condotto in conformità alla UNI EN 12381 – 2006.

### COEFFICIENTI DI DISPERSIONE

Di seguito si riportano gli elementi che costituiscono l'involucro del sistema edificio/impianto con i rispettivi valori di trasmittanza termica U. U' rappresenta la trasmittanza di un elemento opaco valutata comprendendo l'influenza degli eventuali ponti termici associati. A ciascuna voce viene associato il limite da normativa e l'esito della relativa verifica.

Strutture verticali opache	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Esempio - Porta ingresso interna	1,683	1,683	2,160	OK
90 cm travertino	0,434	0,434	0,324	NO
70 cm intonaco	0,943	0,943	0,324	NO
70 cm mattoni	0,956	0,956	0,324	NO
55 cm intonaco	1,154	1,154	0,324	NO
30 cm interno stessa z.r.	1,034	1,034	0,324	NO
30 cm interno altra z.r.	1,025	1,025	0,324	NO
15 cm interno altra z.r.	2,018	2,018	0,324	NO
45 cm perimetrale lab	1,280	1,280	0,324	NO
90 cm intonaco	0,749	0,749	0,324	NO
15 cm interno stessa z.r.	2,018	2,018	0,324	NO
15 cm interno confina con z.n.r.	2,018	2,018	0,324	NO
30 cm interno confina con z.n.r.	1,025	1,025	0,324	NO
70 cm interno altra z.r.	0,888	0,888	0,324	NO
55 cm interno stessa z.r.	1,129	1,129	0,324	NO
55 cm interno altra z.r.	1,090	1,090	0,324	NO
55 cm interno confina con z.n.r.	1,090	1,090	0,324	NO
70 cm travertino	0,965	0,965	0,324	NO
40 cm travertino	1,531	1,531	0,324	NO
70 cm interno confina con z.n.r.	0,927	0,927	0,324	NO
40 cm interno confina con z.n.r.	0,864	0,864	0,324	NO
40 cm interno stessa z.r.	0,864	0,864	0,324	NO
40 cm interno altra z.r.	0,874	0,874	0,324	NO

Strutture orizzontali opache di pavimento	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
NEW 40 cm interpiano	1,085	1,085	0,324	NO
NEW interpiano aula MAGNA	0,985	0,985	0,324	NO
NEW 30 cm Hall	1,435	1,435	0,324	NO
NEW 40 cm interpiano verso z.n.r.	1,085	1,085	0,324	NO

Strutture orizzontali opache di copertura	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Copertura 40 cm guaina	1,105	1,105	0,288	NO
Copertura LAB	1,840	1,840	0,288	NO

Elementi trasparenti	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Vetri aule	1,518	-	-
Vetri Lab OK	1,269	-	-
Esempio - Vetro semplice 5 mm	5,713	-	-

Serramenti	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
160x310	1,932	2,160	OK
190x310	1,890	2,160	OK
180x160	2,023	2,160	OK
180x230	1,745	2,160	OK
180x300	1,700	2,160	OK

200x215	1,733	2,160	OK
370x300	1,566	2,160	OK
230x1500	1,746	2,160	OK
370x460	1,511	2,160	OK
310x900	1,714	2,160	OK
350x1600	1,682	2,160	OK
Portone ingresso principale	4,171	2,160	NO
Portone ingresso principale vetri buoni	1,616	2,160	OK

<b>Partizioni interne verticali ed orizzontali</b>	Trasmittanza U $W/(m^2K)$	Trasmittanza corretta U' $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite U <sub>jlimite</sub> $W/(m^2K)$	Verifica
Assenti				

<b>Strutture verso il terreno</b>	Trasmittanza U $W/(m^2K)$	Trasmittanza limite U <sub>jlimite</sub> $W/(m^2K)$	Verifica
Pavimento contro terra lab	0,347	0,324	NO
Pavimento contro terra edificio M	0,409	0,324	NO
Solaio contro terra collegamento	0,593	0,324	NO
Pavimento contro terra NUOVA ALA	0,314	0,324	OK

<b>Ponti termici</b>	Trasmittanza lineica $\psi_j$ $W/(mK)$	Trasmittanza lineica $\psi_{oj}$ $W/(mK)$	Trasmittanza lineica $\psi_e$ $W/(mK)$
Pilastri-P1	1,300	1,300	1,300

## DISPERSIONI PER TRASMISSIONE

I coefficienti di maggiorazione percentuale a seconda dell'esposizione delle strutture verticali sono valutati con riferimento alla norma UNI EN 12831 - 2006, paragrafo 6 dell'appendice NA (prospetto NA.3 a).

### Unità immobiliare 1

Aula magna - Aula magna -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0011	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	37,10	1,154	42,82	1,00	0,00	1.070,44
pa0012	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	19,08	0,943	17,99	1,00	0,00	517,13
pa0014	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	47,19	0,943	44,49	1,00	0,00	1.278,96
se0080	310x900	Esterno	E	1,15	27,90	1,714	47,82	1,00	0,00	1.374,84
pa0016	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	19,08	0,943	17,99	1,00	0,00	517,13
pa0017	70 cm intonaco	Esterno	N	1,20	37,10	0,943	34,98	1,00	0,00	1.049,25
pa0111	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	36,89	1,090	40,22	0,71	0,00	710,19
pa0080	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	23,30	2,018	47,01	0,71	0,00	830,17
pa0081	70 cm intonaco	Esterno	N	1,20	6,54	0,943	6,17	1,00	0,00	185,05
pa0082	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	15,78	2,018	31,84	0,71	0,00	562,21
pa0084	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	23,59	2,018	47,60	0,71	0,00	840,59
pa0085	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	15,78	2,018	31,84	0,71	0,00	562,21
pa0086	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	73,65	1,025	75,50	0,00	0,00	0,00
pa0091	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	37,07	1,090	40,41	0,71	0,00	713,56
pv0002	NEW interpiano aula MAGNA	Locale interno alla zona	-	1,00	267,26	0,985	263,35	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aula magna - Aula magna**

**0,00**

**10.211,75**

Aule Hall Corridoi WC - 1p -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0001	70 cm mattoni	Esterno	W	1,10	76,96	0,956	73,57	1,00	0,00	2.023,19
se0070	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0071	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0072	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0073	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0074	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0005	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	7,41	0,956	7,08	1,00	0,00	177,02
pa0010	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	109,44	1,154	126,30	1,00	0,00	3.631,13
se0037	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0038	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0039	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0040	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0041	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0042	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0043	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0044	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0045	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
pa0020	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	1,35	1,154	1,56	1,00	0,00	44,71
pa0028	70 cm mattoni	Esterno	N	1,20	66,45	0,956	63,52	1,00	0,00	1.905,57
se0017	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0018	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0019	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0020	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0021	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0029	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	10,74	0,434	4,66	1,00	0,00	139,83
pa0030	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,21	0,434	4,00	1,00	0,00	119,97
pa0031	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,21	0,434	4,00	1,00	0,00	119,97
pa0032	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	10,74	0,434	4,66	1,00	0,00	139,83
pa0033	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	11,66	0,434	5,06	1,00	0,00	139,15
pa0034	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	9,01	0,434	3,91	1,00	0,00	107,53
pa0035	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	9,01	0,434	3,91	1,00	0,00	107,53
pa0036	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	9,01	0,434	3,91	1,00	0,00	107,53
pa0037	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	11,13	0,434	4,83	1,00	0,00	132,83
pa0038	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	11,66	0,434	5,06	1,00	0,00	126,50
pa0039	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	6,36	0,434	2,76	1,00	0,00	69,00

pa0040	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	12,72	0,434	5,52	1,00	0,00	138,00
pa0041	70 cm mattoni	Esterno	W	1,10	76,96	0,956	73,57	1,00	0,00	2.023,19
se0001	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0002	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0003	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0004	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0005	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0003	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	7,23	1,531	11,07	1,00	0,00	276,77
se0007	160x310	Esterno	S	1,00	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	239,57
pa0004	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	7,23	1,531	11,07	1,00	0,00	276,77
se0006	160x310	Esterno	S	1,00	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	239,57
pa0045	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0008	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0046	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0009	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0047	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0010	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0048	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0011	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0049	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	433,04
se0012	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0050	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	433,04
se0013	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0051	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	433,04
se0014	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0002	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	7,23	1,531	11,07	1,00	0,00	332,12
se0068	160x310	Esterno	N	1,20	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	287,48
pa0018	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	7,23	1,531	11,07	1,00	0,00	332,12
se0069	160x310	Esterno	N	1,20	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	287,48
pa0052	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0067	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0053	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0066	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0054	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,55	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0065	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0055	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,56	1,531	13,10	1,00	0,00	360,24
se0064	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0056	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	360,87
se0063	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0057	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	360,87
se0062	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0058	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	360,87
se0061	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0062	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	1,62	0,434	0,70	1,00	0,00	21,10
pa0063	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,48	0,434	3,68	1,00	0,00	110,40
pa0064	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	12,72	0,434	5,52	1,00	0,00	165,61
pa0065	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	5,83	0,434	2,53	1,00	0,00	69,58
pa0066	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	5,55	0,434	2,41	1,00	0,00	66,18
pa0067	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	9,01	0,434	3,91	1,00	0,00	107,53
pa0068	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	9,01	0,434	3,91	1,00	0,00	107,53
pa0069	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	12,19	0,434	5,29	1,00	0,00	145,48
pa0070	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	10,74	0,434	4,66	1,00	0,00	116,52
pa0071	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,21	0,434	4,00	1,00	0,00	99,97
pa0072	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	6,65	0,434	2,89	1,00	0,00	72,17
pa0073	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	10,74	0,434	4,66	1,00	0,00	116,52
pa0100	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	115,30	1,154	133,07	1,00	0,00	3.825,82
se0029	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0030	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0031	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0032	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0033	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0034	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0035	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0036	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
pa0106	55 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	3,02	1,129	3,41	0,00	0,00	0,00
pa0110	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	3,44	1,034	3,56	0,00	0,00	0,00
pa0113	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	11,63	0,434	5,05	1,00	0,00	151,40
pa0115	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	2,56	0,434	1,11	1,00	0,00	27,81
pa0117	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	3,46	0,434	1,50	1,00	0,00	41,35
pa0118	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	0,06	1,025	0,07	0,71	0,00	1,15
pa0120	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	90,01	0,956	86,05	1,00	0,00	2.151,24
se0054	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0055	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30

se0056	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0057	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0058	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0059	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0060	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0121	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	49,56	2,018	99,99	0,71	0,00	1.765,68
pa0125	55 cm intonaco	Esterno	N	1,20	80,55	1,154	92,97	1,00	0,00	2.789,06
se0046	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0047	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0048	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0049	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0050	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0136	70 cm mattoni	Esterno	N	1,20	7,36	0,956	7,04	1,00	0,00	211,10
pa0138	70 cm mattoni	Esterno	N	1,20	23,82	0,956	22,77	1,00	0,00	683,23
se0015	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0016	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0147	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	7,13	2,018	14,39	0,71	0,00	254,07
pa0148	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	49,56	2,018	99,99	0,71	0,00	1.765,70
pa0149	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	81,30	1,154	93,82	1,00	0,00	2.345,61
se0024	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0025	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0026	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0027	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0028	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0079	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	12,98	1,025	13,31	0,00	0,00	0,00
pa0083	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	13,00	1,025	13,33	0,71	0,00	235,32
pa0088	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	25,97	1,090	28,31	0,71	0,00	499,95
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	1.896,35	1,085	2.057,55	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - 1p** **0,00** **56.103,34**

Aule Hall Corridoi WC - a -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0008	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	31,97	0,434	13,87	1,00	0,00	416,19
se0086	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0006	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	360,87
se0053	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0007	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,32	1,531	23,45	1,00	0,00	586,34
pa0075	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	3,42	0,434	1,49	1,00	0,00	37,14
pa0076	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	13,33	0,434	5,78	1,00	0,00	144,62
pa0077	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	10,79	0,434	4,68	1,00	0,00	134,59
pa0078	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	12,00	0,434	5,21	1,00	0,00	149,76
pa0127	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	20,57	0,434	8,92	1,00	0,00	267,75
se0051	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0128	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,24	0,434	4,01	1,00	0,00	100,29
pa0130	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	7,68	0,434	3,33	1,00	0,00	83,34
pa0090	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	46,64	0,864	40,30	0,71	0,00	711,72
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	121,68	1,085	132,03	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - a** **0,00** **3.938,83**

Aule Hall Corridoi WC - Corridoio 2p -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0001	70 cm mattoni	Esterno	W	1,10	117,28	0,956	112,11	1,00	0,00	3.083,16
se0070	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0071	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0072	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0073	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0074	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0010	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	173,80	1,154	200,58	1,00	0,00	5.766,81
se0037	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0038	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0039	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0040	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0041	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0042	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05

se0043	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0044	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0045	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
pa0041	70 cm mattoni	Esterno	W	1,10	117,28	0,956	112,11	1,00	0,00	3.083,16
se0001	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0002	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0003	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0004	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0005	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0100	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	183,73	1,154	212,04	1,00	0,00	6.096,25
se0029	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0030	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0031	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0032	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0033	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0034	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0035	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0036	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
pa0106	55 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	4,22	1,129	4,76	0,00	0,00	0,00
pa0111	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	51,51	1,025	52,80	0,71	0,00	932,29
pa0134	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	53,65	1,025	54,99	0,71	0,00	971,07
pa0079	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	21,64	1,025	22,19	0,71	0,00	391,77
pa0083	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	18,15	1,025	18,61	0,71	0,00	328,56
pa0086	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	102,84	1,025	105,41	0,00	0,00	0,00
pa0088	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	36,26	1,090	39,53	0,71	0,00	698,05
pa0089	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	36,26	1,090	39,53	0,71	0,00	698,05
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	811,10	1,085	880,05	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura 40 cm guaina	Esterno	-	1,00	170,52	1,105	188,40	1,00	0,00	4.710,06
co0002	Copertura 40 cm guaina	Esterno	-	1,00	171,37	1,105	189,35	1,00	0,00	4.733,67
pv0002	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	33,27	1,085	36,10	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Corridoio 2p**

**0,00 39.568,95**

Aule Hall Corridoi WC - Ala SUD -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0005	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	10,34	0,956	9,89	1,00	0,00	247,16
pa0002	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	12,06	1,531	18,47	1,00	0,00	553,99
se0068	160x310	Esterno	N	1,20	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	287,48
pa0018	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	12,06	1,531	18,47	1,00	0,00	553,99
se0069	160x310	Esterno	N	1,20	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	287,48
pa0052	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	13,91	1,531	21,30	1,00	0,00	585,73
se0067	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0053	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	13,91	1,531	21,30	1,00	0,00	585,73
se0066	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0054	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	13,91	1,531	21,30	1,00	0,00	585,73
se0065	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0055	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	13,91	1,531	21,30	1,00	0,00	585,73
se0064	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0056	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	593,19
se0063	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0057	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	593,19
se0062	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0058	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	593,19
se0061	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0062	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	2,26	0,434	0,98	1,00	0,00	29,47
pa0063	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	11,84	0,434	5,14	1,00	0,00	154,15
pa0064	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	17,76	0,434	7,71	1,00	0,00	231,22
pa0065	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,14	0,434	3,53	1,00	0,00	97,15
pa0066	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,74	0,434	3,36	1,00	0,00	92,40
pa0067	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	12,58	0,434	5,46	1,00	0,00	150,13
pa0068	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	12,58	0,434	5,46	1,00	0,00	150,13
pa0069	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	17,02	0,434	7,39	1,00	0,00	203,12
pa0070	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,00	0,434	6,51	1,00	0,00	162,69
pa0071	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	12,87	0,434	5,58	1,00	0,00	139,58
pa0072	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	9,29	0,434	4,03	1,00	0,00	100,76
pa0073	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,00	0,434	6,51	1,00	0,00	162,69
pa0113	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	16,24	0,434	7,05	1,00	0,00	211,39
pa0115	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	3,58	0,434	1,55	1,00	0,00	38,82
pa0117	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	4,84	0,434	2,10	1,00	0,00	57,73

pa0118	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	0,09	1,025	0,09	0,00	0,00	0,00
pa0120	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	142,02	0,956	135,76	1,00	0,00	3.394,04
se0054	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0055	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0056	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0057	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0058	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0059	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0060	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0121	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	69,19	2,018	139,61	0,71	0,00	2.465,29
pa0125	55 cm intonaco	Esterno	N	1,20	124,14	1,154	143,27	1,00	0,00	4.298,17
se0046	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0047	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0048	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0049	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0050	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	531,35	1,085	576,52	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura 40 cm guaina	Esterno	-	1,00	531,35	1,105	587,08	1,00	0,00	14.676,92

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Ala SUD**

**0,00 38.375,42**

Aule Hall Corridoi WC - v -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0023	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	13,35	0,434	5,80	1,00	0,00	173,86
pa0024	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	433,04
se0085	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0025	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	9,43	1,531	14,43	1,00	0,00	433,04
se0022	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0026	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	11,60	0,434	5,03	1,00	0,00	150,97
pa0027	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	5,35	0,434	2,32	1,00	0,00	69,67
pa0060	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	12,98	0,434	5,64	1,00	0,00	162,01
pa0061	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	11,13	0,434	4,83	1,00	0,00	138,87
pa0141	90 cm intonaco	Esterno	S	1,00	34,35	0,749	25,72	1,00	0,00	642,98
se0082	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0142	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	1,07	0,434	0,46	1,00	0,00	13,94
pa0143	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	46,64	0,864	40,30	0,71	0,00	711,72
pa0144	90 cm intonaco	Esterno	S	1,00	16,13	0,749	12,07	1,00	0,00	301,84
se0081	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	121,05	1,085	131,34	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - v**

**0,00 4.456,48**

Aule Hall Corridoi WC - aa -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0008	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	46,97	0,434	20,38	1,00	0,00	611,48
se0087	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0006	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	593,19
se0053	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0007	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	593,19
se0086	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0075	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	4,78	0,434	2,07	1,00	0,00	51,85
pa0076	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	18,61	0,434	8,08	1,00	0,00	201,92
pa0077	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	15,06	0,434	6,54	1,00	0,00	187,91
pa0078	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	16,76	0,434	7,27	1,00	0,00	209,10
pa0127	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	31,05	0,434	13,47	1,00	0,00	404,22
se0051	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0128	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	12,91	0,434	5,60	1,00	0,00	140,03
pa0129	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	65,12	0,864	56,27	0,71	0,00	993,72
pa0130	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	10,73	0,434	4,65	1,00	0,00	116,37
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	121,68	1,085	132,03	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura 40 cm guaina	Esterno	-	1,00	121,68	1,105	134,45	1,00	0,00	3.361,14

