

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Architettura

Corso di Laurea Magistrale

in “Architettura Costruzione e Città”

Tesi di Laurea Magistrale

Miglioramento architettonico e tecnologico di un edificio scolastico: un nuovo polo culturale al Liceo I. Newton di Chivasso



Relatore:

Prof. Valentino Manni

Correlatore:

Prof. ssa Silvia Gron

Candidato:

Opessio Martina

Luglio 2019

Indice

1.	Introduzione	6
2.	Sviluppo modello scolastico.....	8
2.1.	La scuola nel corso della storia.....	8
2.2.	Tipologie edilizie scolastiche	12
3.	Normativa sulla certificazione energetica	23
3.1.	Normativa Europea.....	23
3.2.	Normativa Nazionale Italiana.....	25
3.3.	Normativa Regionale	27
4.	Perché costruire sostenibile?.....	29
4.1.	Motivazioni.....	29
4.1.1.	Situazione mondiale.....	29
4.1.2.	Situazione italiana.....	35
4.2.	Le varie strategie	39
4.2.1.	Costruire a secco.....	39
4.2.3.	Fotovoltaico.....	53
4.2.4.	Solare Termico.....	55
4.2.5.	Ventilazione meccanica dell'aria	57
4.2.6.	Raccolta delle acque meteoriche.....	59
5.	Casi Studio_ Esempi di progetti realizzati ex nuovo e riqualificati	63
5.1.	Liceo G. F. Porporato a Pinerolo (TO)	63
5.2.	Istituto istruzione superiore Luigi Des Ambrois ad Oulx (TO)	65
5.3.	Orestad Gymnasium a Orestad (DANIMARCA)	67
6.	Liceo Isaac Newton e succursale Europa Unita_ analisi dello stato di fatto.....	69
6.1.	Localizzazione.....	69
6.2.	Analisi storica	70
6.3.	Funzioni.....	79
6.4.	Struttura.....	84
6.5.	Schede tecniche sul rilievo delle anomalie	102
6.6.	Intervista al preside.....	112
6.7.	Analisi energetica preliminare	113
7.	Liceo Isaac Newton e succursale Europa Unita _ ipotesi progettuale	118
7.1.	La Nuova Corte	120

7.1.1.	Concept	120
7.1.2.	Composizione dell'edificio.....	121
7.1.3.	Distribuzione degli spazi.....	125
7.2.	Riqualificazione edificio esistente	126
7.2.1.	Distribuzione degli spazi.....	126
7.2.2.	Interventi tecnologici	130
7.2.3.	Analisi preliminare dello stato di progetto.....	143
8.	Conclusioni.....	145
9.	Bibliografia e Sitografia	147
10.	Allegati.....	153

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare prima di tutto il prof. Valentino Manni e la prof. ssa Silvia Gron per l'attenzione ed i consigli che mi hanno dato in questo lungo percorso.

Ringrazio tutti gli attori della Città Metropolitana di Torino per avermi aiutato con le varie informazioni, soprattutto i geometri Guido Perano e Maurizio Scarparo grazie ai quali ho potuto intraprendere questo percorso di tesi.

Ma ora passiamo ai ringraziamenti più informali...

Grazie ai miei genitori per avermi sostenuto economicamente ma soprattutto psicologicamente da quando sono nata. Avete sempre creduto in me e mi avete sempre spronato a raggiungere tutti gli obiettivi che mi sono imposta quindi GRAZIE.

Grazie a Birba, a Siria e a Speedy.

Grazie alla mia sorellona e a mio zio Tristano per avermi aiutato tantissimo negli ultimi mesi.

Grazie alla mia scimmietta Dianetta, alla mia cug Elena, al mio fantastico cognato, a mia madrina e a tutti i parenti per avermi incoraggiato. Ringrazio le mie amiche perchè nonostante i miei scleri mi siete state accanto.

Grazie a tutti i miei colleghi universitari con cui ho trascorso momenti indimenticabili, soprattutto Alessia e Claudia perchè sono delle amiche favolose che mi hanno sempre aiutato. Ma il grazie maggiore spetta alla collega più paziente e strepitosa che potessi mai incontrare: Martina. Sono onorata di averti conosciuto e di far parte della tua vita.

E infine grazie a te nonna perchè hai sempre creduto in me. Spero che tu e il nonno, ovunque siate, possiate essere fieri di me.

1. Introduzione

L'obiettivo previsto dal presente lavoro è quello di evidenziare come un intervento di miglioramento tecnologico su immobili preesistenti possa determinare aspetti positivi non solo per la componente architettonica ma anche per questioni economiche ed ambientali.

La maggior parte degli edifici scolastici è stata realizzata prima degli anni Settanta a seguito di un aumento demografico. La mancanza di un riferimento normativo seguita da una progettazione poco attenta, un utilizzo di materiali non idonei ed una scarsa manutenzione hanno determinato una situazione allarmante. Oggigiorno infatti sono sempre più presenti i casi di crolli nei complessi scolastici. La necessità di interventi urgenti di manutenzione è pari al 46,8%, come riportato nel Rapporto di Legambiente del 2018¹. In questa indagine inoltre si evidenzia che quasi la metà delle scuole ha una classe energetica G e più dell'80% di esse non utilizza fonti di energia rinnovabile.

Attualmente è inequivocabile che, secondo le moderne teorie di apprendimento, le attività didattiche debbano essere svolte in maniera diversa da quelle dei tempi passati: occorre infatti prevedere locali per le attività di gruppo ed i laboratori che andranno ad integrarsi con i concetti della classica lezione frontale. Ma non solo! La fruizione degli spazi è resa possibile tramite attività sociali che rendono la scuola un polo di attrazione per attività culturali e sportive.

Il caso studio preso in considerazione, ospita il Liceo Scientifico Isaac Newton e l'Istituto Magistrale Europa Unita di Chivasso. Venne realizzato agli inizi del Novecento secondo i canoni di progettazione e costruzione relativi a quell'epoca. Adibito inizialmente a conceria, fu adattato all'uso scolastico dagli anni ottanta.

L'edificio rivela che le parti strutturali hanno un grado di staticità idoneo secondo normativa e non necessitano di interventi di adeguamento mentre l'attestato di certificazione energetica ha evidenziato delle criticità. Da tale valutazione è scaturito un disegno di riqualificazione energetica, oggetto di questa tesi di Laurea.

In aggiunta all'intervento è stato progettato l'inserimento di un nuovo fabbricato nell'ampia ed inutilizzata corte interna con lo scopo di adattare l'immobile alle attuali esigenze di condivisione della struttura scolastica. Oggi l'assetto strutturale di una scuola deve essere finalizzato alla maggiore fruibilità anche da parte di attori diversi da quelli scolastici consueti, per cui gli spazi devono essere pensati e ridisegnati anche per usi extrascolastici.

La riqualificazione di detto immobile potrà essere eseguita dalla Città Metropolitana, ex Provincia di Torino, utilizzando i fondi stanziati a suo tempo dalla Regione Piemonte.

¹ https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/ecosistema_scuola_2018.pdf, consultato il 25/10/2018.