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - aa**

**0,00 8.688,66**

Aule Hall Corridoi WC - ff -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0023	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	18,64	0,434	8,09	1,00	0,00	242,74
pa0024	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	711,83
se0081	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0025	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	15,50	1,531	23,73	1,00	0,00	711,83
se0022	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0026	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	16,19	0,434	7,03	1,00	0,00	210,79
pa0027	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	7,47	0,434	3,24	1,00	0,00	97,27
pa0060	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	18,13	0,434	7,87	1,00	0,00	226,21
pa0061	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	15,54	0,434	6,74	1,00	0,00	193,89
pa0141	90 cm intonaco	Esterno	S	1,00	50,30	0,749	37,66	1,00	0,00	941,43
se0082	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0142	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	1,50	0,434	0,65	1,00	0,00	19,46
pa0143	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	65,12	0,864	56,27	0,71	0,00	993,72
pa0144	90 cm intonaco	Esterno	S	1,00	24,85	0,749	18,60	1,00	0,00	465,11
se0085	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0145	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	11,14	0,434	4,83	1,00	0,00	145,03
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	122,61	1,085	133,04	0,00	0,00	0,00
co0002	Copertura 40 cm guaina	Esterno	-	1,00	122,61	1,105	135,47	1,00	0,00	3.386,82

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - ff** **0,00** **9.570,68**

Aule Hall Corridoi WC - WC - Δ<sub>9</sub>progetto = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0002	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	6,65	1,531	10,19	1,00	0,00	305,71
se0068	160x310	Esterno	N	1,20	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	287,48
pa0018	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	6,65	1,531	10,19	1,00	0,00	305,71
se0069	160x310	Esterno	N	1,20	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	287,48
pa0052	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0067	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0063	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,08	0,434	3,51	1,00	0,00	105,20
pa0064	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	12,12	0,434	5,26	1,00	0,00	157,79
pa0065	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	5,56	0,434	2,41	1,00	0,00	66,30
pa0066	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	5,28	0,434	2,29	1,00	0,00	63,06
pa0113	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	11,08	0,434	4,81	1,00	0,00	144,26
pa0116	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	52,02	1,025	53,32	0,00	0,00	0,00
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	55,44	1,435	79,56	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - WC** **0,00** **2.319,90**

Aule Hall Corridoi WC - Piano rialzato - Δ<sub>9</sub>progetto = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0001	70 cm mattoni	Esterno	W	1,10	72,16	0,956	68,98	1,00	0,00	1.897,00
se0070	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0071	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0072	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0073	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0074	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0005	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	7,06	0,956	6,75	1,00	0,00	168,67
pa0011	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	35,35	1,154	40,80	1,00	0,00	1.019,95
pa0012	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	18,18	0,943	17,14	1,00	0,00	492,74
pa0013	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	41,55	0,943	39,17	1,00	0,00	1.126,10
se0084	230x1500	Esterno	E	1,15	20,70	1,746	36,14	1,00	0,00	1.039,09
pa0014	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	11,78	0,943	11,11	1,00	0,00	319,27
po0001	Esempio - Porta ingresso interna	Esterno	E	1,15	13,50	1,683	22,72	1,00	0,00	653,10
pa0015	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	79,69	0,943	75,13	1,00	0,00	2.159,98
se0083	230x1500	Esterno	E	1,15	20,70	1,746	36,14	1,00	0,00	1.039,09
pa0016	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	18,18	0,943	17,14	1,00	0,00	492,74
pa0017	70 cm intonaco	Esterno	N	1,20	35,35	0,943	33,33	1,00	0,00	999,76
pa0020	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	1,28	1,154	1,48	1,00	0,00	42,60
pa0028	70 cm mattoni	Esterno	N	1,20	61,92	0,956	59,19	1,00	0,00	1.775,85
se0017	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0018	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0019	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96

se0020	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0021	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0029	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	10,23	0,434	4,44	1,00	0,00	133,23
pa0030	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,78	0,434	3,81	1,00	0,00	114,31
pa0031	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,78	0,434	3,81	1,00	0,00	114,31
pa0032	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	10,23	0,434	4,44	1,00	0,00	133,23
pa0033	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	11,11	0,434	4,82	1,00	0,00	132,59
pa0034	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,58	0,434	3,73	1,00	0,00	102,46
pa0035	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,58	0,434	3,73	1,00	0,00	102,46
pa0036	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,58	0,434	3,73	1,00	0,00	102,46
pa0037	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	10,60	0,434	4,60	1,00	0,00	126,56
pa0038	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	11,11	0,434	4,82	1,00	0,00	120,54
pa0039	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	6,06	0,434	2,63	1,00	0,00	65,75
pa0040	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	12,12	0,434	5,26	1,00	0,00	131,50
pa0041	70 cm mattoni	Esterno	W	1,10	72,16	0,956	68,98	1,00	0,00	1.897,00
se0001	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0002	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0003	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0004	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
se0005	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0003	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	6,66	1,531	10,19	1,00	0,00	254,76
se0007	160x310	Esterno	S	1,00	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	239,57
pa0004	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	6,66	1,531	10,19	1,00	0,00	254,76
se0006	160x310	Esterno	S	1,00	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	239,57
pa0045	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0008	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0046	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0009	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0047	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0010	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0048	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0011	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0049	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	399,86
se0012	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0050	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	399,85
se0013	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0051	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	399,85
se0014	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0058	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	333,21
se0061	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0073	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	10,23	0,434	4,44	1,00	0,00	111,03
pa0100	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	107,64	1,154	124,23	1,00	0,00	3.571,61
se0029	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0030	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0031	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0032	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0033	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0034	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0035	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0036	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
pa0101	70 cm intonaco	Esterno	N	1,20	2,78	0,943	2,62	1,00	0,00	78,55
pa0102	55 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	27,91	1,129	31,51	0,00	0,00	0,00
se0082	Portone ingresso principale	Locale interno alla zona	-	1,00	10,23	4,171	42,67	0,00	0,00	0,00
se0080	Portone ingresso principale vetri buoni	Locale interno alla zona	-	1,00	10,23	1,616	16,53	0,00	0,00	0,00
se0081	Portone ingresso principale vetri buoni	Locale interno alla zona	-	1,00	10,23	1,616	16,53	0,00	0,00	0,00
se0142	Portone ingresso principale vetri buoni	Locale interno alla zona	-	1,00	10,23	1,616	16,53	0,00	0,00	0,00
pa0105	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	38,10	1,531	58,34	1,00	0,00	1.604,40
se0075	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
se0076	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
se0077	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
pa0106	55 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	2,88	1,129	3,25	0,00	0,00	0,00
pa0110	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	3,28	1,034	3,39	0,00	0,00	0,00
pa0115	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	2,44	0,434	1,06	1,00	0,00	26,49
pa0119	40 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	31,56	0,874	27,58	0,00	0,00	0,00
pa0123	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	14,90	2,018	30,06	0,71	0,00	530,81
pa0124	15 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	126,98	2,018	256,22	0,00	0,00	0,00
pa0132	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	34,34	1,025	35,20	0,00	0,00	0,00
pa0133	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla	-	1,00	159,96	1,025	163,96	0,00	0,00	0,00

		zona								
pa0134	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	36,61	1,025	37,53	0,00	0,00	0,00
pa0135	40 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	31,56	0,874	27,58	0,00	0,00	0,00
pa0136	70 cm mattoni	Esterno	N	1,20	7,01	0,956	6,70	1,00	0,00	201,15
pa0137	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	31,56	1,025	32,35	0,71	0,00	571,29
pa0146	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	32,32	2,018	65,21	0,71	0,00	1.151,58
pa0147	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	6,79	2,018	13,71	0,71	0,00	242,08
pa0148	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	15,58	2,018	31,45	0,71	0,00	555,30
pa0149	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	76,07	1,154	87,80	1,00	0,00	2.194,89
se0024	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0025	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0026	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0027	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0028	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0150	70 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	19,21	0,927	17,81	0,71	0,00	314,57
pa0108	15 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	85,85	2,018	173,23	0,00	0,00	0,00
pa0109	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	16,41	2,018	33,12	0,71	0,00	584,79
pa0151	15 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	17,68	2,018	35,66	0,00	0,00	0,00
pa0111	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	29,80	1,090	32,48	0,71	0,00	573,60
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	1.524,17	1,435	2.187,17	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Piano rialzato** **0,00** **46.780,94**

Aule Hall Corridoi WC - Ingresso laterale -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0023	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	12,72	0,434	5,52	1,00	0,00	165,66
pa0024	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	14,59	1,531	22,35	1,00	0,00	670,42
pa0026	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	11,05	0,434	4,80	1,00	0,00	143,85
pa0022	40 cm travertino	Esterno	E	1,15	34,38	1,531	52,64	1,00	0,00	1.513,27
se0023	350x1600	Esterno	E	1,15	46,38	1,682	78,00	1,00	0,00	2.242,58
pa0060	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	12,37	0,434	5,37	1,00	0,00	154,37
pa0061	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	10,60	0,434	4,60	1,00	0,00	132,32
pa0140	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	44,44	1,034	45,94	0,00	0,00	0,00
pa0141	90 cm intonaco	Esterno	S	1,00	38,35	0,749	28,71	1,00	0,00	717,69
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	75,60	1,435	108,48	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Ingresso laterale** **0,00** **5.740,16**

Aule Hall Corridoi WC - scale -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0025	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	399,85
se0022	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0027	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	5,10	0,434	2,21	1,00	0,00	66,38
pa0142	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	1,02	0,434	0,44	1,00	0,00	13,28
pa0143	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	44,44	0,864	38,40	0,71	0,00	678,15
pa0144	90 cm intonaco	Esterno	S	1,00	20,98	0,749	15,71	1,00	0,00	392,64
pa0145	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	7,60	0,434	3,30	1,00	0,00	98,97
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	48,71	1,435	69,91	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - scale** **0,00** **1.983,24**

Aule Hall Corridoi WC - ingresso laterale dx -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0008	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	36,07	0,434	15,65	1,00	0,00	469,62
pa0007	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	14,59	1,531	22,35	1,00	0,00	558,68
pa0076	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	12,70	0,434	5,51	1,00	0,00	137,80
pa0077	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	10,28	0,434	4,46	1,00	0,00	128,24
pa0078	90 cm travertino	Esterno	E	1,15	11,44	0,434	4,96	1,00	0,00	142,70
pa0126	40 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	44,44	0,864	38,40	0,00	0,00	0,00
pa0128	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	8,81	0,434	3,82	1,00	0,00	95,56

pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	72,01	1,435	103,33	0,00	0,00	0,00
--------	----------------	--------------------------	---	------	-------	-------	--------	------	------	------

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - ingresso laterale dx** **0,00** **1.532,60**

Aule Hall Corridoi WC - scale -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0006	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	333,21
se0053	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0075	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	3,26	0,434	1,42	1,00	0,00	35,38
pa0127	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	19,32	0,434	8,38	1,00	0,00	251,50
se0051	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0129	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	44,44	0,864	38,40	0,71	0,00	678,15
pa0130	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	7,32	0,434	3,18	1,00	0,00	79,41
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	49,67	1,435	71,28	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - scale** **0,00** **1.989,92**

Aule Hall Corridoi WC - Interrato -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0006	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	16,40	0,943	15,46	1,00	0,00	444,49
pa0007	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	15,92	0,943	15,01	1,00	0,00	431,59
pa0008	70 cm intonaco	Esterno	N	1,20	31,15	0,943	29,37	1,00	0,00	880,98
pa0009	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	139,51	1,154	161,01	1,00	0,00	4.628,96
pa0010	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	94,81	1,154	109,43	1,00	0,00	2.735,67
pa0014	70 cm travertino	Esterno	N	1,20	116,59	0,965	112,47	1,00	0,00	3.374,05
pa0015	90 cm travertino	Esterno	N	1,20	72,09	0,434	31,29	1,00	0,00	938,56
pa0016	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	87,22	0,434	37,85	1,00	0,00	1.040,92
pa0017	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	46,28	0,434	20,08	1,00	0,00	502,11
pa0018	70 cm travertino	Esterno	W	1,10	85,46	0,965	82,44	1,00	0,00	2.267,16
pa0019	55 cm intonaco	Esterno	N	1,20	94,01	1,154	108,50	1,00	0,00	3.255,07
pa0023	70 cm travertino	Esterno	S	1,00	116,59	0,965	112,47	1,00	0,00	2.811,71
pa0024	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	72,09	0,434	31,29	1,00	0,00	782,14
pa0025	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	63,19	0,434	27,42	1,00	0,00	754,13
pa0027	70 cm travertino	Esterno	W	1,10	89,45	0,965	86,28	1,00	0,00	2.372,79
pa0028	70 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	111,49	0,927	103,37	0,71	0,00	1.825,31
pa0029	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	32,93	1,090	35,90	0,71	0,00	633,94
pa0030	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	35,32	1,025	36,20	0,71	0,00	639,24
pa0031	70 cm intonaco	Esterno	E	1,15	21,81	0,943	20,57	1,00	0,00	591,25
pa0034	70 cm travertino	Esterno	W	1,10	0,85	0,965	0,82	1,00	0,00	22,44
pa0036	70 cm travertino	Esterno	W	1,10	0,67	0,965	0,64	1,00	0,00	17,71
pa0037	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	42,27	1,025	43,33	0,71	0,00	765,18
pa0039	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	28,92	0,864	25,00	0,71	0,00	441,39
pa0040	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	19,80	1,025	20,30	0,71	0,00	358,43
pa0041	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	30,26	2,018	61,06	0,71	0,00	1.078,19
pa0042	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	119,05	1,154	137,40	1,00	0,00	3.950,13
pa0043	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	20,03	1,025	20,53	0,71	0,00	362,46
pa0044	30 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	45,39	1,025	46,53	0,71	0,00	821,56
pa0046	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	42,27	2,018	85,30	0,71	0,00	1.506,29
pv0001	Pavimento contro terra edificio M	Terreno	-	1,00	2.122,21	0,409	868,54	1,00	0,00	21.713,62

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Interrato** **0,00** **61.947,45**

Aule Hall Corridoi WC - aula -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0042	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	18,17	1,531	27,82	1,00	0,00	834,68
pa0043	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	26,16	1,531	40,05	1,00	0,00	1.101,45
se0079	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	20,77	1,085	22,54	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - aula** **0,00** **2.199,65**

Aule Hall Corridoi WC - Interrato ala -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0060	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	80,48	1,154	92,89	1,00	0,00	2.670,46
se0003	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0004	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0005	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0006	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0008	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0009	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
pa0061	55 cm intonaco	Esterno	N	1,20	43,17	1,154	49,82	1,00	0,00	1.494,52
pa0062	55 cm intonaco	Esterno	W	1,10	89,12	1,154	102,86	1,00	0,00	2.828,57
se0001	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
se0002	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
se0007	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
pa0063	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	43,19	1,154	49,84	1,00	0,00	1.246,02
te0002	Pavimento contro terra NUOVA ALA	Terreno	-	1,00	247,85	0,314	77,84	1,00	0,00	1.945,90

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Interrato ala** **0,00** **11.671,15**

Aule Hall Corridoi WC - Piano rialzato ala - Δθ<sub>progetto</sub> = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0178	55 cm intonaco	Esterno	S	1,00	51,76	1,154	59,74	1,00	0,00	1.493,49
pa0179	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	113,10	1,154	130,53	1,00	0,00	3.752,66
se0155	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0156	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0157	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0158	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0159	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0160	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0161	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
se0162	180x160	Esterno	E	1,15	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	167,50
pa0180	55 cm intonaco	Esterno	N	1,20	51,98	1,154	59,99	1,00	0,00	1.799,69
pa0181	55 cm intonaco	Esterno	W	1,10	124,74	1,154	143,96	1,00	0,00	3.958,87
se0151	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
se0152	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
se0153	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
se0154	180x160	Esterno	W	1,10	2,88	2,023	5,83	1,00	0,00	160,22
pv0002	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	303,14	1,085	328,91	0,00	0,00	0,00
co0002	Copertura 40 cm guaina	Esterno	-	1,00	262,17	1,105	289,67	1,00	0,00	7.241,71

**TOTALE Aule Hall Corridoi WC - Piano rialzato ala** **0,00** **20.227,34**

Uffici - Sala docenti primo piano - Δθ<sub>progetto</sub> = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0105	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	41,51	1,531	63,56	1,00	0,00	1.747,81
se0075	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
se0076	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
se0077	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
pa0150	70 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	20,17	0,927	18,70	0,71	0,00	330,14
pa0087	55 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	18,93	1,090	20,64	0,00	0,00	0,00
pa0089	55 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	75,42	1,090	82,22	0,00	0,00	0,00
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	62,77	1,085	68,11	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - Sala docenti primo piano** **0,00** **5.598,17**

Uffici - Sala docenti 2p - Δθ<sub>progetto</sub> = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0105	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	70,11	1,531	107,36	1,00	0,00	2.952,38
se0075	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
se0076	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41
se0077	Portone ingresso principale	Esterno	W	1,10	10,23	4,171	42,67	1,00	0,00	1.173,41

pa0150	70 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	28,16	0,927	26,10	0,71	0,00	460,95
pa0087	55 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	26,43	1,090	28,81	0,71	0,00	508,76
pa0090	55 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	105,30	1,090	114,80	0,00	0,00	0,00
pv0001	NEW 40 cm interpiano	Locale interno alla zona	-	1,00	62,39	1,085	67,69	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - Sala docenti 2p** **0,00** **7.442,31**

Uffici - Segreteria-Ufficio tecnico -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0053	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0066	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0054	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0065	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0055	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	7,92	1,531	12,12	1,00	0,00	333,39
se0064	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0056	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	333,21
se0063	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0057	40 cm travertino	Esterno	S	1,00	8,70	1,531	13,33	1,00	0,00	333,21
se0062	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0067	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,59	0,434	3,73	1,00	0,00	102,46
pa0068	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	8,59	0,434	3,73	1,00	0,00	102,46
pa0069	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	11,61	0,434	5,04	1,00	0,00	138,62
pa0070	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	10,23	0,434	4,44	1,00	0,00	111,03
pa0071	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	8,78	0,434	3,81	1,00	0,00	95,26
pa0072	90 cm travertino	Esterno	S	1,00	6,34	0,434	2,75	1,00	0,00	68,76
pa0114	40 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	66,16	0,874	57,80	0,00	0,00	0,00
pa0117	90 cm travertino	Esterno	W	1,10	3,30	0,434	1,43	1,00	0,00	39,40
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	148,67	1,435	213,34	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - Segreteria-Ufficio tecnico** **0,00** **3.671,76**

Uffici - SAa docenti -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0042	40 cm travertino	Esterno	N	1,20	17,31	1,531	26,51	1,00	0,00	795,31
pa0043	40 cm travertino	Esterno	W	1,10	24,69	1,531	37,81	1,00	0,00	1.039,64
se0079	160x310	Esterno	W	1,10	4,96	1,932	9,58	1,00	0,00	263,52
pa0103	55 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	24,74	1,090	26,98	0,00	0,00	0,00
pa0104	70 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	20,81	0,888	18,49	0,00	0,00	0,00
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	23,53	1,435	33,76	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - SAa docenti** **0,00** **2.098,47**

Uffici - Uffici piano rialzato -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0010	55 cm intonaco	Esterno	E	1,15	101,77	1,154	117,46	1,00	0,00	3.376,88
se0037	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0038	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0039	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0040	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0041	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0042	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0043	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0044	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
se0045	190x310	Esterno	E	1,15	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	320,05
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	226,37	1,435	324,84	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - Uffici piano rialzato** **0,00** **6.257,31**

Uffici - Ufficio chimica generale -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or	e	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0138	70 cm mattoni	Esterno	N	1,20	22,14	0,956	21,17	1,00	0,00	635,07
se0015	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
se0016	190x310	Esterno	N	1,20	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	333,96
pa0139	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	32,32	2,018	65,21	0,71	0,00	1.151,58
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	26,56	1,435	38,11	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - Ufficio chimica generale** **0,00**    **2.454,58**