2. Sviluppo modello scolastico

In questo capitolo è descritta una breve sintesi dello sviluppo pedagogico scolastico dal XIX secolo fino al giorno d'oggi, analizzando come le varie normative abbiano influito sulla formazione e sull'involucro edilizio. Il discorso poi si concentrerà sulla suddivisione delle varie tipologie scolastiche che si sono formate in base alle diverse soluzioni morfologico-distributive.

2.1. La scuola nel corso della storia

La rivoluzione industriale è stata un momento storico di rilevanti cambiamenti e tra questi un ruolo fondamentale lo ha ottenuto l'istruzione; proprio in questo periodo divennero maggiormente importanti gli aspetti sia igienico-sanitari che tecnologici e si formarono anche delle tipologie edilizie scolastiche (*vedi capitolo 2.2*). Gli edifici destinati ad ospitare luoghi per l'istruzione erano caratterizzati da un'architettura che presentava un'ampia superficie vetrata, ambienti molto alti per garantire i giusti ricambi d'aria ed una buona illuminazione per far fronte all'elevato numero di studenti. Per la prima volta la didattica dipendeva dall'organizzazione degli spazi e dagli arredi contenuti in essi. In Italia nel 1859 fu emanata la legge Casati² che esaltava l'istruzione aristocratica, soprattutto quella della scuola secondaria superiore e dell'università, lasciando carente quella primaria. Fu anche stabilita una netta separazione tra gli studi gratuiti tecnici e quelli classici a pagamento poiché la scelta tra le due tipologie era prettamente finanziaria. La scuola dell'obbligo raggiunse la frequenza dei 5 anni con la legge Coppino³ del 1877. All'inizio, per la maggior parte dei casi, le scuole corrispondevano ad una singola aula ma poi si passò ad un accostamento di aule collegate con un corridoio creando una forma di "C" con una palestra che andava a chiudere il quadrilatero e un cortile interno, tipologia comunemente denominata "a blocco". Le aule avevano una superficie di 50-80 metri quadrati con altezza di 4-5 metri, ospitavano una sessantina di alunni e dovevano rispettare le norme igienico-sanitarie. Al termine del XIX secolo nacque l'attivismo, un movimento pedagogico i cui principi si discostavano dalla tradizionale lezione frontale ed erano basati sull'esperienza che ciascun alunno aveva durante un insegnamento pratico, come ad esempio un laboratorio. Con questi principi si fondarono i primi *colleges* inglesi che si basavano sull'apprendimento attivo: non vi erano orari di lezione prestabiliti ed era l'allievo stesso che si organizzava lo studio. La scelta dei laboratori non era impostata, ma decisa dallo studente stesso che si organizzava in gruppi con altre persone aventi interessi comuni con lo scopo di

² Legge 13 Novembre 1859 n. 3725.

³ Legge 15 Luglio 1877 n. 3961.

formare piccole società in cui ogni individuo rappresentava un elemento importante. Queste tipologie vennero chiuse durante il periodo nazista⁴.

Diverse leggi all'inizio del Novecento coinvolsero il mondo scolastico. Tra esse vi furono la Legge Orlando⁵ del 1904 che rese obbligatoria l'istruzione fino a 12 anni e la legge Daneo-Credaro⁶ del 1911 che trasformò la scuola in un servizio statale. Nello stesso anno venne pubblicata una raccolta di progetti tipo, denominata Casa della Scuola. Gli edifici rappresentati erano sobri con poche decorazioni perchè dovevano essere l'emblema della dignità dell'istruzione. Il fabbricato era simmetrico, gli alunni erano divisi per sesso e vi era una zona comune all'aperto. Con le due Guerre ci furono degli stalli per quanto riguarda la costruzione di scuole, ma l'argomento stava diventando sempre più importante infatti nel 1959 l'ONU proclamò la Carta dei Diritti dell'Infanzia. In essa si evidenziava non solo il diritto dei bambini allo studio a prescindere dal luogo di nascita e dal sesso ma anche il dovere di mettere in primo piano l'interesse del bambino. Durante il periodo Fascista ci fu la Riforma Gentile⁷ che prevedeva l'obbligo all'istruzione fino ai 14 anni. Lo studio iniziava con 3 anni alla scuola materna, 5 all'elementari e 3 alle scuole medie inferiori, potendo poi scegliere se continuare oppure no con gli studi futuri. Le scuole medie superiori avevano una periodo di studi variabile, ad esempio il liceo scientifico durava 4 anni mentre quello classico 3. Mussolini portò alla fascistizzazione della scuola: agli studenti venivano spiegati gli aspetti politici del fascismo ed erano obbligati all'obbedienza ed ad una severa disciplina. Le classi erano formate da 28 studenti che dovevano apprendere le conquiste dello Stato italiano e adulare Mussolini. Anche l'architettura di quegli anni rispettava rigidi canoni: forme semplici, uso di marmi bianchi e neri senza decorazioni, ma con il passare degli anni l'obiettivo fu quello di realizzare veri e propri monumenti (*Fig. 1*). Parallelamente si stava sviluppando un'altra corrente: il Razionalismo il quale aveva lo scopo di esaltare l'Italia ponendola sullo stesso livello delle altre potenze europee⁸. Si prende ad esempio l'asilo Sant'Elia a Como di Giuseppe Terragni⁹ (*Fig. 2*).

⁴ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Bianchi A., *L'istruzione in Italia tra Sette e Ottocento*, Brescia, Editrice La Scuola, 2007; Corbi E., *Scuole e politiche educative in Italia dall'Unità ad oggi*, Napoli, Liguori, 2003.

⁵ Legge 8 Luglio 1904 n. 407.

⁶ Legge 4 Giugno 1911 n. 487.

⁷ Composta da vari atti normativi: R.D.L. 31 Dicembre 1922, n. 1679, R.D. 6 Maggio 1923, n. 1054, R.D. 6 Maggio 1923, n. 1054, R.D. 30 Settembre 1923, n. 2102, R.D. 1 Ottobre 1923, n. 2185, R.D. 31 Dicembre 1923, n. 3126.

⁸ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma, Bulzoni, 1975; Melograni C., *Architettura italiana sotto il Fascismo: l'orgoglio della modestia contro la retorica monumentale 1926-1945*, Torino, Bollati Boringhieri, 2008; Tafuri M., *Teorie e storia dell'architettura*, Roma, Bari, Laterza, 1986.

⁹ Giuseppe Terragni (1904-1943) è un architetto italiano che è considerato come uno dei maggiori esponenti del Movimento Italiano di Architettura Razionale. Tra le sue opere si ricorda il Novocomum a Como (1927-1929) e Casa del Fascio a Como (1932-1936).



Fig. 1 - Palazzo di giustizia a Milano di Marcello Piacentini (1932-40). Fonte: Milanoalquadrato



Fig. 2 - Asilo Sant'Elia a Como di Giuseppe Terragni (1936-37). Fonte: Ilgiardinodilory

Con la fine della Seconda Guerra Mondiale molte scuole furono distrutte dai continui bombardamenti. Oltre all'esigenza di costruire un nuovo patrimonio scolastico i progettisti considerarono nuovi fattori come la distribuzione degli spazi collettivi in relazione alle unità pedagogiche, la flessibilità, la relazione con l'esterno, il controllo bioclimatico e l'economia. Ad esempio pedagogisti come Friedrich Froebel¹⁰ e Maria Montessori¹¹ pensarono ad una scuola sperimentale dove le sensazioni erano al primo posto. Essa diventava così il luogo in cui il bambino iniziava a sentirsi parte di una società. Anche l'architettura cambiò dalla scuola caserma della tipologia a corridoio a quella realizzata con unità funzionali, avente una formazione più libera. Nacque così la tipologia a padiglione. Durante gli anni quaranta l'architetto Ciro

¹⁰ Friedrich Froebel (1782-1852) è un pedagogista tedesco conosciuto per aver creato le basi educative dell'attuale scuola dell'infanzia.

¹¹ Maria Montessori (1870-1952) è una pedagogista, filosofa, neuropsichiatra italiana conosciuta per aver fondato il metodo educativo Montessori.

Cicconcelli¹² introdusse la scuola comunitaria con unità funzionali: pochi spazi ripetibili, massimo cinque, collegati da un elemento. Lo scopo era di creare una scuola-casa, un luogo in cui poter formare relazioni ed esperienze. Queste aule avevano ciascuna ulteriori spazi per le esercitazioni e c'era anche un grande locale dotato di pareti scorrevoli ed arredi leggeri che permettevano uno spostamento degli alunni di modo che fossero essi stessi ogni volta gli artefici della disposizione del locale. La scuola diventava il luogo di formazione ed educazione da parte degli studenti per l'ingresso alla società (*Fig. 3*). Con gli anni la prefabbricazione venne utilizzata più frequentemente come elemento costruttivo per le scuole. Il motivo principale era il costo ridotto ma rimane anche fondamentale la flessibilità degli spazi. Nel 1975 vennero emanate le Norme Tecniche per l'edilizia scolastica¹³. Le scuole vennero considerate come organismi architettonici in cui la disposizione e le forme dipendevano dall'età degli studenti. Si ribadisce l'importanza dell'illuminazione, dell'elasticità degli spazi. Dagli anni Ottanta si iniziarono ad eliminare le barriere architettoniche mentre dal decennio successivo si ridisegnarono delle scuole per rispondere alle nuove esigenze e si intrapresero sperimentazioni attraverso l'uso di nuove tecnologie come le fonti rinnovabili ed i materiali sostenibili¹⁴.

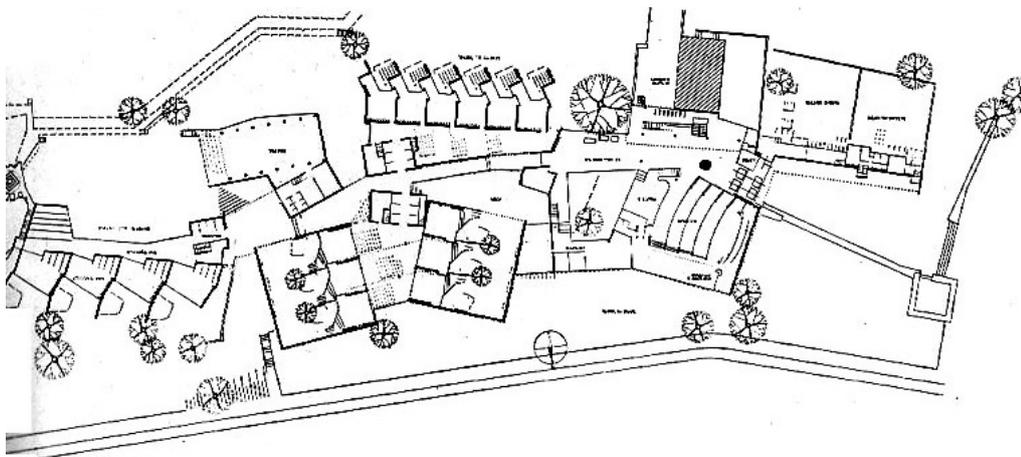


Fig. 3 - Scuola di Darmstadt di Hans Scharoun (1951). Fonte: Uniroma

¹² Ciro Cicconcelli architetto italiano (1920-2010). Tra le sue opere si ricorda *"Scuole materne, elementari e secondarie"*, inserito in *"Architettura pratica"* di Pasquale Carbonara.

¹³ D.M. 18 Dicembre 1975 - Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.

¹⁴ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma, Bulzoni, 1975; Melograni C., *Architettura italiana sotto il Fascismo: l'orgoglio della modestia contro la retorica monumentale 1926-1945*, Torino, Bollati Boringhieri, 2008; Tafuri M., *Teorie e storia dell'architettura*, Roma, Bari, Laterza, 1986; Fiorentini P., Zevi B., Hertzberger H., *Herman Hertzberger: spazi a misura d'uomo*, Torino, Testo & Immagine, 2002.

2.2. Tipologie edilizie scolastiche

I modelli edilizi scolastici principali sono due: quello "a corridoio" e quello "a unità funzionali". Il primo si è sviluppato dagli inizi del Novecento e riprendeva le caratteristiche delle scuole razionaliste ed i principi rigidi del fascismo. Le scuole sembravano delle caserme infatti si presentavano con aule accostate, riconosciute come le uniche unità pedagogiche che affacciavano su lunghi corridoi austeri aventi la sola funzione di passaggio (*Fig. 4*). Nonostante è stato criticato durante gli anni cinquanta perchè risaltava l'ideologia fascista, questa morfologia distributiva ha continuato ad essere applicata in molte scuole risultando ancora oggi una scelta distributiva possibile.

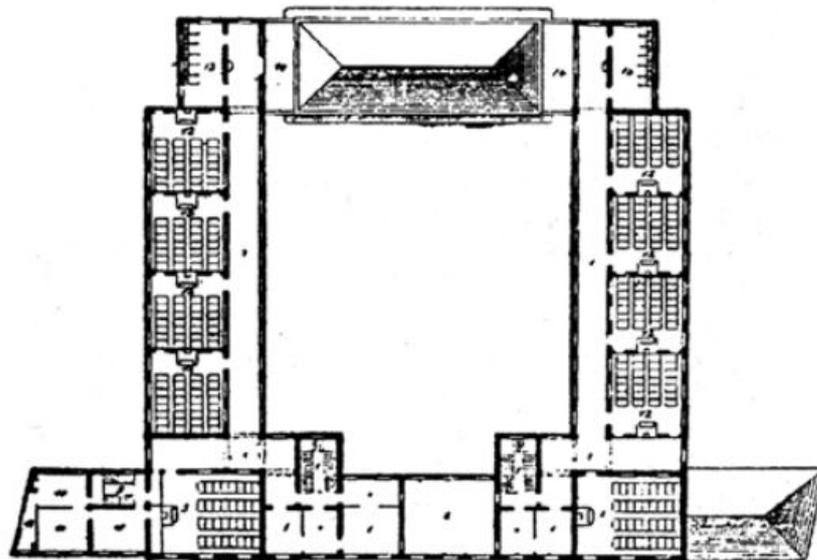


Fig. 4 - Esempio di una scuola con schema distributivo a corridoio. Fonte: Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995, pag. 27.

Il modello a unità funzionali invece si è sviluppato dopo il Secondo Conflitto Mondiale. L'obiettivo era la realizzazione di nuovi e sperimentali luoghi rivisitando i modelli già esistenti. L'architettura rigida faceva spazio a nuclei accorpati con funzioni diverse in cui le esigenze dei fruitori sono collocate al primo posto. Ogni nucleo era indipendente e aveva una propria identità pur rimanendo in armonia con il sistema complessivo (Fig. 5).