Uffici - uffici - Δ<sub>9</sub>progetto = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or	e	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0118	30 cm interno altra z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	0,06	1,025	0,06	0,00	0,00	0,00
pa0120	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	83,82	0,956	80,13	1,00	0,00	2.003,29
se0054	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0055	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0056	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0057	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0058	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0059	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
se0060	190x310	Esterno	S	1,00	5,89	1,890	11,13	1,00	0,00	278,30
pa0121	15 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	32,32	2,018	65,21	0,71	0,00	1.151,58
pa0122	70 cm mattoni	Esterno	S	1,00	0,20	0,956	0,19	1,00	0,00	4,76
pv0001	NEW 30 cm Hall	Locale interno alla zona	-	1,00	170,73	1,435	244,99	0,00	0,00	0,00

**TOTALE Uffici - uffici** **0,00**    **5.107,75**

LAB - Corridoio Lab+bar+biblioteca+wc ala lab - Δ<sub>9</sub>progetto = 25,0 °C

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or	e	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o ψ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	Φ <sub>T</sub> [W]
pa0079	45 cm perimetrale lab	Esterno	N	1,20	134,80	1,280	172,50	1,00	0,00	5.174,88
se0085	200x215	Esterno	N	1,20	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	223,56
se0086	200x215	Esterno	N	1,20	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	223,56
se0087	200x215	Esterno	N	1,20	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	223,56
se0088	200x215	Esterno	N	1,20	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	223,56
pa0081	45 cm perimetrale lab	Esterno	W	1,10	81,40	1,280	104,16	1,00	0,00	2.864,48
se0093	200x215	Esterno	W	1,10	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	204,93
se0094	200x215	Esterno	W	1,10	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	204,93
pa0082	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	213,63	1,280	273,36	1,00	0,00	6.834,11
se0133	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
se0134	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
se0135	370x460	Esterno	S	1,00	17,02	1,511	25,72	1,00	0,00	642,93
pa0089	45 cm perimetrale lab	Esterno	E	1,15	130,71	1,280	167,26	1,00	0,00	4.808,77
se0116	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
pa0098	45 cm perimetrale lab	Esterno	N	1,20	219,55	1,280	280,94	1,00	0,00	8.428,20
se0097	370x300	Esterno	N	1,20	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	521,48
se0098	370x300	Esterno	N	1,20	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	521,48
se0099	370x300	Esterno	N	1,20	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	521,48
pa0099	45 cm perimetrale lab	Esterno	W	1,10	64,85	1,280	82,98	1,00	0,00	2.282,00
se0095	200x215	Esterno	W	1,10	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	204,93
se0096	200x215	Esterno	W	1,10	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	204,93
pa0080	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	136,01	1,280	174,05	1,00	0,00	4.351,13
se0089	200x215	Esterno	S	1,00	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	186,30
se0090	200x215	Esterno	S	1,00	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	186,30
se0091	200x215	Esterno	S	1,00	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	186,30
se0092	200x215	Esterno	S	1,00	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	186,30
pa0112	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	47,47	1,034	49,08	0,00	0,00	0,00
pa0152	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	82,67	1,034	85,47	0,00	0,00	0,00
pa0153	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	82,40	1,034	85,19	0,00	0,00	0,00
pa0154	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	85,00	1,034	87,88	0,00	0,00	0,00
pa0156	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	85,89	1,034	88,80	0,00	0,00	0,00
pa0158	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	82,28	1,034	85,06	0,00	0,00	0,00
pa0160	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla	-	1,00	85,01	1,034	87,88	0,00	0,00	0,00

		zona								
pa0162	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	87,98	1,034	90,96	0,00	0,00	0,00
pa0165	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	84,62	1,034	87,48	0,00	0,00	0,00
pa0167	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	84,89	1,034	87,76	0,00	0,00	0,00
pa0171	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	82,18	1,034	84,96	0,00	0,00	0,00
pa0173	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	170,14	1,034	175,90	0,00	0,00	0,00
pa0176	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	87,44	1,034	90,40	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	998,36	1,840	1.837,26	1,00	0,00	45.931,38
te0001	Pavimento lab	Locale n.r.	-	1,00	684,16	0,347	237,62	0,71	0,00	4.196,05
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	322,88	0,347	112,14	1,00	0,00	2.803,56
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	412,22	0,347	143,17	1,00	0,00	3.579,33
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	412,40	0,347	143,24	1,00	0,00	3.580,94
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	402,70	0,347	139,87	1,00	0,00	3.496,69
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	403,05	0,347	139,99	1,00	0,00	3.499,72
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	589,62	0,347	204,79	1,00	0,00	5.119,72
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	408,96	0,347	142,04	1,00	0,00	3.551,03
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	398,73	0,347	138,49	1,00	0,00	3.462,19
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	399,41	0,347	138,73	1,00	0,00	3.468,13
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	395,05	0,347	137,21	1,00	0,00	3.430,23
te0002	Pavimento contro terra lab	Terreno	-	1,00	402,15	0,347	139,68	1,00	0,00	3.491,93

**TOTALE LAB - Corridoio Lab+bar+biblioteca+wc ala lab** **0,00** **130.389,84**

LAB - Lab 1 -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0097	45 cm perimetrale lab	Esterno	W	1,10	233,40	1,280	298,67	1,00	0,00	8.213,39
se0100	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0101	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0102	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0103	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0104	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0105	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
pa0163	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
pa0164	45 cm perimetrale lab	Esterno	N	1,20	86,49	1,280	110,68	1,00	0,00	3.320,45
se0106	370x300	Esterno	N	1,20	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	521,48
se0137	180x230	Esterno	N	1,20	4,14	1,745	7,22	1,00	0,00	216,73
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	412,65	1,840	759,39	1,00	0,00	18.984,63

**TOTALE LAB - Lab 1** **0,00** **34.124,81**

LAB - Lab 2 -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0083	45 cm perimetrale lab	Esterno	W	1,10	250,32	1,280	320,32	1,00	0,00	8.808,81
se0129	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0130	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0131	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0132	370x300	Esterno	W	1,10	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	478,02
se0136	180x230	Esterno	W	1,10	4,14	1,745	7,22	1,00	0,00	198,67
se0150	180x230	Esterno	W	1,10	4,14	1,745	7,22	1,00	0,00	198,67
pa0084	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	79,29	1,280	101,46	1,00	0,00	2.536,58
se0127	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
se0128	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
pa0166	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	412,84	1,840	759,73	1,00	0,00	18.993,27

**TOTALE LAB - Lab 2** **0,00** **33.517,21**

LAB - Lab 3 -  $\Delta\theta_{progetto} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0168	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	77,70	1,280	99,43	1,00	0,00	2.485,79

se0125	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
se0126	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
pa0175	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	402,70	1,840	741,08	1,00	0,00	18.526,95

**TOTALE LAB - Lab 3** **0,00** **21.881,87**

LAB - Lab 4 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0169	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
pa0177	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	92,42	1,280	118,26	1,00	0,00	2.956,51
se0143	180x300	Esterno	S	1,00	5,40	1,700	9,18	1,00	0,00	229,50
se0144	180x300	Esterno	S	1,00	5,40	1,700	9,18	1,00	0,00	229,50
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	403,05	1,840	741,72	1,00	0,00	18.543,05

**TOTALE LAB - Lab 4** **0,00** **21.958,56**

LAB - Lab 6 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0085	45 cm perimetrale lab	Esterno	E	1,15	119,12	1,280	152,43	1,00	0,00	4.382,44
se0121	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0122	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0146	200x215	Esterno	E	1,15	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	214,24
pa0086	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	45,63	1,280	58,39	1,00	0,00	1.459,78
se0147	200x215	Esterno	S	1,00	4,30	1,733	7,45	1,00	0,00	186,30
pa0087	45 cm perimetrale lab	Esterno	E	1,15	124,08	1,280	158,78	1,00	0,00	4.564,82
se0118	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0119	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0120	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
pa0088	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	39,97	1,280	51,15	1,00	0,00	1.278,65
se0117	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
pa0172	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
pa0174	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	82,20	1,280	105,19	1,00	0,00	2.629,73
se0123	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
se0124	370x300	Esterno	S	1,00	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	434,57
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	589,62	1,840	1.085,0 <sub>6</sub>	1,00	0,00	27.126,47

**TOTALE LAB - Lab 6** **0,00** **45.644,89**

LAB - Lab 7 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0095	45 cm perimetrale lab	Esterno	E	1,15	250,32	1,280	320,32	1,00	0,00	9.209,21
se0112	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0113	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0114	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0115	370x300	Esterno	E	1,15	11,10	1,566	17,38	1,00	0,00	499,75
se0140	180x230	Esterno	E	1,15	4,14	1,745	7,22	1,00	0,00	207,70
se0141	180x230	Esterno	E	1,15	4,14	1,745	7,22	1,00	0,00	207,70
pa0155	40 cm interno confina con z.n.r.	Locale n.r.	-	1,00	79,90	0,864	69,05	0,71	0,00	1.219,26
pa0157	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	409,08	1,840	752,82	1,00	0,00	18.820,60

**TOTALE LAB - Lab 7** **0,00** **31.663,47**

LAB - Lab 8 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>trx</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0159	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	398,73	1,840	733,77	1,00	0,00	18.344,18

<b>TOTALE LAB - Lab 8</b>	<b>0,00</b>	<b>18.344,18</b>
---------------------------	-------------	------------------

LAB - Lab 9 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>tr,x</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0161	30 cm interno stessa z.r.	Locale interno alla zona	-	1,00	337,45	1,034	348,87	0,00	0,00	0,00
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	399,41	1,840	735,03	1,00	0,00	18.375,67

<b>TOTALE LAB - Lab 9</b>	<b>0,00</b>	<b>18.375,67</b>
---------------------------	-------------	------------------

LAB - Lab 10 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>tr,x</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	395,05	1,840	726,99	1,00	0,00	18.174,83

<b>TOTALE LAB - Lab 10</b>	<b>0,00</b>	<b>18.174,83</b>
----------------------------	-------------	------------------

LAB - Lab 5 -  $\Delta\theta_{\text{progetto}} = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Codice	Elemento disperdente	Verso di dispersione	Or [-]	e [%]	A <sub>netta</sub> [m <sup>2</sup> ]	U o $\psi$ [W/(m <sup>2</sup> K)] o [W/(mK)]	H <sub>ix</sub> [W/K]	b <sub>tr,x</sub> [-]	H [W/K]	$\Phi_T$ [W]
pa0170	45 cm perimetrale lab	Esterno	S	1,00	91,59	1,280	117,20	1,00	0,00	2.930,00
se0145	180x300	Esterno	S	1,00	5,40	1,700	9,18	1,00	0,00	229,50
co0001	Copertura LAB	Esterno	-	1,00	402,15	1,840	740,07	1,00	0,00	18.501,77

<b>TOTALE LAB - Lab 5</b>	<b>0,00</b>	<b>21.661,27</b>
---------------------------	-------------	------------------

<b>TOTALE Unità immobiliare 1</b>	<b>0,00</b>	<b>755.673,43</b>
-----------------------------------	-------------	-------------------

- Or** Orientamento cardinale dell'elemento  
**e** Coefficiente di maggiorazione della dispersione in funzione dell'orientamento [%]  
**An o l** Area strutture al netto degli elementi in detrazione [m<sup>2</sup>] o lunghezza per i ponti termici [m]  
**U o  $\psi$**  Trasmittanza per le strutture [W/(m<sup>2</sup>K)] o trasmittanza lineica per i ponti termici [W/(mK)]  
**H<sub>ix</sub>** Coefficiente di scambio termico della struttura verso l'ambiente x [W/K]  
**b<sub>tr,x</sub>** Fattore di riduzione equivalente dello scambio termico verso l'ambiente x [-]  
**H** Coefficiente di scambio termico per trasmissione  
 **$\Phi$**  Potenza termica dispersa per trasmissione in condizioni di progetto [W]

## ATTRIBUZIONE DEI PONTI TERMICI AGLI ELEMENTI OPACHI DI INVOLUCRO

### Unità immobiliare 1

Strutture verticali opache	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %
Assenti				
Strutture orizzontali opache di pavimento	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %
Assenti				
Strutture orizzontali opache di copertura	Area m <sup>2</sup>	Ponte termico associato	Lunghezza m	Percentuale di influenza %
Assenti				

## DISPERSIONI PER VENTILAZIONE

### Unità immobiliare 1

Volume netto totale dell'edificio Vn: 76.659,1 m<sup>3</sup>

Descrizione dell'ambiente	Ricambio d'aria effettivo	Portata d'aria ricambiata dall'impianto di ventilazione meccanica m <sup>3</sup> /h	Portata d'aria circolante attraverso apparecchi di recupero del calore m <sup>3</sup> /h	Rendimento termico degli apparecchi di recupero del calore %
Aula magna	0,39	1.000	0	0
Aule Hall Corridoi WC	0,65	0	0	0
Uffici	0,29	0	0	0
LAB	0,37	12.500	0	0

Zona riscaldata	Locale	Vn	V <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> /h]	H <sub>v</sub> [W/K]	Δ <sub>9p</sub> [°C]	Φ <sub>v</sub> [W]
Aula magna	Aula magna	1.158,7	579,3	197,0	25,0	4.924,4
Aule Hall Corridoi WC	1p	7.996,1	3.998,1	1.359,3	25,0	33.983,6
	a	467,2	233,6	79,4	25,0	1.985,5
	Corridoio 2p	6.314,0	3.157,0	1.073,4	25,0	26.834,4
	Ala SUD	3.347,3	1.673,6	569,0	25,0	14.225,9
	v	466,6	233,3	79,3	25,0	1.983,1
	aa	667,4	333,7	113,5	25,0	2.836,4
	ff	668,0	334,0	113,6	25,0	2.839,2
	WC	204,6	102,3	34,8	25,0	869,5
	Piano rialzato	6.356,5	3.178,3	1.080,6	25,0	27.015,3
	Ingresso laterale	264,4	132,2	45,0	25,0	1.123,8
	scale	171,7	85,9	29,2	25,0	729,8
	ingresso laterale dx	258,3	129,2	43,9	25,0	1.097,9
	scale	173,2	86,6	29,4	25,0	736,2
	Interrato	7.075,3	3.537,7	1.202,8	25,0	30.070,2
	Uffici	aula	83,6	41,8	14,2	25,0
Interrato ala		852,6	426,3	144,9	25,0	3.623,6
Piano rialzato ala		1.232,2	616,1	209,5	25,0	5.237,0
Sala docenti primo piano		244,6	122,3	41,6	25,0	1.039,4
Sala docenti 2p		339,8	169,9	57,8	25,0	1.444,3
Segreteria-Ufficio tecnico		609,6	304,8	103,6	25,0	2.590,9
SAla docenti		80,2	40,1	13,6	25,0	340,7
Uffici piano rialzato		952,7	476,3	162,0	25,0	4.049,0
Ufficio chimica generale		91,2	45,6	15,5	25,0	387,6
uffici		710,4	355,2	120,8	25,0	3.019,3
LAB	Corridoio Lab+bar+biblioteca+wc ala lab	4.356,4	2.178,2	740,6	25,0	18.514,5
	Lab 1	1.811,6	905,8	308,0	25,0	7.699,3
	Lab 2	1.812,2	906,1	308,1	25,0	7.702,0
	Lab 3	1.808,5	904,3	307,5	25,0	7.686,3
	Lab 4	1.809,3	904,6	307,6	25,0	7.689,4
	Lab 6	2.647,2	1.323,6	450,0	25,0	11.250,4
	Lab 7	1.806,2	903,1	307,1	25,0	7.676,3
	Lab 8	1.811,0	905,5	307,9	25,0	7.696,9
	Lab 9	1.814,0	907,0	308,4	25,0	7.709,5
	Lab 10	1.793,7	896,9	304,9	25,0	7.623,3
	Lab 5	1.806,8	903,4	307,2	25,0	7.679,0
<b>Totale Unità immobiliare 1</b>		<b>32.031,7</b>	<b>10.890,8</b>	<b>-</b>	<b>272.269,1</b>	

**V<sub>n</sub>** Volume netto del singolo locale

**V<sub>i</sub>** Portata d'aria effettiva di ventilazione per singolo locale

**H<sub>v</sub>** Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione

**Φ<sub>v</sub>** Potenza termica dispersa per ventilazione in condizioni di

**POTENZA TERMICA DI RIPRESA**

**Unità immobiliare 1**

Zona riscaldata	Locale	f <sub>RH</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	S <sub>u</sub> [m <sup>2</sup> ]	Φ <sub>RH</sub> [W]
Aula magna	Aula magna	0,0	236,5	0,0
Aule Hall Corridoi WC	1p	0,0	1.631,9	0,0
	a	0,0	95,3	0,0
	Corridoio 2p	0,0	687,0	0,0
	Ala SUD	0,0	478,2	0,0
	v	0,0	95,2	0,0
	aa	0,0	95,3	0,0
	ff	0,0	95,4	0,0
	WC	0,0	43,5	0,0
	Piano rialzato	0,0	1.352,5	0,0
	Ingresso laterale	0,0	56,3	0,0
	scale	0,0	36,5	0,0
	ingresso laterale dx	0,0	55,0	0,0
	scale	0,0	36,9	0,0
	Interrato	0,0	1.768,8	0,0
	aula	0,0	17,1	0,0
	Interrato ala	0,0	213,2	0,0
	Piano rialzato ala	0,0	262,2	0,0
Uffici	Sala docenti primo piano	0,0	49,9	0,0
	Sala docenti 2p	0,0	48,5	0,0
	Segreteria-Ufficio tecnico	0,0	129,7	0,0
	SAla docenti	0,0	17,1	0,0
	Uffici piano rialzato	0,0	202,7	0,0
	Ufficio chimica generale	0,0	19,4	0,0
	uffici	0,0	151,2	0,0
LAB	Corridoio Lab+bar+biblioteca+wc ala lab	0,0	926,9	0,0
	Lab 1	0,0	385,4	0,0
	Lab 2	0,0	385,6	0,0
	Lab 3	0,0	384,8	0,0
	Lab 4	0,0	385,0	0,0
	Lab 6	0,0	560,6	0,0
	Lab 7	0,0	384,3	0,0
	Lab 8	0,0	385,3	0,0
	Lab 9	0,0	386,0	0,0
	Lab 10	0,0	381,6	0,0
	Lab 5	0,0	384,4	0,0
<b>Totale Unità immobiliare 1</b>		-	<b>12.825,1</b>	<b>0,0</b>

f<sub>RH</sub> Fattore di ripresa  
 S<sub>u</sub> Superficie utile netta del locale  
 Φ<sub>RH</sub> Potenza termica di ripresa

**DISPERSIONI DI PROGETTO E CARICO TERMICO TOTALE**

**Unità immobiliare 1**

Zona riscaldata	Φ <sub>T</sub> [W]	Φ <sub>V</sub> [W]	Φ <sub>RH</sub> [W]	Φ <sub>HL</sub> [W]
Aula magna	10.211,75	4.924,35	0,00	15.136,10
Aule Hall Corridoi WC	317.094,72	155.546,58	0,00	472.641,30
Uffici	32.630,36	12.871,22	0,00	45.501,58
LAB	395.736,60	98.926,94	0,00	494.663,55
<b>Totale Unità immobiliare 1</b>	<b>755.673,43</b>	<b>272.269,10</b>	<b>0,00</b>	<b>1.027.942,53</b>

Φ<sub>T</sub> Potenza termica dispersa per trasmissione in condizioni di progetto  
 Φ<sub>V</sub> Potenza termica dispersa per ventilazione in condizioni di progetto  
 Φ<sub>RH</sub> Potenza termica di ripresa  
 Φ<sub>HL</sub> Carico termico totale

**Stagione di riscaldamento: scambi termici**

<i>Unità immobiliare/Zona</i>	<i>Qd [MJ]</i>	<i>Qg [MJ]</i>	<i>Qu [MJ]</i>	<i>Qa [MJ]</i>	<i>Qr [MJ]</i>
Unità immobiliare 1/Aula magna	40629,62	0	33766,99	0	4714,74
Unità immobiliare 1/Aule Hall Corridoi WC	1849407,67	181166,56	229946,42	0	168203,85
Unità immobiliare 1/Uffici	202748,67	0	28837,39	0	16017,97
Unità immobiliare 1/LAB	2221123,32	257031,32	36847,79	0	331759,83
<b>Totale</b>	<b>4313909,28</b>	<b>438197,88</b>	<b>329398,58</b>	<b>0</b>	<b>520696,4</b>

**Stagione di riscaldamento: apporti gratuiti e fabbisogno ideale di energia termica**

<i>Unità immobiliare/Zona</i>	<i>Qsol,e [MJ]</i>	<i>Qsol,i [MJ]</i>	<i>Qsol [MJ]</i>
Unità immobiliare 1/Aula magna	3305,89	9634,29	12940,19
Unità immobiliare 1/Aule Hall Corridoi WC	102763,67	367721,87	470485,54
Unità immobiliare 1/Uffici	8043,62	61198,52	69242,14
Unità immobiliare 1/LAB	194187,11	159650,32	353837,42
<b>Totale</b>	<b>308300,29</b>	<b>598205</b>	<b>906505,29</b>

**Stagione di raffrescamento: scambi termici**

<i>Unità immobiliare/Zona</i>	<i>Qd [MJ]</i>	<i>Qg [MJ]</i>	<i>Qu [MJ]</i>	<i>Qa [MJ]</i>	<i>Qr [MJ]</i>
Unità immobiliare 1/Aula magna	20205,12	0	16792,33	0	5652,01
Unità immobiliare 1/Aule Hall Corridoi WC	919710,68	90094,15	114352,38	0	201649,55
Unità immobiliare 1/Uffici	100826,94	0	14340,84	0	19202,26
Unità immobiliare 1/LAB	1299249,85	150350,91	21554,18	0	397712,08
<b>Totale</b>	<b>2339992,58</b>	<b>240445,06</b>	<b>167039,72</b>	<b>0</b>	<b>624215,92</b>

**Stagione di raffrescamento: apporti gratuiti e fabbisogno ideale di energia termica**

<i>Unità immobiliare/Zona</i>	<i>Qsol,e [MJ]</i>	<i>Qsol,i [MJ]</i>	<i>Qsol [MJ]</i>
Unità immobiliare 1/Aula magna	8136,54	22225,56	30362,1
Unità immobiliare 1/Aule Hall Corridoi WC	262134,56	852091,1	1114225,66
Unità immobiliare 1/Uffici	19607,25	132866,19	152473,45
Unità immobiliare 1/LAB	562234,02	350986,87	913220,89
<b>Totale</b>	<b>852112,38</b>	<b>1358169,72</b>	<b>2210282,1</b>

<i>QH,tr [MJ]</i>	<i>QH,ve [MJ]</i>	<i>QH,ht [MJ]</i>
79111,36	63810,32	142921,68
2428724,5	1548164,98	3976889,47
247604,02	56261,88	303865,9
2846762,26	678108,96	3524871,22
<b>5602202,14</b>	<b>2346346,14</b>	<b>7948548,27</b>

<i>Qi [MJ]</i>	<i>Qgn [MJ]</i>	<i>QH,nd [MJ]</i>
27135,82	9634,29	104284,93
402748,93	367721,87	3134885,46
53222,92	61198,52	188355,7
360036,12	159650,32	2844549,87
<b>843143,8</b>	<b>598205</b>	<b>6272075,96</b>

<i>QC,tr [MJ]</i>	<i>QC,ve [MJ]</i>	<i>QC,ht [MJ]</i>
42649,46	31732,88	74382,34
1325806,77	769902,65	2095709,41
134370,04	27979,04	162349,08
1868867,01	396660,98	2265528
<b>3371693,28</b>	<b>1226275,55</b>	<b>4597968,83</b>

<i>Qi [MJ]</i>	<i>Qgn [MJ]</i>	<i>QC,nd [MJ]</i>
32530,29	62892,39	18857,46
482813,48	1597039,14	460771,01
63803,38	216276,83	94129,26
431609,57	1344830,45	269213,51
<b>1010756,72</b>	<b>3221038,82</b>	<b>842971,24</b>

**Impianto di riscaldamento: perdite sui circuiti di zona**

<i>Unità immobiliare/Zona</i>	<i>Qh [MJ]</i>	<i>Q'h [MJ]</i>	<i>Ql,e [MJ]</i>	<i>Ql,rg [MJ]</i>	<i>Qhr [MJ]</i>
Unità immobiliare 1/Aula magna	139684,38	104284,93	5488,68	7006,83	116780,43
Unità immobiliare 1/Aule Hall Corridoi WC	4199020,49	3134885,46	348320,61	222332,3	3705538,37
Unità immobiliare 1/Uffici	252292,93	188355,7	18628,59	13211,76	220196,05
Unità immobiliare 1/LAB	3810130,66	2844549,87	214105,9	195233,35	3253889,13
<b>Totale</b>	<b>8401128,46</b>	<b>6272075,96</b>	<b>586543,78</b>	<b>437784,24</b>	<b>7296403,97</b>

<i>Q<sub>l,d,sc</sub> [MJ]</i>	<i>Q<sub>l,s,sc</sub> [MJ]</i>
0	0
0	0
0	0
0	0
<b>0</b>	<b>0</b>

## Energia primaria e quota rinnovabile

<b>Q<sub>os</sub></b>	Energia prodotta da fonti rinnovabili on site	<b>f<sub>p</sub></b>	Fattore di conversione in energia primaria
<b>Q<sub>p,os</sub></b>	Energia prodotta da fonti rinnovabili on site convertita in primaria	<b>Q<sub>el</sub></b>	Fabbisogno di energia elettrica fornita dalla rete
<b>f<sub>p,el</sub></b>	Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria	<b>Q<sub>p,el</sub></b>	Energia elettrica richiesta convertita in primaria
<b>Q<sub>del,i</sub></b>	Energia consegnata dal vettore energetico i-esimo off site	<b>f<sub>p,nren,i</sub></b>	Fattore di conversione in energia primaria per la quota non rinnovabile del vettore i-esimo
<b>Q<sub>p,nren,i</sub></b>	Energia primaria non rinnovabile del vettore i-esimo	<b>Q<sub>p,nren,i</sub></b>	Energia primaria non rinnovabile
<b>f<sub>p,ren,i</sub></b>	Fattore di conversione in energia primaria per la quota rinnovabile del vettore i-esimo	<b>Q<sub>p,ren,i</sub></b>	Energia primaria rinnovabile
<b>Q<sub>p,i</sub></b>	Energia primaria totale (rinnovabile e non rinnovabile)	<b>QR</b>	Frazione percentuale della quota rinnovabile di energia primaria

### Contributi energetici

Nome fonte energetica o contributo richiesto	Servizio	Tipologia di generazione	Vettore energetico principale
Generatore Riscaldamento	Riscaldamento	Generatore a gas o combustibile fossile	Metano (Emilia Romagna)
Energia elettrica per ausiliari riscaldamento (emissione e distribuzione)	Riscaldamento	Alimentazione elettrica	Energia elettrica da rete

### Energia primaria non rinnovabile

Nome fonte energetica o contributo richiesto	ON SITE			OFF SITE						Primario non rinnov.
	Q <sub>os</sub> [MJ]	f <sub>p</sub> [-]	Q <sub>p,os</sub> [MJ]	Elettrico			Altre fonti			
				Q <sub>el</sub> [MJ]	f <sub>p,el</sub> [-]	Q <sub>p,el</sub> [MJ]	Q <sub>del,i</sub> [MJ]	f <sub>p,nren,i</sub> [-]	Q <sub>p,nren,i</sub> [MJ]	
Generatore Riscaldamento				1.493,78	2,174	3.247,47	8.062.570,63	1,000	8.062.570,63	8.065.818,10
Energia elettrica per ausiliari riscaldamento (emissione e distribuzione)				0,00	2,174	0,00				0,00
<b>Totale</b>	-	-	<b>0,00</b>	-	-	<b>3.247,47</b>	-	-	<b>8.062.570,63</b>	<b>8.065.818,10</b>

### Quota rinnovabile per la climatizzazione invernale

Vettore energetico	Fonte	Q <sub>del,i</sub> [MJ]	Primario rinnovabile		Primario non rinnovabile		Q <sub>p,i</sub> [MJ]	QR [%]
			f <sub>p,ren,i</sub> [-]	Q <sub>p,ren,i</sub> [MJ]	f <sub>p,nren,i</sub> [-]	Q <sub>p,nren,i</sub> [MJ]		
Gas naturale	Off site	8.062.570,63	0,00	0,00	1,000	8.062.570,63	8.062.570,63	0,0
Gasolio	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
GPL	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
Olio combustibile	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
Biomasse solide, liquide o gassose	Off site	0,00	0,70	0,00	0,300	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica da rete	Off site	1.493,78	0,00	0,00	2,174	3.247,47	3.247,47	0,0
Energia termica da rete (teleriscaldamento)	Off site	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	0,00	0,0
Energia captata da irradiazione solare	On site	0,00	1,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia termica prelevata dall'ambiente	On site	0,00	1,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica sovrapprodotta da fotovoltaico	Esportata	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica sovrapprodotta da cogenerazione	Esportata	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
<b>Totale</b>		-	-	<b>0,00</b>	-	<b>8.065.818,10</b>	<b>8.065.818,10</b>	<b>0,00</b>

### Quota rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria

Vettore energetico	Fonte	Q <sub>del,i</sub> [MJ]	Primario rinnovabile		Primario non rinnovabile		Q <sub>p,i</sub> [MJ]	QR [%]
			f <sub>p,ren,i</sub> [-]	Q <sub>p,ren,i</sub> [MJ]	f <sub>p,nren,i</sub> [-]	Q <sub>p,nren,i</sub> [MJ]		
Gas naturale	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0

Gasolio	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
GPL	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
Olio combustibile	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
Biomasse solide, liquide o gassose	Off site	0,00	0,70	0,00	0,300	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica da rete	Off site	0,00	0,00	0,00	2,174	0,00	0,00	0,0
Energia termica da rete (teleriscaldamento)	Off site	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	0,00	0,0
Energia captata da irradiazione solare	On site	0,00	1,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia termica prelevata dall'ambiente	On site	0,00	1,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica sovrapprodotta da fotovoltaico	Esportata	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica sovrapprodotta da cogenerazione	Esportata	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
<b>Totale</b>		-	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

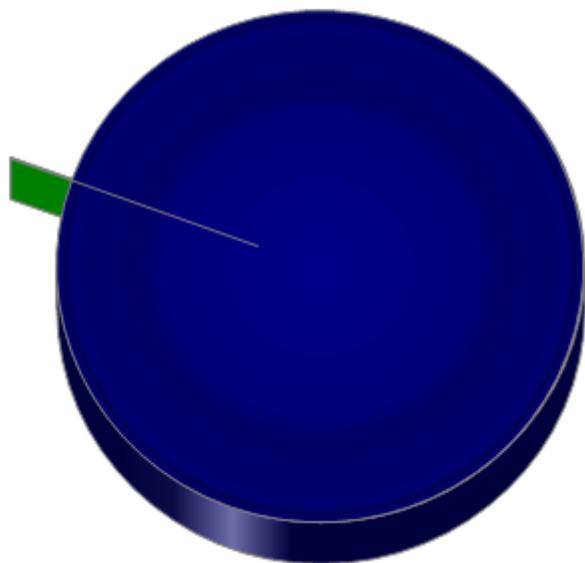
#### Quota rinnovabile dell'energia primaria globale

Vettore energetico	Fonte	Primario rinnovabile			Primario non rinnovabile		Primario totale	
		Q <sub>del,i</sub> [MJ]	f <sub>p,ren,i</sub> [-]	Q <sub>p,ren,i</sub> [MJ]	f <sub>p,nren,i</sub> [-]	Q <sub>p,nren,i</sub> [MJ]	Q <sub>p,i</sub> [MJ]	QR [%]
Gas naturale	Off site	8.062.570,63	0,00	0,00	1,000	8.062.570,63	8.062.570,63	0,0
Gasolio	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
GPL	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
Olio combustibile	Off site	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	0,00	0,0
Biomasse solide, liquide o gassose	Off site	0,00	0,70	0,00	0,300	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica da rete	Off site	1.493,78	0,00	0,00	2,174	3.247,47	3.247,47	0,0
Energia termica da rete (teleriscaldamento)	Off site	0,00	0,00	0,00	1,200	0,00	0,00	0,0
Energia captata da irradiazione solare	On site	0,00	1,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia termica prelevata dall'ambiente	On site	0,00	1,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica sovrapprodotta da fotovoltaico	Esportata	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
Energia elettrica sovrapprodotta da cogenerazione	Esportata	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0
<b>Totale</b>		-	-	<b>0,00</b>	-	<b>8.065.818,10</b>	<b>8.065.818,10</b>	<b>0,00</b>

## Verifica quota rinnovabile per la produzione di ACS

  $Q_{p,nren}$ : 0,00 kWh - 0,00 MJ

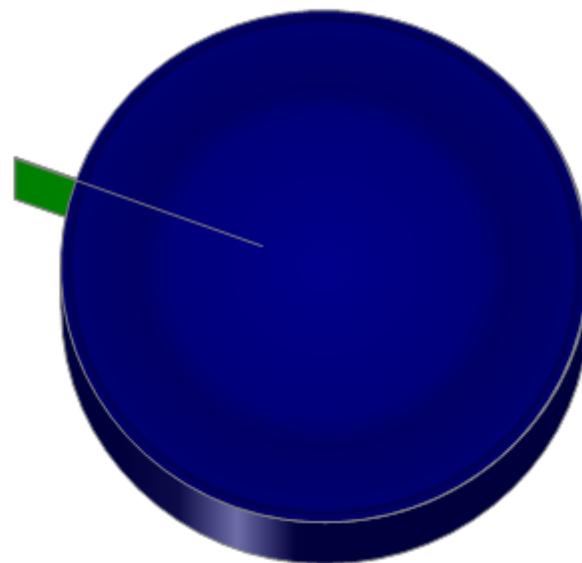
  $Q_{p,ren}$ : 0,00 kWh - 0,00 MJ [QR 0,00%]



## Verifica quota rinnovabile dell'energia primaria globale

  $Q_{p,nren}$ : 2.240.505,03 kWh - 8.065.818,10 MJ

  $Q_{p,ren}$ : 0,00 kWh - 0,00 MJ [QR 0,00%]



### Aula 2A SDF - RIVERBERO

H aula	4,8					
Volume aula (m <sup>3</sup> )	172,8					
Area aula (m <sup>2</sup> )	36					
	m <sup>2</sup>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Parete A	22,88	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Porta	4	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08
Parete B	32,16	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Parete C	15,2	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Finestra	12,16	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
Parete D	30	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Soffitto	36	0,03	0,03	0,04	0,07	0,04
Pavimento	36	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Totale unità assorbenti fisse	152,4	6,47	5,82	6,74	8,06	6,85

### Unità assorbenti mobili

Utenti aula 21

<b>Assorbimento [Hz]</b>		<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Persona seduta	21	0,05	0,1	0,2	0,35	0,5
Banchi	21	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Sedie	21	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Totale Unità assorbimento mobili	63	1,89	2,94	5,46	9,03	12,18

Tempo Riverbero attuale **125 250 500 1000 2000**  
**T= (0,16 \* V) / (S\*A) 3,31 3,16 2,27 1,62 1,45**

### Aula 2A SDP - RIVERBERO

H aula	4,2					
Volume aula (m <sup>3</sup> )	151,2					
Area aula (m <sup>2</sup> )	36					
	m <sup>2</sup>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Parete A	11,13	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Portale (vetro)	9	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
Portale (laminato)	5,25	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005
Parete B intonaco	13,75	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Parete B pannelli assorbenti	12,5	0,2	0,37	0,76	1	0,95
Parete C	11,78	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Finestra	12,16	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07

Parete D	26,25	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Soffitto	36	0,03	0,3	0,04	0,04	0,04
Pavimento	36	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
<b>Totale unità assorbenti fisse</b>	<b>173,82</b>	<b>15,78</b>	<b>29,14</b>	<b>26,63</b>	<b>28,04</b>	<b>30,01</b>

Unità assorbenti mobili

Utenti aula	21					
	unità	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Persona seduta	21	0,05	0,1	0,2	0,35	0,5
Banchi	21	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Sedie	21	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
<b>Totale Unità assorbimento mobili</b>	<b>63</b>	<b>1,89</b>	<b>2,94</b>	<b>5,46</b>	<b>9,03</b>	<b>12,18</b>

Totale Unità assorbimento mobili

T riverbero di progetto	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>
<b><math>T = (0,16 * V) / (S * A)</math></b>	<b>1,37</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,65</b>	<b>0,57</b>	<b>0,50</b>

Valore ottimale (D.M. 18/12/1975) 0,77 s

<b>4000</b> Hz	<b>Materiale</b>
0,04	Intonaco calce
0,08	Legno di abete
0,04	Intonaco calce
0,04	Intonaco calce
0,02	Vetro
0,04	Intonaco calce
0,04	Intonaco calce
0,02	Ceramica
6,73	

**4000**  
0,65  
0,04  
0,04

15,33

**4000** Hz  
**1,25**

<b>4000</b> Hz	<b>Materiale</b>
0,35	Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,02	Vetro
0,005	Pannelli laminati
0,35	Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
1	Pannelli Rockwool Rockfon Coloral 20mm a 10 cm dalla parete
0,35	Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,04	Vetro

0,35	Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,04	Intonaco civile
0,02	Piastrelle ceramica

33,15

**4000** Hz

0,65

0,04

0,04

15,33

Hz

### Aula 2B SDF - RIVERBERO

H aula	4,8				
Volume aula (m <sup>3</sup> )	220,8				
Area aula (m <sup>2</sup> )	46				
	m <sup>2</sup>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
Parete A	30,08	0,03	0,03	0,04	0,04
Porta	4	0,14	0,1	0,08	0,08
Parete B	31,2	0,03	0,03	0,04	0,04
Parete C	261,92	0,03	0,03	0,04	0,04
Finestra	12,16	0,12	0,08	0,05	0,04
Parete D	31,2	0,03	0,03	0,04	0,04
Soffitto	46	0,03	0,03	0,04	0,07
Pavimento	46	0,01	0,01	0,01	0,02
Totale unità assorbenti fisse	416,56	14,49	13,84	17,40	19,12