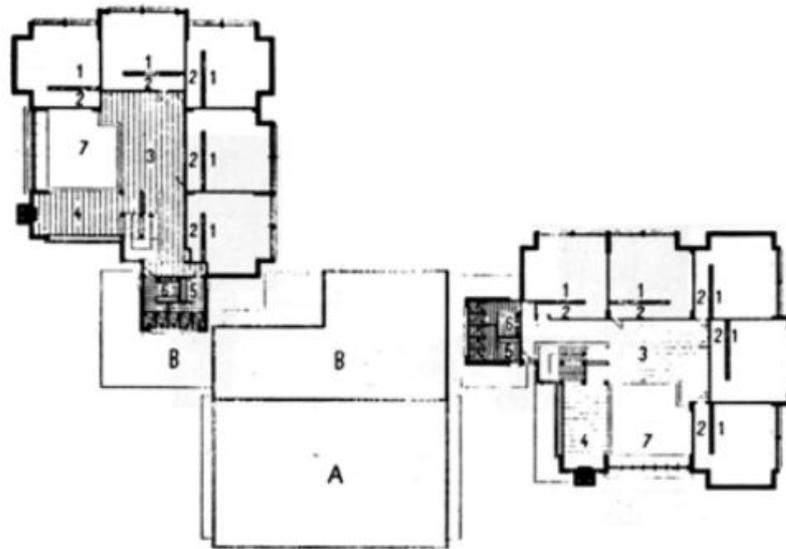


Fig. 5 - Esempio di una scuola con schema distributivo a unità funzionali. Scuola media e liceo classico ad Urbino di Carpiceci C., Cicconcelli C., Pellegrin L. (1956). Fonte: Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1985*, Roma , Bulzoni, 1985, pag. 29.

Da questi due modelli si sono sviluppate delle tipologie edilizie qui elencate (Fig. 6).

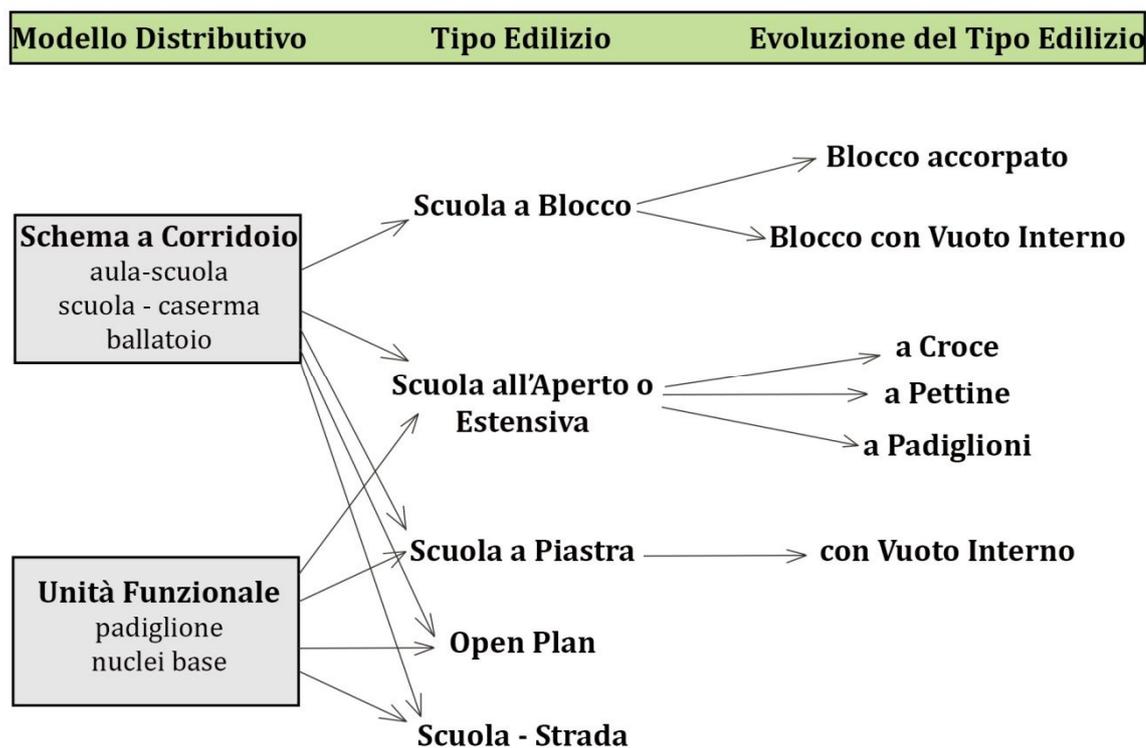


Fig. 6 - Schema modelli distributivi e tipologie edilizie.

Scuola a blocco

SCUOLA A BLOCCO	
Periodo di Nascita	Novecento
Sviluppo in Altezza	2 piani
Rapporto con l'Esterno	nessuno
Sviluppo Distributivo	lineare
Funzioni Corridoio	collegamento
Tipo di Lezione	lezioni frontali
Luogo di Svolgimento di Altre Attività	altri fabbricati adiacenti

È nata all'inizio del Novecento ed è uno sviluppo dello schema a corridoio con un maggior numero di aule e un restringimento delle dimensioni dei corridoi. L'edificio, che ha uno sviluppo lineare con due piani fuori terra, sorge nei pressi di un piccolo marciapiede con i locali affaccianti sulla strada. Generalmente questi spazi sono anche a servizio della comunità andando oltre al solo utilizzo scolastico. Per via della sua formazione distributiva la scuola è un mondo a sé che non comunica con la città. Inoltre le attività che si discostano dalla lezione frontale sono collocate in corpi di fabbrica più piccoli che sono uniti a quello principale tramite collegamenti coperti. Un

ulteriore sviluppo ha portato alla formazione di altre sotto tipologie: lo schema a blocco accorpato e a blocco con vuoto. Nella prima tipologia diversi blocchi sono affiancati o sovrapposti. La planimetria non è più compatta e assume una forma di "C". Gli spazi dedicati alle lezioni ed i corridoi si sviluppano nei lati più lunghi mentre ai margini sono collocati i servizi (Fig. 7).

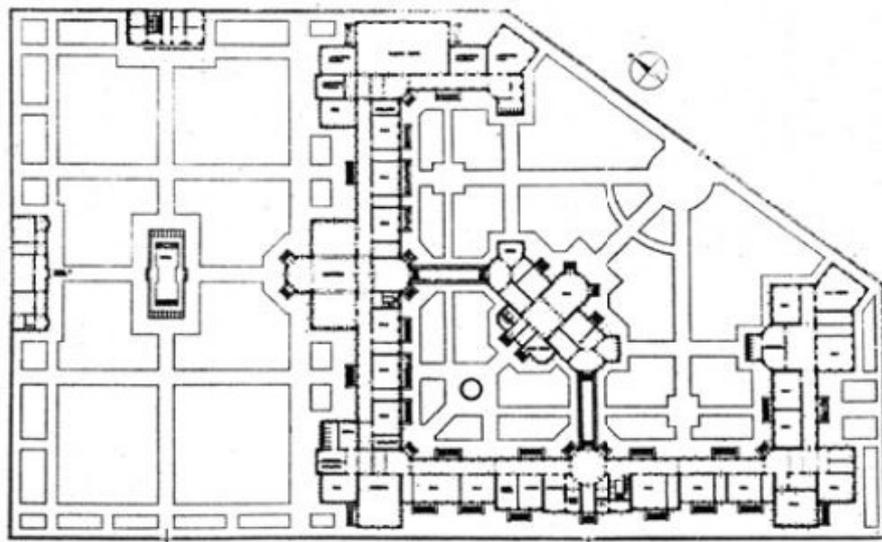


Fig. 7 - Esempio di una scuola con schema a blocco accorpato. Fonte: Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995, pag. 39.