### Unità assorbenti mobili

Utenti aula	24				
		<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Assorbimento [Hz]</b>					
Persona seduta	24	0,05	0,1	0,2	0,35
Banchi	24	0,02	0,02	0,03	0,04
Sedie	24	0,02	0,02	0,03	0,04
Totale Unità assorbimento mobili	72	2,16	3,36	6,24	10,32

Tempo Riverbero attuale		<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>T= (0,16 * V) / (S*A)</b>		<b>2,12</b>	<b>2,05</b>	<b>1,49</b>	<b>1,20</b>

### Aula 2B SDP - RIVERBERO

H aula	4,2				
Volume aula (m <sup>3</sup> )	193,2				
Area aula (m <sup>2</sup> )	46				
	mq	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
<b>Assorbimento [Hz]</b>					
Parete A	17,01	0,1	0,15	0,2	0,25
Portale (vetro)	9	0,12	0,08	0,05	0,04
Portale (laminato)	5,25	0,04	0,03	0,02	0,01
Parete B intonaco	14,3	0,1	0,15	0,2	0,25
Parete B pannelli assorbenti	13	0,2	0,37	0,76	1

Parete C	17,66	0,1	0,15	0,2	0,25
Finestra	12,16	0,35	0,25	0,18	0,12
Parete D	27,3	0,1	0,15	0,2	0,25
Soffitto	46	0,03	0,3	0,04	0,04
Pavimento	46	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Totale unità assorbenti fisse</b>	<b>207,68</b>	<b>17,61</b>	<b>34,43</b>	<b>30,18</b>	<b>34,74</b>

Unità assorbenti mobili

Utenti aula 24

<b>Assorbimento [Hz]</b>	unità	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
Persona seduta	24	0,05	0,1	0,2	0,35
Banchi	24	0,02	0,02	0,03	0,04
Sedie	24	0,02	0,02	0,03	0,04
<b>Totale Unità assorbimento mobili</b>	<b>72</b>	<b>2,16</b>	<b>3,36</b>	<b>6,24</b>	<b>10,32</b>

Totale Unità assorbimento mobili

T riverbero di progetto	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b><math>T = (0,16 * V) / (S * A)</math></b>	<b>1,56</b>	<b>0,82</b>	<b>0,85</b>	<b>0,69</b>	<b>0,60</b>

Valore ottimale (D.M. 18/12/1975) 0,81 s

<b>2000</b>	<b>4000</b>
0,04	0,04 Intonaco civile
0,08	0,08 Legno abete
0,04	0,04 Intonaco civile
0,04	0,04 Intonaco civile
0,03	0,02 Infisso alluminio+vetro
0,04	0,04 Intonaco civile
0,04	0,04 Infisso alluminio+vetro
0,02	0,02 Piastrelle ceramica
17,62	17,50

<b>2000</b>	<b>4000 Hz</b>
0,5	0,65
0,04	0,04
0,04	0,04
13,92	17,52

<b>2000</b>	<b>4000</b>
<b>1,12</b>	<b>1,01</b>

<b>2000</b>	<b>4000 Materiale</b>
0,3	0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,03	0,02 Vetro
0,005	0,005 Pannelli laminati
0,3	0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,95	1 Pannelli Rockwool Rockfon Coloral 20mm a 10 cm dalla parete

0,3	0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,07	0,04 Vetro
0,3	0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"
0,04	0,04 Intonaco civile
0,02	0,02 Piastrelle ceramica
37,23	41,19

<b>2000</b>	<b>4000</b>
0,5	0,65
0,04	0,04
0,04	0,04
13,92	17,52

**4000 Hz**

**0,53**

## Aula 2C SDF

H aula	4,8					
Volume aula (m <sup>3</sup> )	199,68					
Area aula (m <sup>2</sup> )	41,6					
	m <sup>2</sup>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Parete A	27,2	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Porta	4	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08
Parete B	30,72	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Parete C	19,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Finestra	12,16	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
Parete D	30,72	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Soffitto	41,6	0,03	0,03	0,04	0,07	0,04
Pavimento	41,6	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Totale unità assorbenti fisse	165,44	6,91	6,27	7,32	8,86	7,49

## Unità assorbenti mobili

Utenti aula 24

<b>Assorbimento [Hz]</b>		<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Persona seduta	20	0,05	0,1	0,2	0,35	0,5
Banchi	20	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Sedie	20	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Totale Unità assorbimento mobili	60	1,8	2,8	5,2	8,6	11,6

Tempo Riverbero attuale	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T= (0,16 * V) / (S*A)</b>	<b>3,67</b>	<b>3,52</b>	<b>2,55</b>	<b>1,83</b>	<b>1,67</b>

## Aula 2C SDP

H aula	4,2
Volume aula (m <sup>3</sup> )	174,72
Area aula (m <sup>2</sup> )	41,6

	mq	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Parete A	14,49	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Portale (vetro)	9	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
Portale (laminato)	5,25	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005
Parete B intonaco	14,08	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Parete B pannelli assorbenti	12,8	0,2	0,37	0,76	1	0,95
Parete C	15,14	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Finestra	12,16	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07
Parete D	26,88	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Soffitto	41,6	0,03	0,3	0,04	0,04	0,04
Pavimento	41,6	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
<b>Totale unità assorbenti fisse</b>	<b>193</b>	<b>16,83</b>	<b>32,14</b>	<b>28,67</b>	<b>31,83</b>	<b>34,11</b>

#### Unità assorbenti mobili

Utenti aula 20

<b>Assorbimento [Hz]</b>	unità	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
Persona seduta	20	0,05	0,1	0,2	0,35	0,5
Banchi	20	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Sedie	20	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
<b>Totale Unità assorbimento mobili</b>	<b>60</b>	<b>1,8</b>	<b>2,8</b>	<b>5,2</b>	<b>8,6</b>	<b>11,6</b>

Totale Unità assorbimento mobili

T riverbero di progetto	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>
<b><math>T = (0,16 * V) / (S * A)</math></b>	<b>1,50</b>	<b>0,80</b>	<b>0,83</b>	<b>0,69</b>	<b>0,61</b>	<b>0,53</b>

Valore ottimale (D.M. 18/12/1975) 0,79 s

**4000**

0,04 Intonaco civile  
0,08 Legno abete  
0,04 Intonaco civile  
0,04 Intonaco civile  
0,02 Infisso alluminio+vetro  
0,04 Intonaco civile  
0,04 Infisso alluminio+vetro  
0,02 Piastrelle ceramica

7,37

**4000**

0,65  
0,04  
0,04

14,6

**4000 Hz**

**1,45**

**4000 Materiale**

0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"

0,02 Vetro

0,005 Pannelli laminati

0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"

1 Pannelli Rockwool Rockfon Coloral 20mm a 10 cm dalla parete

0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"

0,04 Vetro

0,35 Intonaco acustico AZICHEM "SANAWARME"

0,04 Intonaco civile

0,02 Piastrelle ceramica

37,71

**4000**

0,65

0,04

0,04

14,6

Hz

# Aula 2A

Lato 1	6,3 m	r muri	0,5	A fin	13,85 m <sup>2</sup>
Lato 2	6,55 m	soffitti	0,75	$A_{fin}/A_{aule}$	33,6%
H aula	4,2 m	avimer	0,3		
Area pavimento	41,265 m <sup>2</sup>				
Area pareti	107,94 m <sup>2</sup>				
$A_{totale}$	190,47 m <sup>2</sup>	$h_{fin}$	3,2 m	$h_{fin}$	3,2 m
		p finestre	0,5 m	p finestre	0,5 m
t	0,75	$L_{fin}$	1,9 m	$L_{fin}$	3,3 m
		$H_{fin}/p$	6,40	$H_{fin}/p$	6,40
$r_m$	0,51	$L/p$	3,80	$L/p$	6,60
$\epsilon$	0,48	$\Psi$	0,85	$\Psi$	0,9
$A_f * t * \epsilon$	3,40	A fin gran	9,23 m <sup>2</sup>		
$A_{totale} * (1-r_m)$	93,17	A fin picc	4,62 m <sup>2</sup>		
		$\Psi$ medi	0,88		

$$\eta_m = 3,22\%$$

# Aula 2B

Lato 1	6,5 m	r muri	0,5
Lato 2	6,7 m	r soffitti	0,75
H aula	4,2 m	avviamen	0,3
Area pavimento	44,55 m <sup>2</sup>		
Area pareti	110,88 m <sup>2</sup>		
A <sub>totale</sub>	199,98 m <sup>2</sup>	h <sub>fin</sub>	3,2 m
		p finestra	0,254 m
t	0,75	L <sub>fin</sub>	1,9 m
		H <sub>fin</sub> /p	12,60
r <sub>m</sub>	0,51	L/p	7,48
ε	0,48	ψ	0,94
A <sub>f</sub> * t * ε	3,32	A <sub>fin</sub>	9,23 m <sup>2</sup>
A <sub>totale</sub> * (1-r <sub>m</sub> )	97,76	A <sub>fin</sub> /A <sub>aula</sub>	20,7%

$$\eta_m = 3,18\%$$

# Aula 2C

Lato 1	9,9 m	r muri	0,5	A fin	19,43 m <sup>2</sup>
Lato 2	13,1 m	r soffitto	0,75	$A_{fin}/A_{aule}$	15,0%
H aula	4,2 m	r pavimento	0,3		
Area pavimento	129,69 m <sup>2</sup>				
Area pareti	193,2 m <sup>2</sup>				
$A_{totale}$	452,58 m <sup>2</sup>	$h_{fin}$	3,2 m	$h_{fin}$	3,2 m
		p finestra	0,5 m	p finestra	0,5 m
t	0,75	$L_{fin}$	1,9 m	$L_{fin}$	1,6 m
		$H_{fin}/p$	6,40	$H_{fin}/p$	6,40
$r_m$	0,51	$L/p$	3,80	$L/p$	3,20
$\varepsilon$	0,48	$\Psi$	0,85	$\Psi$	0,83
$A_f * t * \varepsilon$	6,99	A fin grande	9,23 m <sup>2</sup>		
$A_{totale} * (1-r_m)$	219,81	A fin piccola	10,36 m <sup>2</sup>		
		$\Psi$ medio	0,85		

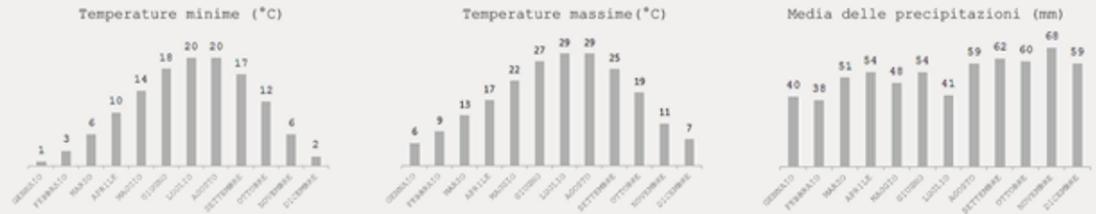
$$\eta_m = 2,69\%$$

FORLI'

Latitudine: 44°13'21" N  
 Longitudine: 12°2'27" E  
 Altitudine: 34 m  
 Gradi Giorno: 2087

Zona sismica: 2  
 Zona climatica: D  
 Popolazione: 118.652  
 Densità: 520 ab/km²

DATI CLIMATICI



LEGENDA

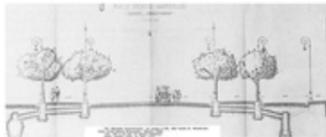
STAZIONE AUTOBUS 350 mt	4 minuti	PIAZZA SAFFI 900 mt	10 minuti	Via Emilia
STAZIONE FERROVIARIA 300 mt	2 minuti	BIKE SHARING 350 mt	4 minuti	Via Emilia antico tracciato
	4 minuti		4 minuti	Pista ciclabile
	2 minuti		2 minuti	Parcheggi gratuiti
				Polo scolastico urbano

PROSPETTO PRINCIPALE, Viale della Libertà



EVOLUZIONE STORICA

1926 - PRIMO PROGETTO



1927 - VARIANTE



1933 - SOSTITUZIONE LAMPIONI



1961 - SOSTITUZIONE LAMPIONI



1966 - CAPITOZZATURA DELLE  
 BRANCIE PRINCIPALI DEI  
 LECCI



2000 - ABBATTIMENTO DEL 60% DEI  
 LECCI



EDIFICI PROGETTO ATRIUM

1  
**STAZIONE  
 FERROVIARIA**  
 Anno: 1925  
 Progettista:  
 EZIO BIANCHI



2  
**CASE ECONOMICHE  
 PER  
 POSTELEGRAFONICI**  
 Anno: 1931  
 Progettista:  
 EZIO BIANCHI



3  
**CASE I.N.C.I.S.**  
 Anno: 1933  
 Progettista:  
 PAOLO ANGELLA



4  
**I.T.I.S.  
 "A.MUSSOLINI"  
 (ora "G.Marconi")**  
 Anno: 1940  
 Progettista:  
 ARNALDO FUZZI



5  
**SCUOLA  
 ELEMENTARE  
 "R.M.  
 Mussolini"  
 (oggi "Edmondo  
 de Amicis")**  
 Anno: 1932  
 Progettista:  
 ARNALDO FUZZI



6  
**EX CASA DELLA  
 GIOVENTU'  
 ITALIANA  
 LITTORIA**  
 Anno: 1935  
 Progettista:  
 CESARE VALLE



7  
**CASE  
 ECONOMICHE PER  
 FERROVIARI**  
 Anno: 1933  
 Progettista:  
 EZIO BIANCHI



8  
**VILLINO BONI**  
 Anno: 1933  
 Progettista:  
 BRUNO NERI



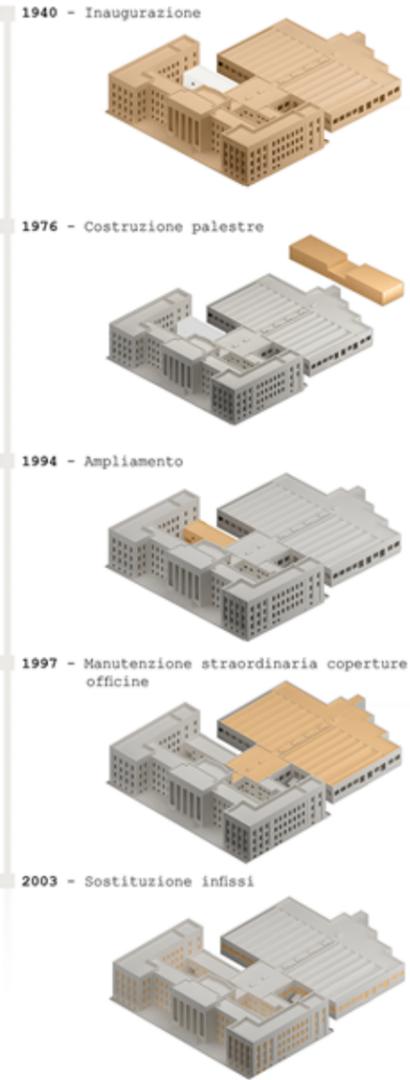
9  
**EX COLLEGIO  
 AERONAUTICO  
 G.I.L.  
 "BENITO  
 MUSSOLINI"**  
 Anno: 1941  
 Progettista:  
 CESARE VALLE



10  
**MONUMENTO AI  
 CADUTI**  
 Anno: 1928  
 Progettista:  
 CESARE BAZZANI

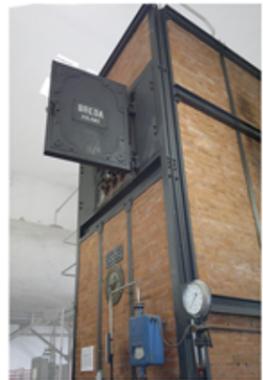


EVOLUZIONE STORICA ISTITUTO



DUE ELEMENTI DI PREGIO

CENTRALE TERMoeLETRICA STORICA



Anno di installazione:  
 1940

Tipo di caldaia:  
 caldaia a tubi  
 Field  
 sub-orizzontali

Localizzazione:

Combustibile:  
 gas

PAVIMENTO STORICO AIN "LEGO DI TESTA"



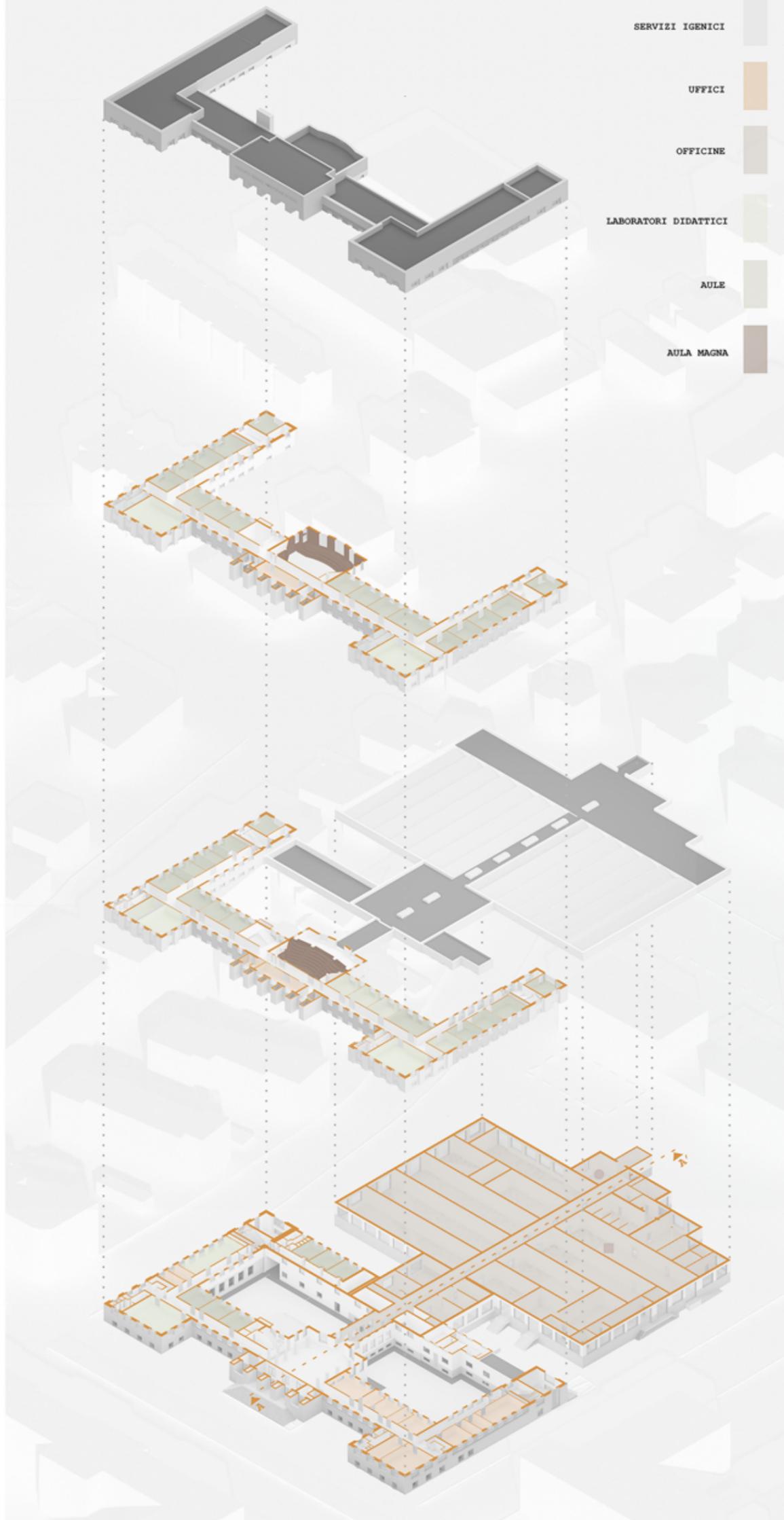
Anno di realizzazione:  
 1940

Dimensioni elementi:  
 7x12x40 cm

Localizzazione:

Materiale:  
 legno di rovere

ESPLOSO FUNZIONALE



SERVIZI IGENICI

UFFICI

OFFICINE

LABORATORI DIDATTICI

AULE

AULA MAGNA

HALL  
 D'INGRESSO

Quantità: 1  
 Superficie:  
 385 m<sup>2</sup>  
 Volume  
 riscaldato:  
 2.200 m<sup>3</sup>



AULE

Quantità: 42  
 Alunni: 20-25  
 Superficie:  
 40-60 m<sup>2</sup>  
 Volume  
 riscaldato:  
 200-300 m<sup>3</sup>



AULA MAGNA

Numero  
 sedute: 130  
 Superficie:  
 236 m<sup>2</sup>  
 Volume  
 riscaldato:  
 2.580 m<sup>3</sup>



OFFICINE

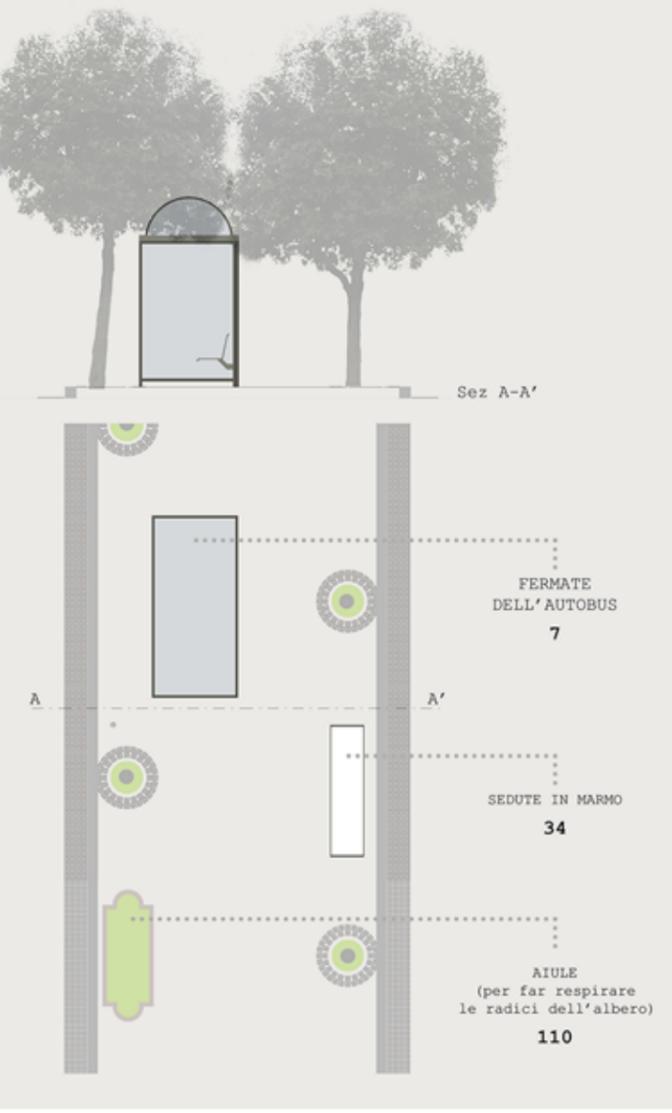
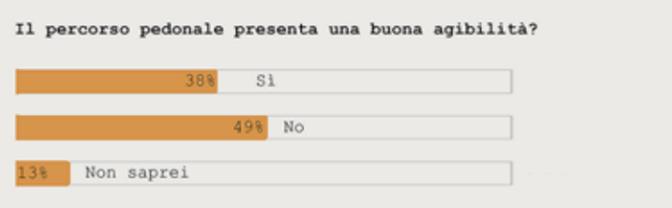
Quantità:  
 14  
 Superficie  
 media:  
 350 m<sup>2</sup>  
 Volume  
 riscaldato  
 medio:  
 1.900 m<sup>3</sup>



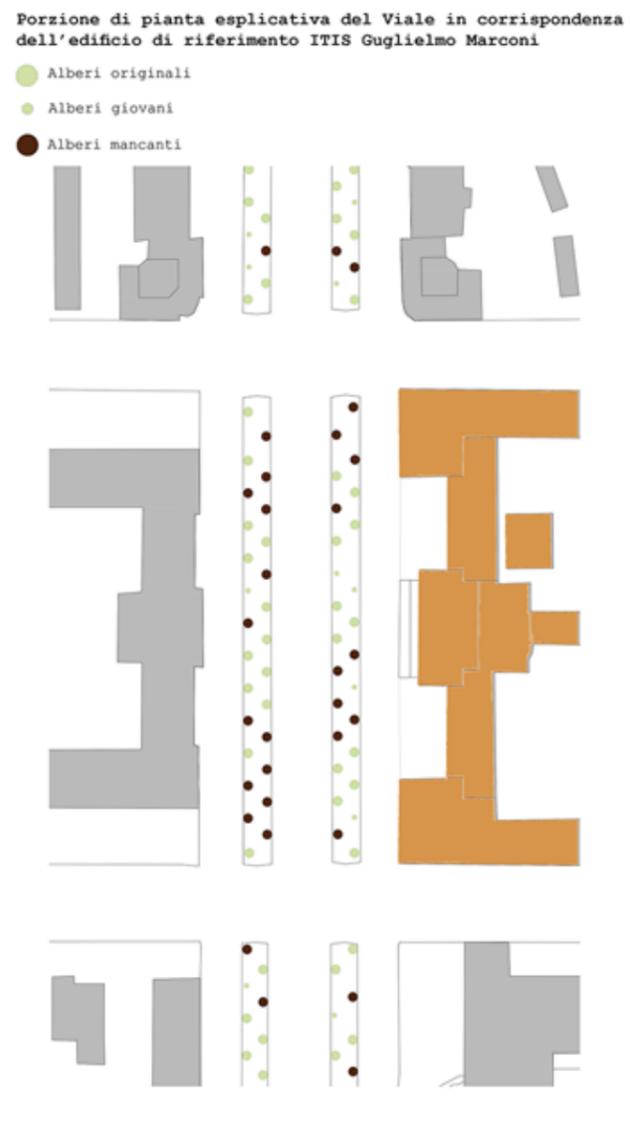
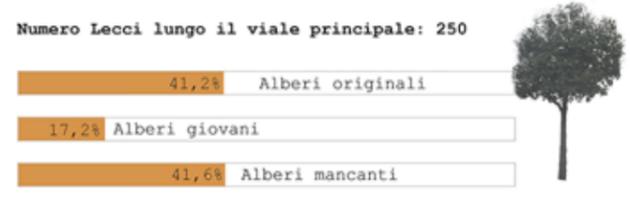
SEZIONE A - A'



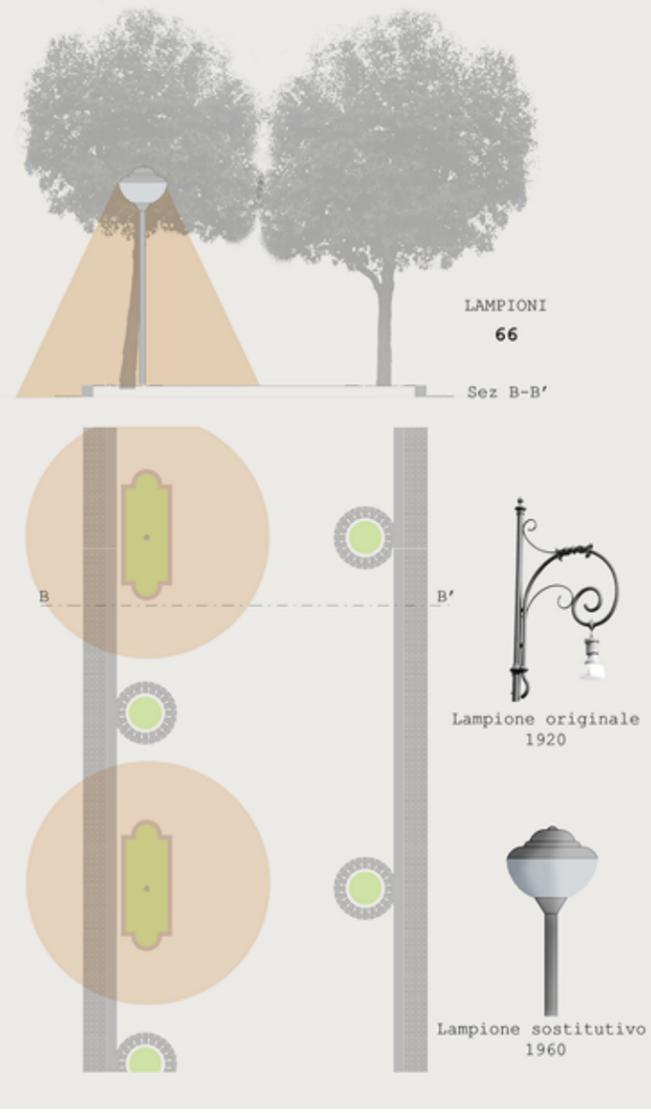
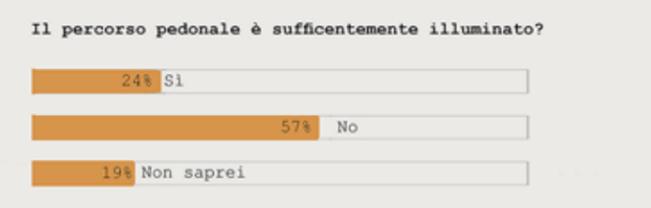
I VIALI PEDONALI



LE ALBERATURE



L' ILLUMINAZIONE



CRITICITA' ED OBIETTIVI

STRATEGIE

AREA D' INTERVENTO

INSUFFICIENZA DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE NEI CAMMINAMENTI PEDONALI	AUMENTO ILLUMINAZIONE NOTTURNA PEDONALE
NUMEROSE ALBERATURE ABBATTUTE E MAI RIPIANTATE	RIPRISTINO NUMERO ORIGINARIO DI ALBERATURE
AERAZIONE RADICI INSUFFICIENTE	AGEVOLARE L'AERAZIONE DELL'APPARATO RADICALE
MANCANZA DI COLLEGAMENTI CICLABILI	INSERIMENTO DI PISTE CICLABILI
SCARSA VISIBILITA' PUBBLICA DEGLI EDIFICI "ATRIUM"	MAGGIOR CONOSCENZA DEGLI EDIFICI ATRIUM

CAMBIO CORPI ILLUMINANTI

RIPIANTUMAZIONE

INCREMENTO SUPERFICIE PERMEABILE

ADEGUAMENTO PISTA CICLO-PEDONALE

PRESENTAZIONE AL PUBBLICO

**PALI A PASTORALE ANNI '30**

**PALI PRESENTI (1960)**

**ALBERI MANCANTI**

**ALBERATURE COMPLETE**

**AIUOLE ANNI '40**

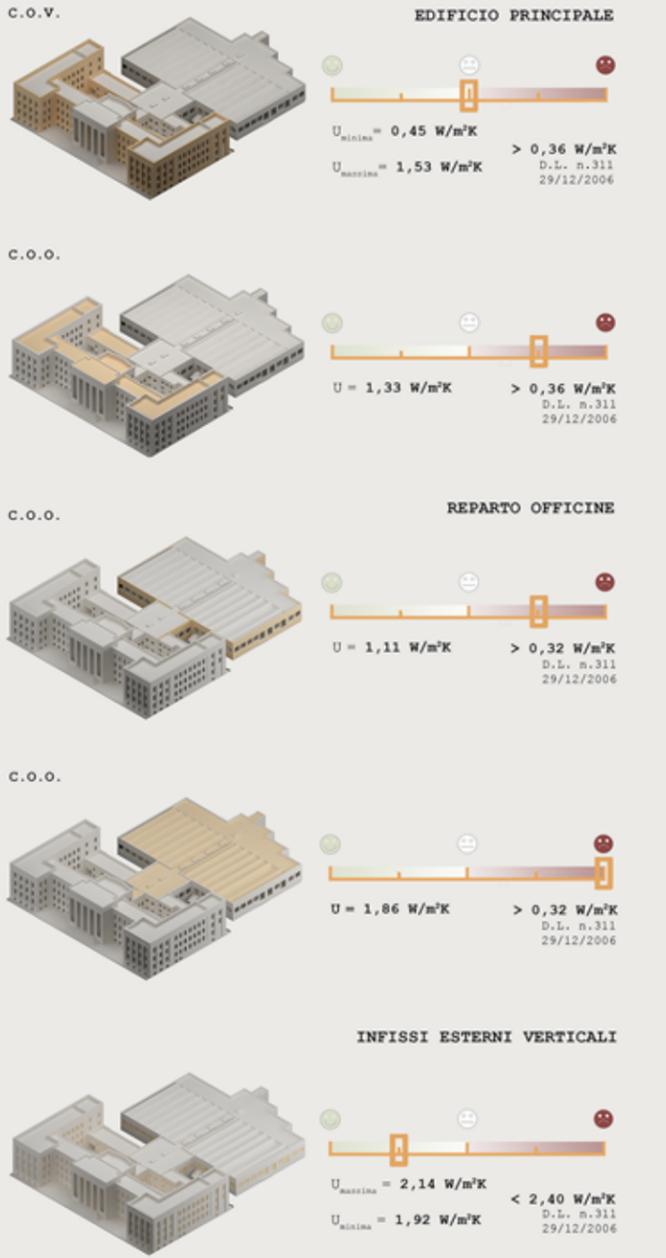
**CORONE IN PORFIDO**

**FERMATE AUTOBUS**

**CAMMINAMENTI CENTRALI**

**EDIFICI ATRIUM**

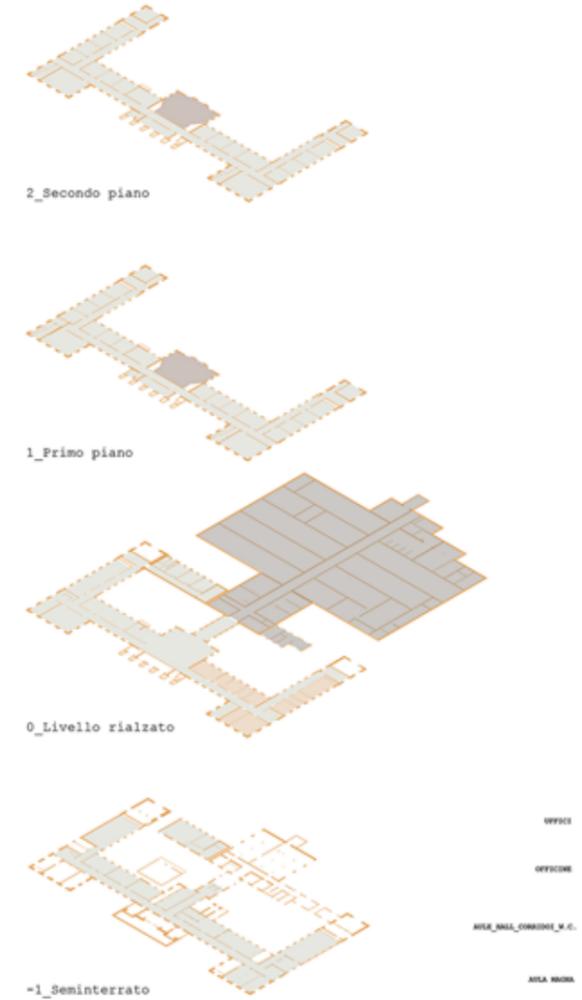
INVOLUCRO EDILIZIO



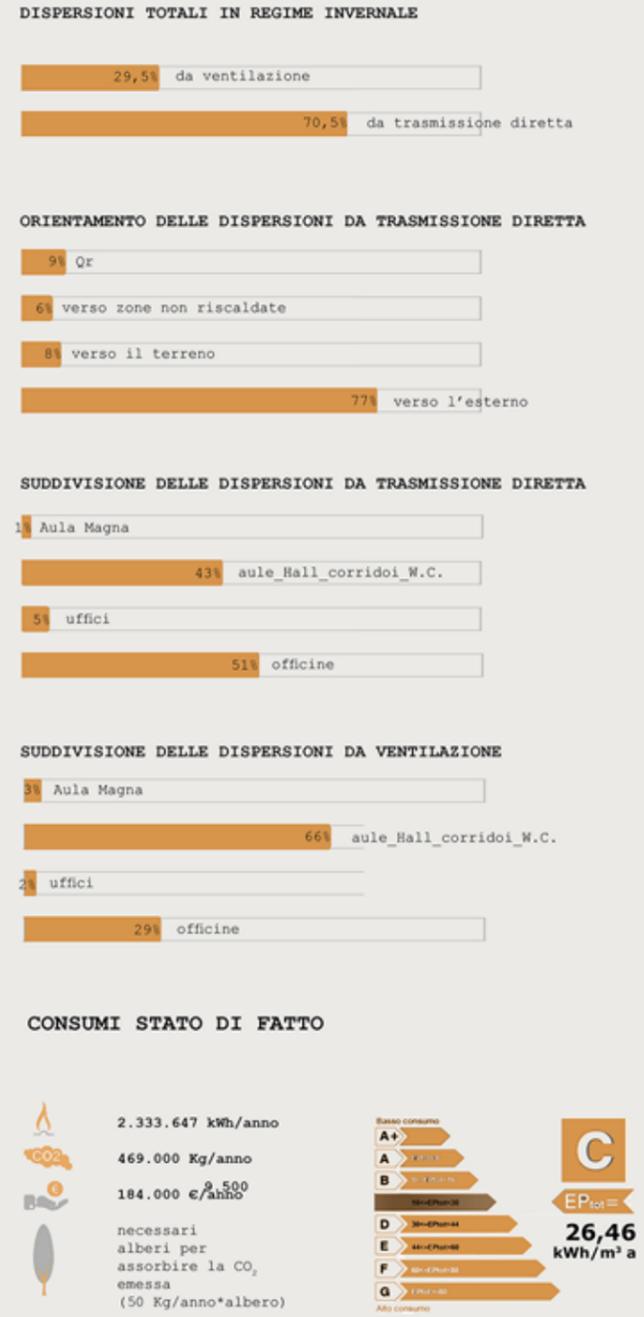
CENTRALE TERMICA



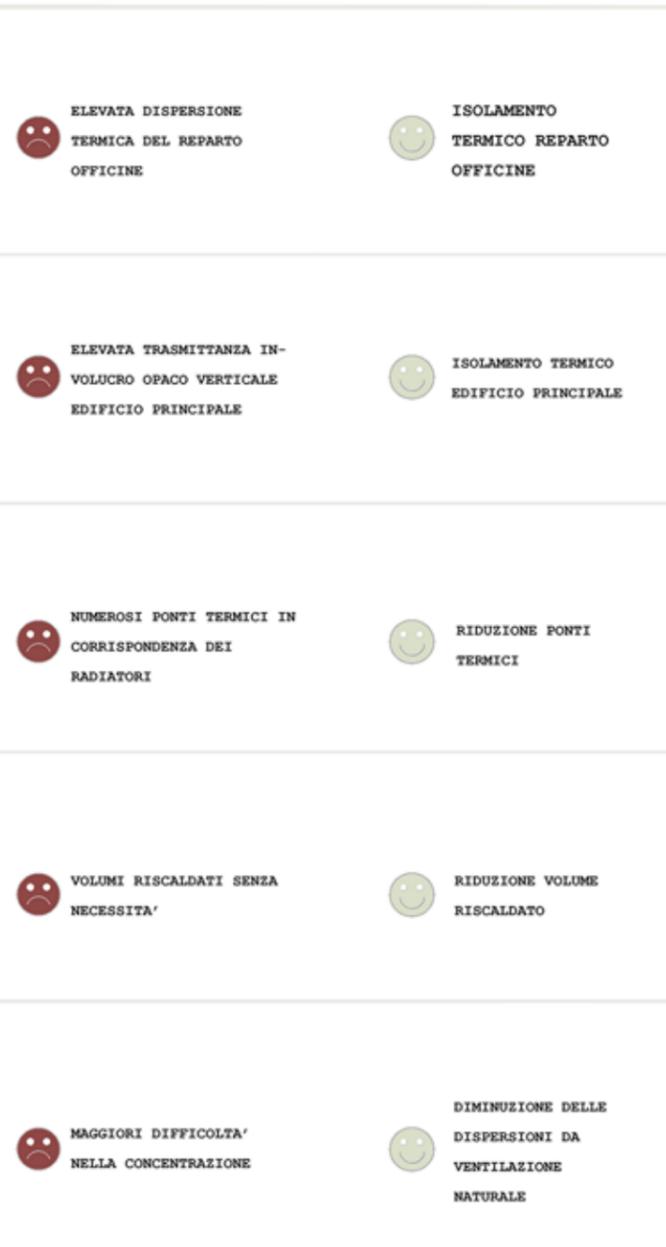
Zone termiche: esploso assometrico



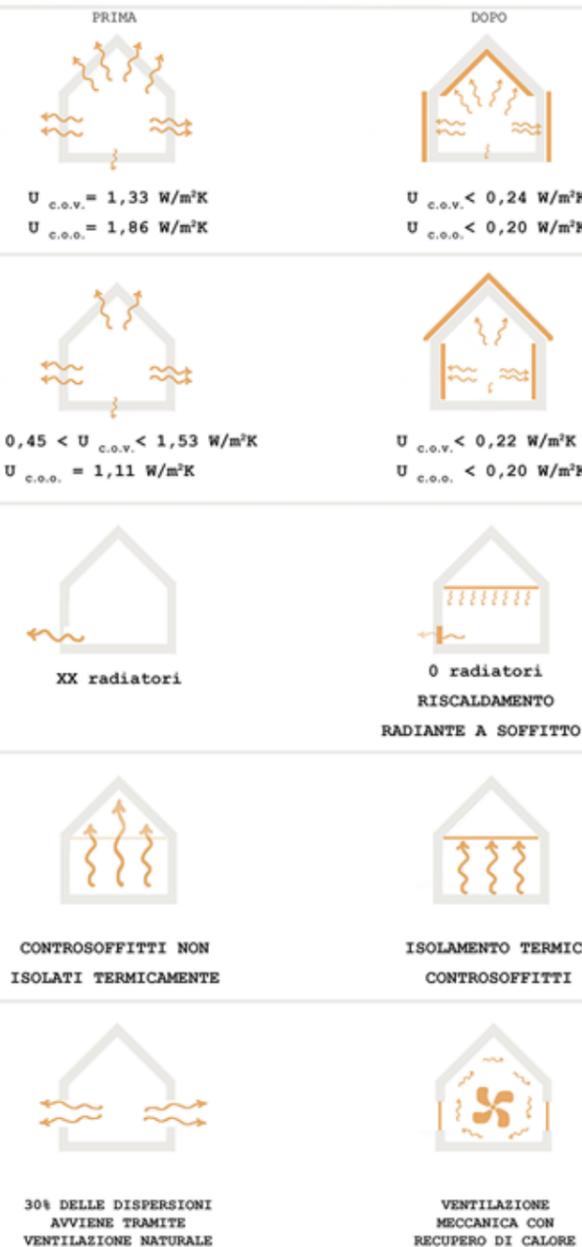
SIMULAZIONE DEI CONSUMI



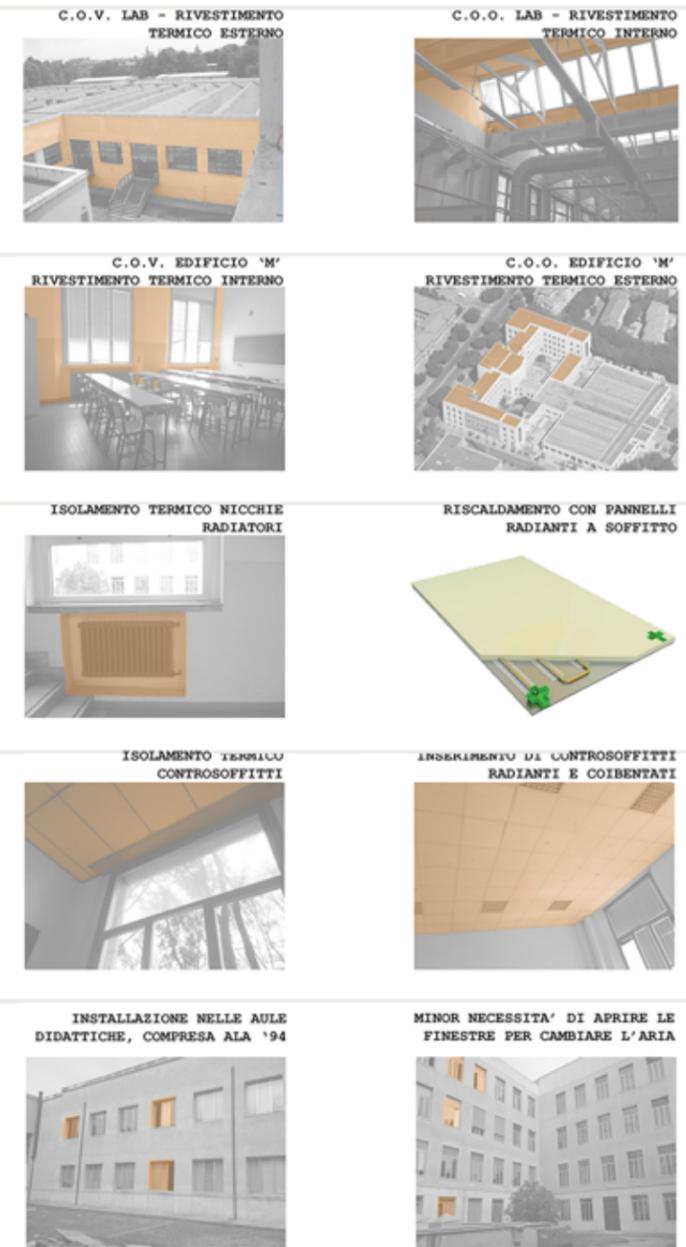
CRITICITA' ED OBIETTIVI



STRATEGIE



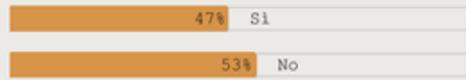
AREA D' INTERVENTO



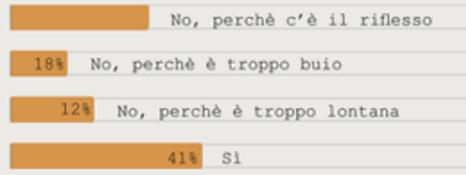
COMFORT VISIVO



Quando la luce artificiale è spenta, c'è abbastanza luce in aula?



La luce dell'aula ti fa leggere bene la lavagna?



Il sole ti da fastidio agli occhi?



Aula 1A  
 Orientamento:  
 Nord-Est



Aula 1B  
 Orientamento:  
 Est



Aula 1C  
 Orientamento:  
 Sud



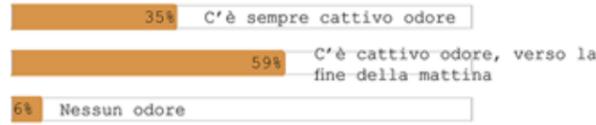
QUALITA' DELL'ARIA



Ogni quanto vengono aperte le finestre per cambiare l'aria?



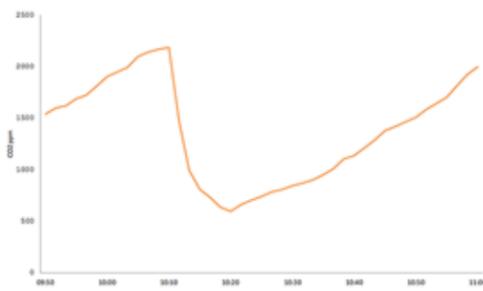
Che odori ci sono all'interno dell'aula?



Da dove provengono i cattivi odori?



LIVELLI DI CO<sub>2</sub> REGISTRATI



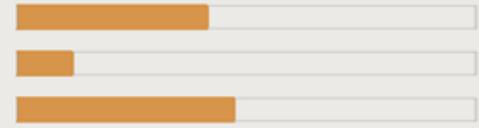
TEMPERATURA REGISTRATA



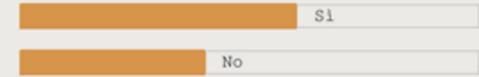
COMFORT ACUSTICO



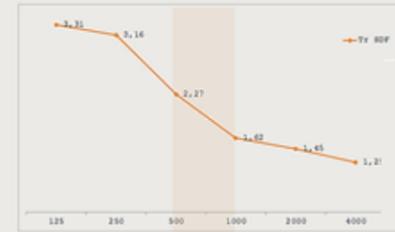
Quando sei in aula, quali sono i rumori?



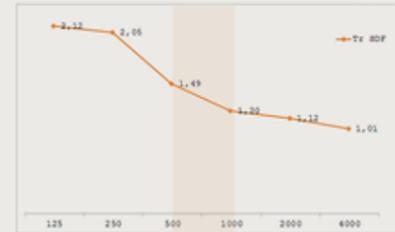
Quando la finestra è chiusa, senti chiaramente la voce del professore?



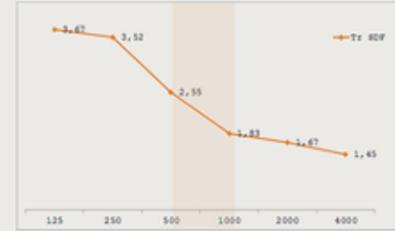
Quando la finestra è aperta, senti chiaramente la voce del professore?



Aula 1A  
 Orientamento:  
 Nord-Est



Aula 1B  
 Orientamento:  
 Est



Aula 1C  
 Orientamento:  
 Sud



CRITICITA' ED OBIETTIVI

STRATEGIE

AREA D' INTERVENTO

FENOMENI DI  
 ABBAGLIAMENTO NEI  
 BANCHI PIU' VICINI  
 ALLE FINESTRE



RIDUZIONE DELLA  
 QUANTITA' DI  
 LUCE INCIDENTE  
 DIRETTA



INSUFFICIENZA DI LUCE  
 NATURALE NEI BANCHI  
 PIU' LONTANI



300 LUX SUI  
 PIANI DI  
 LETTURA



LIVELLI DI CO<sub>2</sub> AMPIAMENTE  
 FUORI NORMA (>2.000 ppm)



CO<sub>2</sub> < 800 ppm



FENOMENI DI ECO  
 T > 2,00s



T < 0,85s  
 (D.M. 18/12/75)



MAGGIORI DIFFICOLTA'  
 NELLA CONCENTRAZIONE



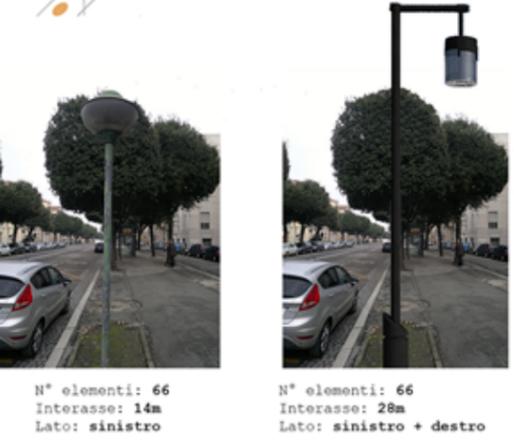
AGEVOLARE LA  
 CONCENTRAZIONE  
 AGENDO SULLE  
 CONDIZIONI DI  
 BENESSERE



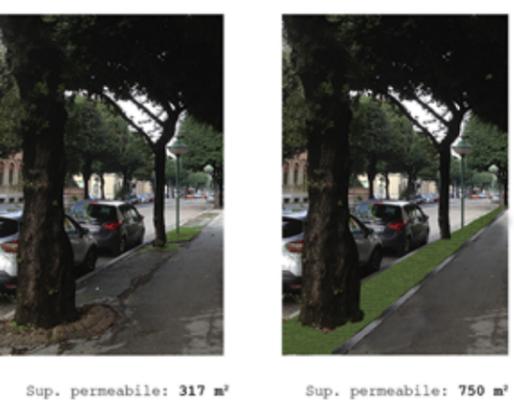
**RICOLLOCAMENTO ALBERATURE ABBATTUTE**



**CAMBIO ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE**



**AERAZIONE RADICI ARBOREE**



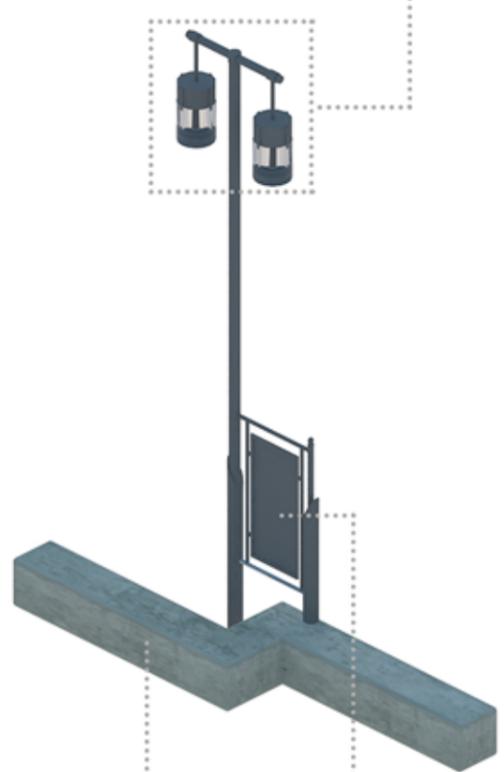
**ADEGUAMENTO CAMMINAMENTI CENTRALI**



**INFO-POINT**



**CORPI ILLUMINANTI (LED)**  
 Altezza: 5m



**BACHECA**

100x150 cm  
 Materiale: Ghisa



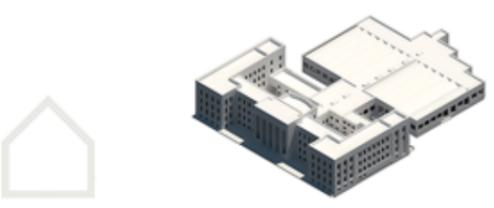
**SEDUTA**

500x50x50 cm  
 Materiale: calcestruzzo

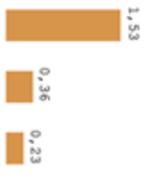


VIALE DELLA LIBERTA' - SEZIONE TRASVERSALE

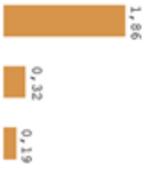
STATO DI FATTO



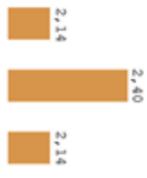
U<sub>C.O.V.</sub> (W/m²k)  
 SDF Normativa SDP



U<sub>C.O.O.</sub> (W/m²K)  
 SDF Normativa SDP



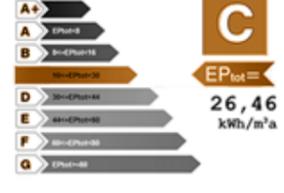
U<sub>serramenti</sub> (W/m²k)  
 SDF Normativa SDP



CONSUMI STATO DI FATTO

2.333.647 kWh/anno  
 469.000 Kg/anno  
 184.000 €/anno  
 necessari 15.000 alberi per assorbire la CO<sub>2</sub> emessa (30 Kg/anno\*albero)

CLASSE ENERGETICA



STATO A

ALLACCIAMENTO ALLA RETE TELE

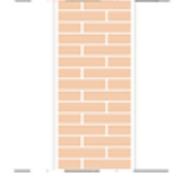
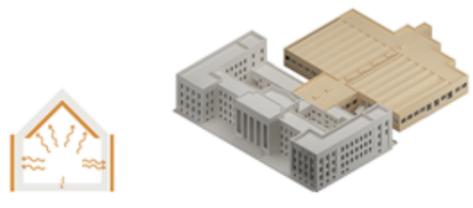


0,079 euro/kWh

0,201 Kg/kWh

STATO B

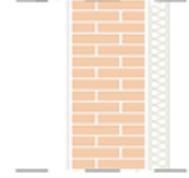
C.O. E C.V. AREA OFFICINE



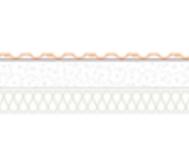
Stratigrafia esterno interno:  
 Rinzafo intonaco 3cm  
 Muratura di mattoni pieni a 3 teste 44cm  
 Rinzafo intonaco 3cm



Stratigrafia esterno interno:  
 Tegole marsigliesi  
 Guaina bituminosa 0.5cm  
 Soletta in cls armato 20cm  
 Rinzafo intonaco 3cm



Stratigrafia esterno interno:  
 Rinzafo intonaco 3cm  
 Muratura di mattoni pieni a 3 teste 44cm  
 Rinzafo intonaco 3cm  
 Lastra EPS 12



Stratigrafia esterno interno:  
 Tegole marsigliesi  
 Guaina bituminosa 0.5cm  
 Soletta in cls armato 20cm  
 Rinzafo intonaco 3cm  
 Lastra EPS 16cm

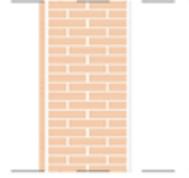
CONSUMI STATO B

1.181.579 kWh/anno - 49%  
 237.000 Kg/anno  
 93.000 €/anno  
 necessari 4.800 alberi per assorbire la CO<sub>2</sub> emessa (50 Kg/anno\*albero)