Nella tipologia a blocco con vuoto interno lo schema aula-corridoio circonda un "vuoto" che forma il cortile interno. Questo diventa il fulcro dell'edificio perchè poteva essere usato per le attività ricreative ed educative all'aperto. I corridoi diventano una sorta di ballatoi che accerchiano la corte. Le dimensioni dell'edificio diminuiscono per ridurre sia le dispersioni sia i costi (Fig. 8).

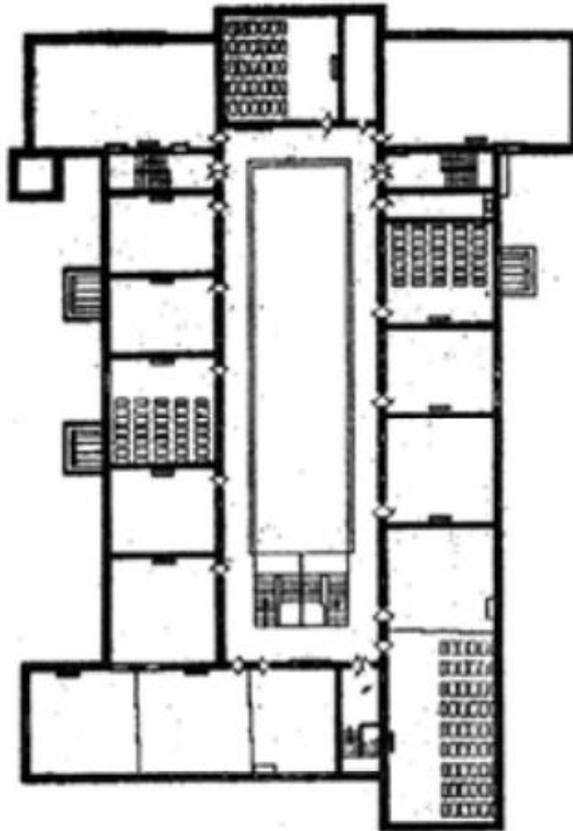


Fig. 8 - Esempio di una scuola con schema a blocco con vuoto interno. Fonte: Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995, pag. 41.

Scuola all'aperto o estensiva

SCUOLA ALL'APERTO	
Periodo di Nascita	Anni '60
Sviluppo in Altezza	1 piano
Rapporto con l'Esterno	elevato
Sviluppo Distributivo	lineare
Funzioni Corridoio	collegamento
Tipo di Lezione	lezioni frontali e in gruppi
Luogo di Svolgimento di Altre Attività	locali all'interno della scuola

Questa tipologia, nata durante gli anni sessanta, si basa su principi opposti a quelli precedentemente descritti poichè gli spazi si sviluppano verso l'esterno. Se da una parte permangono gli schemi dell'aula-corridoio e lo studio di una buona illuminazione dall'altra la percezione ambientale e le nuove prospettive della didattica formano il moderno nucleo da cui tutto il sistema si genera. L'edificio risulta così maggiormente vetrato, ad un unico piano ed immerso nel verde. Un ulteriore aspetto innovativo consiste nel considerare come la diversità degli spazi muta in base all'età degli alunni e alle funzioni svolte. Da ciò ne consegue una continua crescita della struttura attraverso una ripetizione progressiva di nuclei base secondo le esigenze pedagogiche e demografiche. La planimetria che ha uno sviluppo lineare, può essere a croce o a pettine. In entrambi i casi è stato ripreso il modello delle unità funzionali. Nel primo esempio da un corpo centrale si estendono delle maniche indipendenti che si relazionano le une con le altre mediante gli spazi esterni (Fig. 9) mentre nel secondo c'è un corpo principale lineare da cui dipartono altri corpi in cui sono inseriti i servizi.

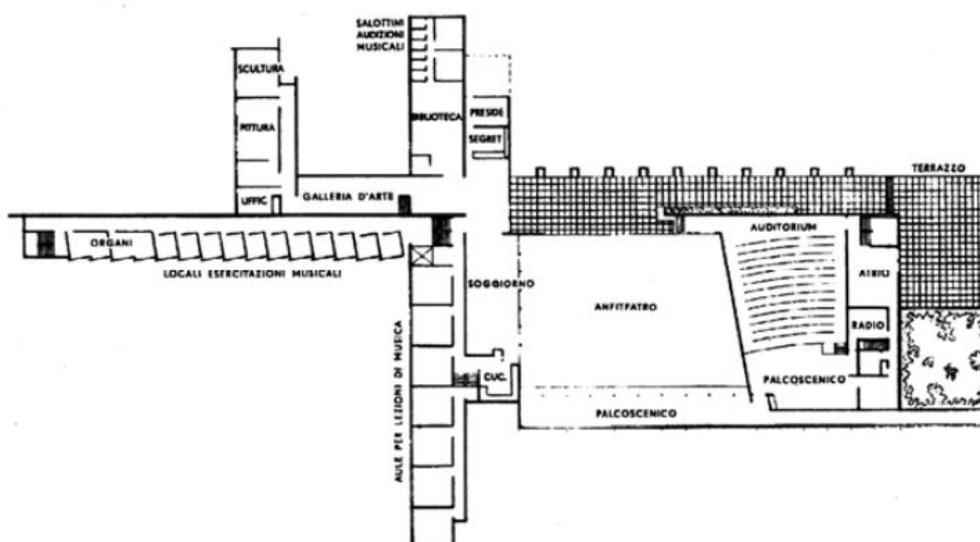


Fig. 9 - Esempio di una scuola con schema a croce. Marville Collage ad Tennessee (USA) di Schweiker & Elting. Fonte: Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995, pag. 45.

Vi è un ulteriore sviluppo tipologico denominato schema a padiglioni. Il principio base è la ripetizione non in serie di un blocco base, avente funzione di aula, il tutto amalgamato da uno spazio centrale che accoglie le attività aggregative (Fig. 10). Con questa formazione le lezioni possono essere fatte anche all'aperto inoltre l'esterno diventa un'estensione dell'interno¹⁵.

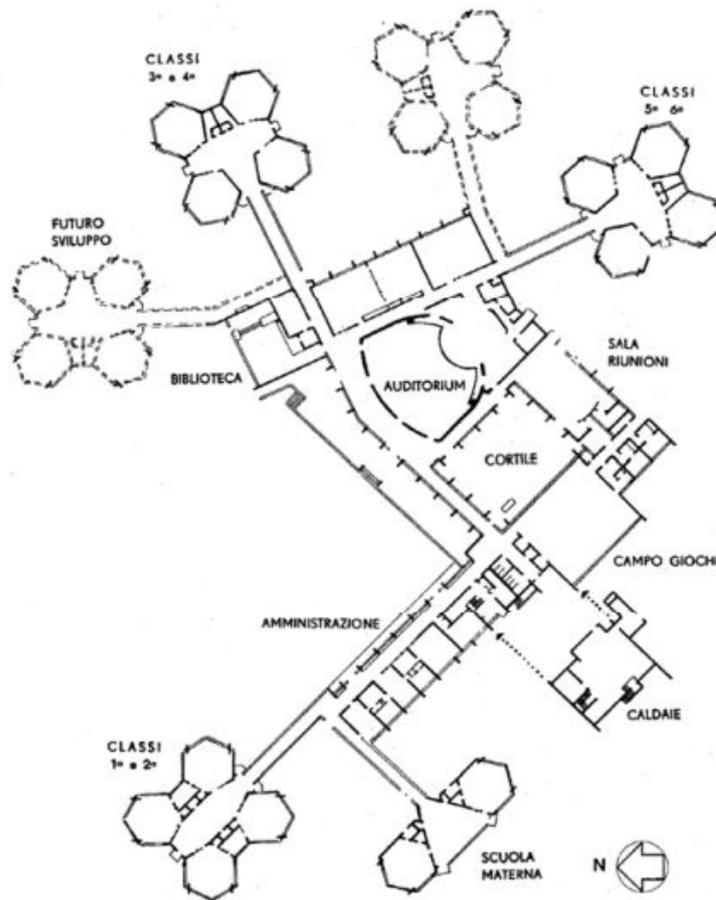


Fig. 10 - Esempio di una scuola con schema a padiglioni. Scuola Heathcote ad Scarsdale (NY) di Perkins & Will (1954). Fonte: Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995, pag. 49.

¹⁵ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, Dei, 2014; Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma, Bulzoni, 1975; Thomas Hille R., *Modern Schools: a century of design for education*, Hoboken, Wiley, 2011.

Scuola a piastra

SCUOLA A PIASTRA	
Periodo di Nascita	Anni '60 e '70
Sviluppo in Altezza	1/2 piani
Rapporto con l'Esterno	elevato
Sviluppo Distributivo	compatto
Funzioni Corridoio	collegamento
Tipo di Lezione	lezioni frontali, di gruppo e individuali
Luogo di Svolgimento di Altre Attività	locali all'interno della scuola

È nato tra gli anni sessanta e settanta e riprende sia l'impianto volumetrico delle scuole a blocco sia l'estensione planimetrica della scuola estesa. La morfologia dell'edificio è compatta mentre le aule si possono sviluppare o in accostamenti con corridoi o mediante l'accorpamento di unità funzionali dove i passaggi diventano il fulcro principale. Generalmente la tipologia a piastra si sviluppa fino ad un massimo di due piani fuori terra per cui è molto estesa sul territorio e ha una relazione verso l'esterno. Al suo interno sono collocate tutte le attività richieste nel mondo scolastico. Per migliorare l'illuminazione all'interno, il modello si è modificato inserendo dei "vuoti" all'interno che fungono da cortili interni¹⁶ (Fig. 11).

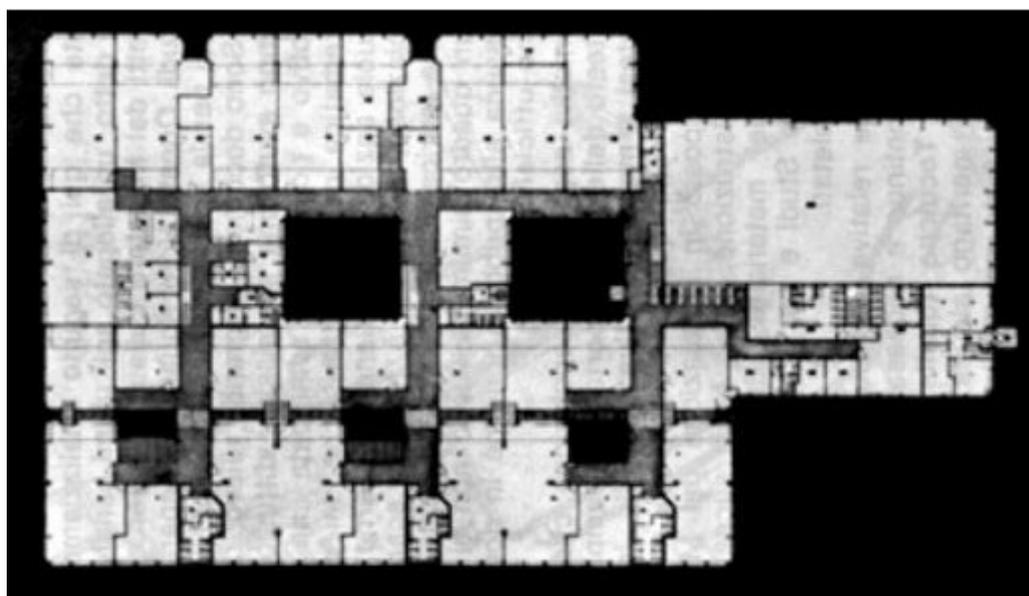


Fig. 11 - Esempio di una scuola con schema distributivo a unità funzionali. Progetto per un istituto tecnico per geometri di Pellegrin L. (1972). Fonte: Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1985*, Roma, Bulzoni, 1985, pag. 131.

¹⁶ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, Dei, 2014; Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma, Bulzoni, 1975.

Open Plan

OPEN PLAN	
Periodo di Nascita	Anni '60 e '70
Sviluppo in Altezza	2 piani
Rapporto con l'Esterno	nessuno
Sviluppo Distributivo	compatto
Funzioni Corridoio	nessuna
Tipo di Lezione	lezioni frontali, di gruppo e individuali
Luogo di Svolgimento di Altre Attività	locali all'interno della scuola

Viene sviluppata durante gli anni sessanta e settanta e anche in questo caso la tipologia è l'unione di aule accostate e unità funzionali. L'edificio ha uno sviluppo compatto su due piani. L'elemento innovativo è definito con l'eliminazione del corridoio per recuperare maggior spazio riducendo i costi. Inoltre non ci sono dei luoghi rigidi perchè le separazioni avvengono mediante pareti mobili e leggere e ogni luogo prende la funzione in base all'attività scelta in quel preciso momento. È l'estremizzazione della flessibilità perchè il fabbricato si adatta a molte attività e può mutare sia nello spazio che nel tempo¹⁷ (Fig. 12).