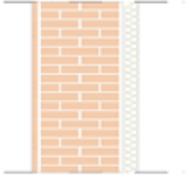
CLASSE ENERGETICA



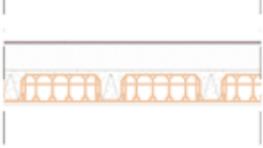
STATO C



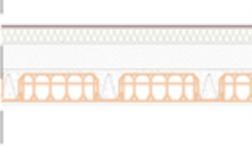
Stratigrafia esterno interno:  
 Rivestimento listelli in laterizio 4cm  
 Muratura di mattoni pieni a 4 teste 63cm  
 Rinzafo intonaco 3cm



Stratigrafia esterno interno:  
 Rivestimento listelli in laterizio 4cm  
 Muratura di mattoni pieni a 4 teste 63cm  
 Rinzafo intonaco 3cm  
 Lastra EPS 12cm



Stratigrafia esterno interno:  
 Guaina bituminosa 0.5cm  
 Massetto alleggerito di ripartizione 20cm  
 Soletta in laterocemento 20 + 4 cm  
 Rinzafo intonaco 3cm



Stratigrafia esterno interno:  
 Guaina bituminosa 0.5cm  
 Lastra di schiuma Polyiso rigida 12cm  
 Massetto alleggerito di ripartizione 20cm  
 Soletta in laterocemento 20 + 4 cm  
 Rinzafo intonaco 3cm

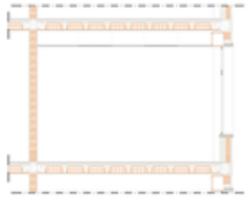
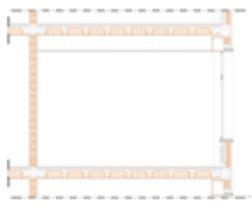
CONSUMI STATO C

819.562 kWh/anno - 65%  
 165.000 Kg/anno  
 65.000 €/anno  
 necessari 3.300 alberi per assorbire la CO<sub>2</sub> emessa (50 Kg/anno\*albero)

CLASSE ENERGETICA



STATO D



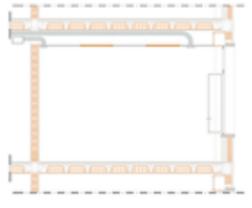
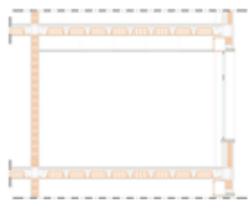
CONSUMI STATO D

779.330 kWh/anno - 67%  
 156.000 Kg/anno  
 62.000 €/anno  
 necessari 3.000 alberi per assorbire la CO<sub>2</sub> emessa (50 Kg/anno\*albero)

CLASSE ENERGETICA



STATO E



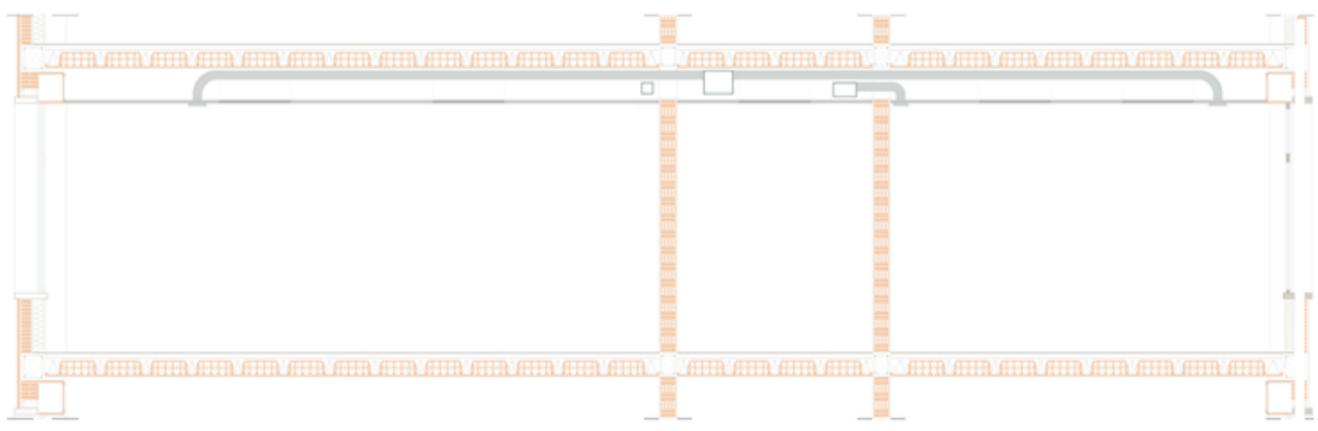
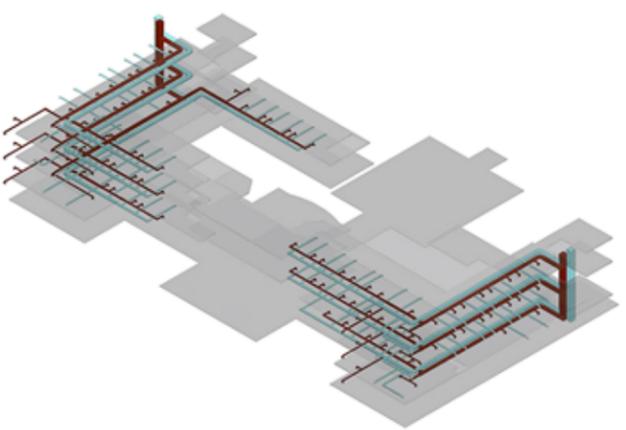
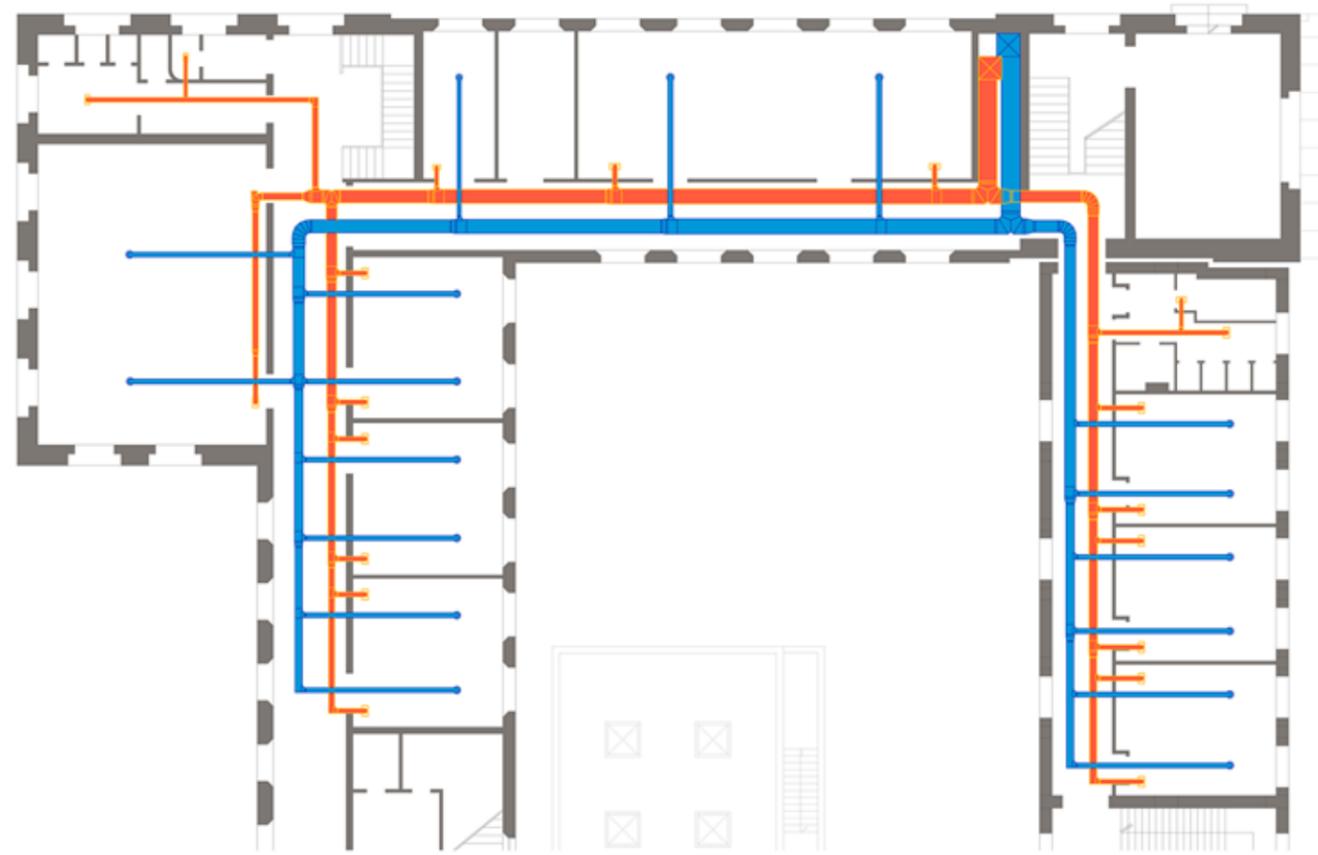
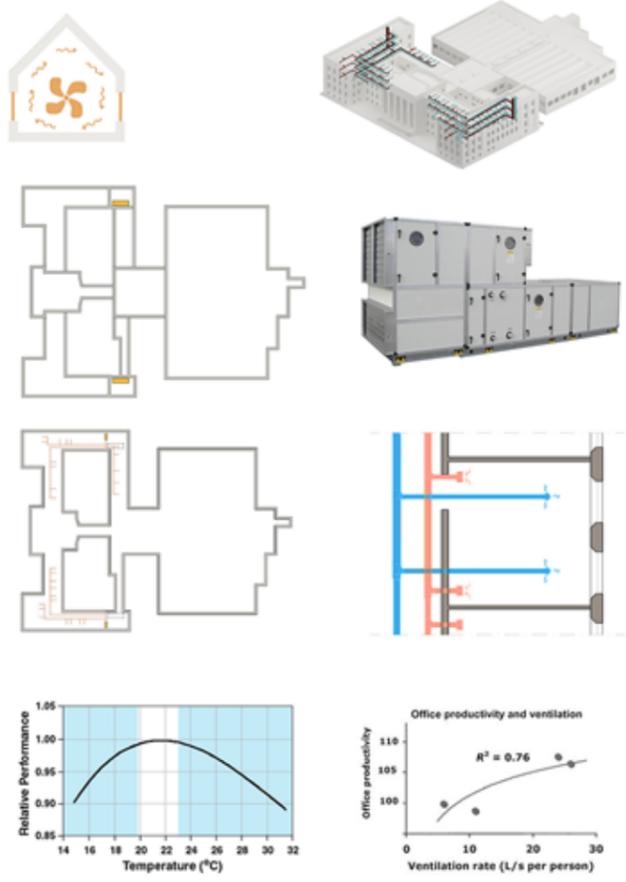
CONSUMI STATO E

515.759 kWh/anno - 78%  
 103.000 Kg/anno  
 41.000 €/anno  
 necessari 2.000 alberi per assorbire la CO<sub>2</sub> emessa (50 Kg/anno\*albero)

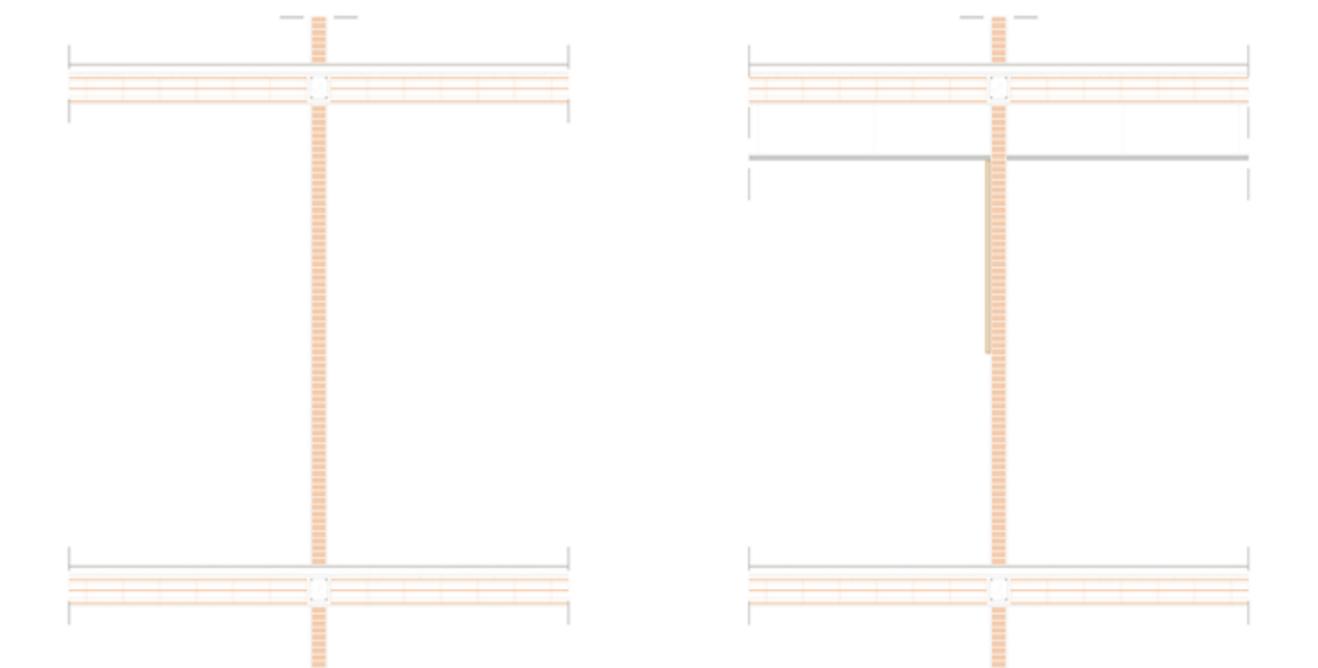
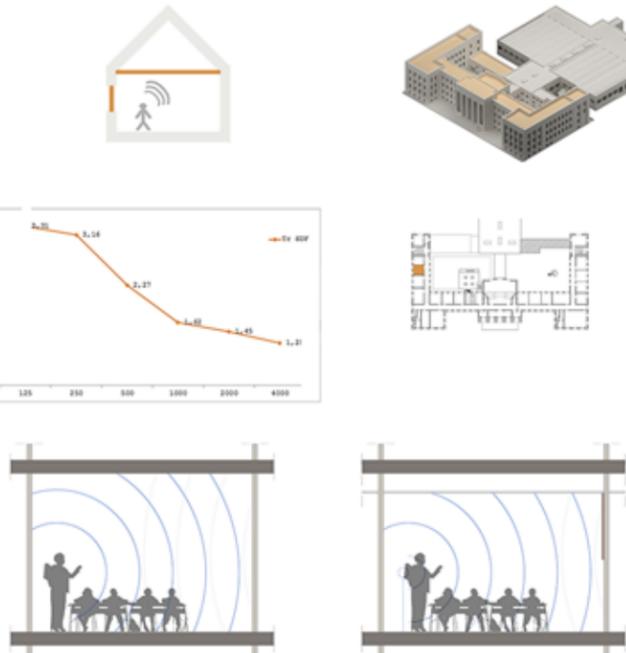
CLASSE ENERGETICA



VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE

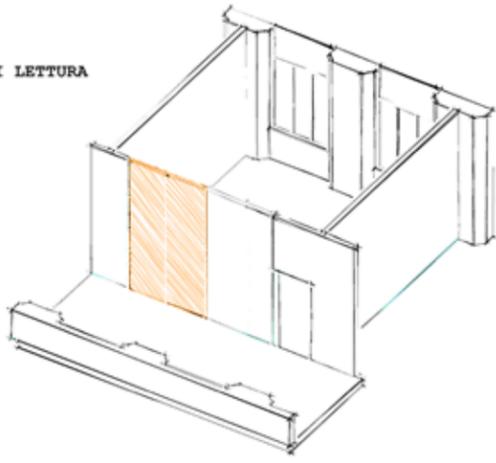


VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE

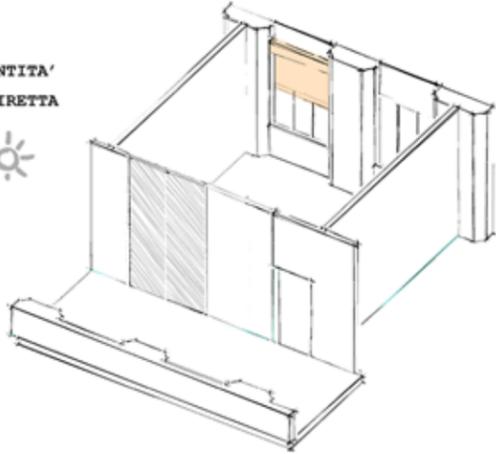


PORTALE VETRATO

300 LUX SUI PIANI DI LETTURA

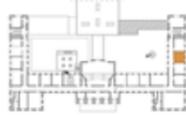


RIDUZIONE DELLA QUANTITA' DI LUCE INCIDENTE DIRETTA



GRAFICI DELL' ILLUMINAZIONE NATURALE

Aula di riferimento 1C  
Orientamento Sud



STATO DI FATTO



INSERIMENTO DEL PORTALE VETRATO



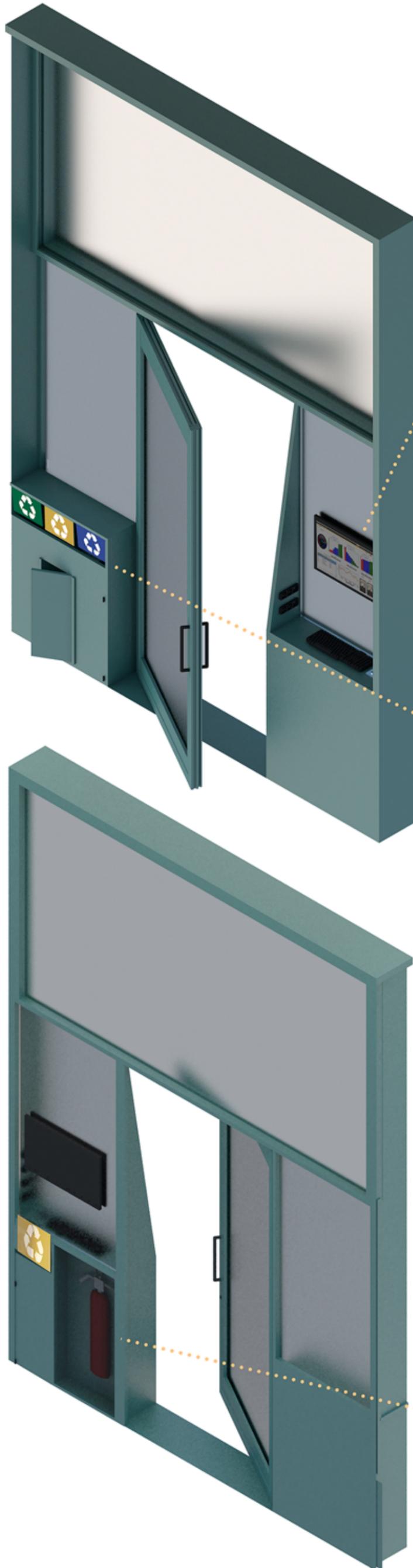
INSERIMENTO TENDE A RULLO



PORTALE, VISUALE DA AULA 1C



IL PORTALE



MULTITASKING