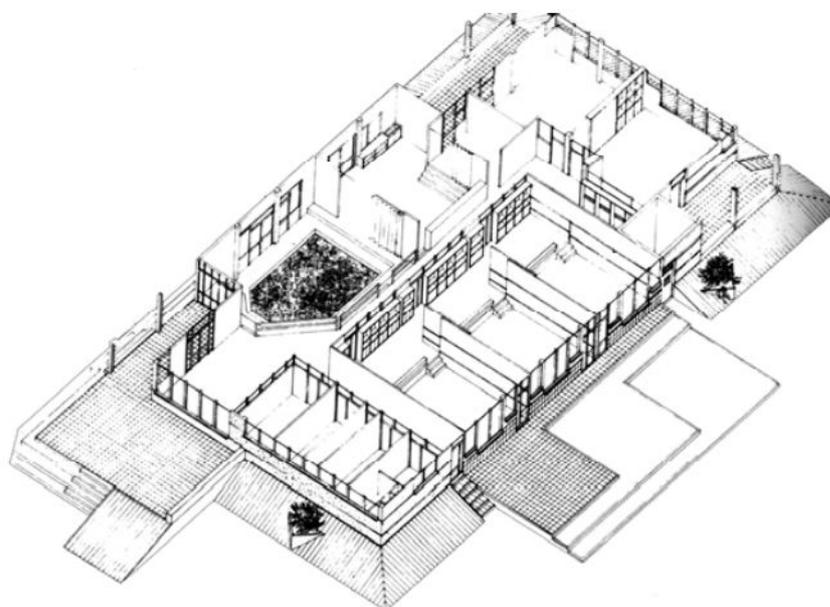


Fig. 12 - Esempio di una scuola con schema *open plan*. Scuola elementare a Rende (Cosenza) di Leschiutta F.E. (1974). Fonte: Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1985*, Roma, Bulzoni, 1985, pag. 158.

¹⁷ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, Dei, 2014; Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma, Bulzoni, 1975.

Scuola - strada

SCUOLA - STRADA	
Periodo di Nascita	Anni '70
Sviluppo in Altezza	2 piani
Rapporto con l'Esterno	nessuno
Sviluppo Distributivo	lineare
Funzioni Corridoio	collegamento, spazio pubblico
Tipo di Lezione	lezioni frontali, di gruppo e individuali
Luogo di Svolgimento di Altre Attività	locali all'interno della scuola

Gli edifici di questa tipologia, nati tra gli anni sessanta e settanta, sono molto articolati nelle forme e riprendono i principi del tipo a pettine e dei blocchi con vuoti interni. Il fabbricato ha uno sviluppo lineare ed è percepito come una città in cui le aule, luogo in cui sono svolte tutte le attività scolastiche, sono considerate edifici ed il corridoio è la strada che li unisce avente la funzione di spazio pubblico e ricreativo¹⁸ (Fig. 13). L'intera struttura ha dunque un legame prettamente improntato all'interno dell'edificio stesso.

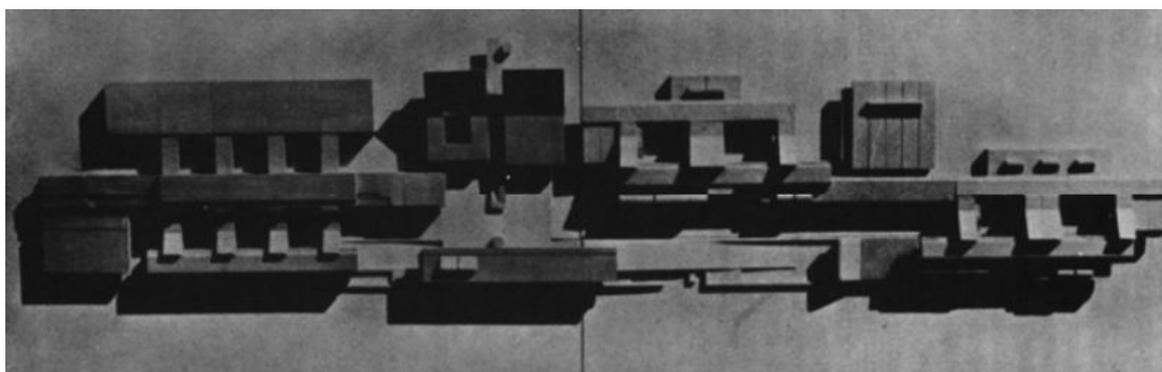


Fig. 13 - Esempio di una scuola con schema scuola-strada. Plastico per il concorso dell'edificio scolastico di San Salvi a Firenze di Marcaccini P., Mugnai M., Zetti G. (1973). Fonte: Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1985*, Roma, Bulzoni, 1985, pag. 215.

Come si è potuto notare durante il corso degli anni si sono andate a delineare delle tipologie costruttive che ciascun architetto può scegliere in base alle varie esigenze scolastiche seguendo le varie linee guida che ogni categoria possiede.

¹⁸ Cfr. Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995; Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, Dei, 2014; Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma, Bulzoni, 1975.

3. Normativa sulla certificazione energetica

Per individuare gli elementi di criticità del patrimonio scolastico in Italia il capitolo seguente descrive il modo in cui la certificazione energetica è stata trattata secondo la normativa europea, nazionale e regionale nel corso della storia.

3.1. Normativa Europea

La sempre maggiore consapevolezza che l'uso di risorse energetiche non rinnovabili costituisca un doppio danno per il sistema Terra ha indotto i governi facenti parte dell'Unione Europea a promulgare alcune direttive sulla certificazione energetica degli edifici per informare la popolazione e incoraggiare interventi di miglioramento dei fabbricati riducendo i costi di esercizio e tutelando l'ambiente.

In Europa nel 2000 era stato valutato che il 40% dei consumi globali finali di energia provenisse dagli edifici residenziali e terziari.

Con la EPBD (Energy Performance of Building Directive **2002/91/CE** ¹⁹) veniva posto l'obiettivo di diminuire del 22% i consumi energetici nella comunità europea entro il 2010 riducendo le emissioni di CO₂ in atmosfera. Allo scopo sono state proposte delle linee guida progettuali che tenevano conto sia delle condizioni climatiche locali che del comfort degli utenti. Inoltre gli edifici di nuova costruzione e quelli soggetti a ristrutturazioni importanti dovevano raggiungere dei "valori minimi di rendimento energetico". Si poteva anche richiedere l'Attestato di Certificazione Energetica²⁰ che permetteva di stabilire l'attuale prestazione con eventuali indicazioni sui miglioramenti da apportare alla qualità dello stabile.

Un ulteriore passo in avanti è stato effettuato con la Direttiva **2010/31/UE** ²¹ che trattava dei danni all'ambiente provocati dall'uso indiscriminato delle fonti energetiche non rinnovabili. Allo scopo è stata proposta, entro il 2020 la riduzione del 20% dell'uso di fonti non rinnovabili per la produzione di energia, e ciò dovrebbe produrre una riduzione del 20% dell'emissione di CO₂ in atmosfera. Con il Piano di Azione per l'Efficienza Energetica sono state definite delle priorità e descritti i vantaggi del risparmio energetico per i costi di gestione degli immobili.

¹⁹ Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 Dicembre 2002 sul rendimento energetico.

²⁰ L' Attestato di Certificazione Energetica, divenuto indicatore dei possibili costi di gestione, è entrato a far parte dei criteri di valorizzazione monetaria dell'immobile.

²¹ Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 Maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia.

In sintesi l'obiettivo della nuova Direttiva era di migliorare l'efficienza energetica degli edifici attraverso una metodologia di calcolo riguardante:

- la posizione geografica e territoriale dell'immobile;
- le condizioni climatiche del sito differenziando da nazione a nazione e da regione a regione;
- la destinazione d'uso dell'edificio, con la definizione di "requisiti minimi";
- le caratteristiche strutturali dei materiali da utilizzare per la costruzione;
- l'ottimizzazione della progettazione degli impianti e della loro integrazione con fonti energetiche rinnovabili e, per la prima volta, particolare attenzione è stata posta alle caratteristiche degli infissi esterni.

L'osservazione puntuale delle raccomandazioni avrebbe portato a:

- ottenere un notevole risparmio energetico;
- un maggior uso delle fonti energetiche rinnovabili;
- un maggior rispetto per l'ambiente;
- una migliore valorizzazione economica dell'immobile.

Ovviamente queste misure sarebbero da adottare sia per edifici di nuova costruzione che edifici da riqualificare.

Successivamente è stata emanata una nuova Direttiva: **(2012/27/UE)**²² che ribadisce la necessità di migliorare l'efficienza energetica degli immobili, ottenendo un risparmio del 20% sui consumi di energia.

²² Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 Ottobre 2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

3.2. Normativa Nazionale Italiana

Il governo italiano già nel 1976, a seguito della crisi petrolifera, aveva preso in esame il problema del risparmio energetico, emanando una Legge (**373/76**²³) che sollecitava alla modifica dei valori dell'isolamento termico degli immobili con il fine di limitarne le dispersioni. Purtroppo la mancata considerazione del "sistema impianto-edificio" poteva determinare che un fabbricato a norma potesse avere un impianto inadeguato. Con la Legge **10/1991**²⁴ il problema venne superato in quanto la progettazione e la gestione di edificio-impianto venne considerata come un sistema. L'attenzione dei legislatori si concentrò sull'isolamento termico di ogni parte dell'edificio al fine di ridurre i costi di gestione e conseguentemente l'inquinamento.

Con il Decreto di attuazione n. **412/1993**²⁵ vennero precisate alcune indicazioni:

- i territori nazionali, riferendosi all'escursione termica, vennero divisi in sei zone (a-f);
- gli edifici vennero classificati in base alla destinazione d'uso in 8 categorie con relative sottocategorie;
- molta attenzione venne posta alla progettazione energetica.

In osservanza della Direttiva Europea 2002/91/CE fu emanato il D.L. n. **192/2005**²⁶ con lo scopo di migliorare il rendimento energetico degli edifici utilizzando fonti rinnovabili per limitare l'effetto serra riducendo l'emissione di gas. Vennero quindi indicati i sistemi di calcolo delle prestazioni energetiche, i requisiti minimi da rispettare, i criteri per la certificazione energetica degli edifici, le linee guida per la manutenzione, le informazioni per gli utenti.

Successivamente è stato emanato il D. L. **28/2011**²⁷ che descriveva il modo in cui le fonti rinnovabili soddisfavano i consumi di riscaldamento, raffrescamento ed elettricità secondo determinati principi minimi resi obbligatori dal 2012. Le fonti rinnovabili avrebbero dovuto produrre il 17% del consumo lordo di energia e il 10% del consumo nel settore dei trasporti entro il 2020. Erano anche sanciti degli obblighi per indicare le prestazioni energetiche e la certificazione degli edifici.

²³ Legge ordinaria del Parlamento n. 373/76 - Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale Italiana n. 148 del 7 Giugno 1976.

²⁴ Legge 9 Gennaio 1991 n.10 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia pubblicata sul S.O. n. 6 alla Gazzetta Ufficiale n. 13 del 16 Gennaio 1991.

²⁵ Decreto del Presidente della Repubblica 26 Agosto 1993 n. 412 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della Legge 9 Gennaio 1991 n.10.

²⁶ Decreto Legislativo 19 Agosto 2005 n. 192 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 222 il 23 Settembre 2005.

²⁷ Decreto Legislativo 3 Marzo 2011 n. 28 - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 71 il 28 Marzo 2011.

L'Italia però non ha messo in pratica nessuna direttiva precedente rischiando il deferimento alla Corte di giustizia europea poichè non rispettava i valori massimi di emissione di PM10 e non aveva generato una politica incentrata sul miglioramento della qualità dell'aria.

Il D.L. **63/2013**²⁸ riportava l'Italia ad attuare delle strategie consone con quelle europee e verso la realizzazione di edifici ad energia quasi nulla. L'Attestato di Certificazione Energetica era stato redatto in maniera più corposa per migliorare le prestazioni energetiche. Veniva impostata come data ultima il 31 dicembre 2018 per il rispetto di determinati canoni per gli edifici di proprietà pubblica, scuole comprese, che avrebbero dovuto conformarsi alla Direttiva Europea 2012/27/UE. Entro il 2021 l'obbligo dovrebbe essere esteso anche agli edifici privati.

La Legge **90/2013**²⁹ ha rammentato l'urgenza del rispetto della Direttiva 2010/31/UE. Si iniziava a trattare gli interventi relativi alla consolidazione antisismica negli edifici delle zone più a rischio.

Nel 2015 l'Italia ha rischiato nuovamente di essere deferita a causa del superamento delle emissioni di biossido di azoto. È stata anche accusata di avere stabilito delle strategie con tempistiche troppo lunghe per migliorare il problema dell'inquinamento e condannata perchè non aveva ancora gestito l'incognita dei rifiuti radioattivi.

²⁸ Decreto Legislativo 3 Agosto 2013 n. 90 - Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 4 Giugno 2013 n. 63 - Disposizioni urgenti per il recepimento della direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 Maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 181 il 3 Agosto 2013.

²⁹ Legge 3 Agosto 2013 n. 90 - Conversione con modificazioni, del decreto-legge 4 Giugno 2013 n. 63 - Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 Maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 181 del 3 Agosto 2013.

3.3. Normativa Regionale

Il Piemonte segue le strategie delle Comunità Europea che programma di ridurre del 20% i consumi energetici, le emissioni di CO₂ e produrre un quantitativo equivalente al 20% di energia pulita, proveniente da fonti rinnovabili. Per raggiungere questi obiettivi, attraverso un bando del 2017, la Regione ha stanziato 76 milioni di euro per interventi miranti a migliorare l'efficienza energetica degli edifici pubblici.

La L. R. n. **23 del 2002**³⁰ determinò la stesura di un Piano Energetico Ambientale che aveva come obiettivo la riduzione sia dei consumi energetici sia delle emissioni dei gas serra in atmosfera. Questo piano era una documentazione che descriveva delle apposite strategie per possibili interventi.

La L. R. **13/2007**³¹ del 28 maggio 2007 fu emanata dopo l'attuazione della direttiva europea 2002/91/CE con lo scopo di favorire l'uso di fonti alternative migliorando le prestazioni energetiche degli edifici. Assieme ai decreti n. **43-11965**, n. **45-11967** e n. **46-11968**, la norma obbligò l'utilizzo della certificazione energetica dal 2009 con lo scopo di informare l'utente.

Attualmente per la legge le prestazioni energetiche del patrimonio scolastico sono trattate in modo analogo a tutti gli altri fabbricati pubblici. Per un intervento di nuova costruzione o riqualificazione si deve far riferimento ai valori stabiliti nel **D.M. 26/06/2015**³², che tratta dei requisiti minimi energetici degli edifici. Il problema è che non esiste tuttora alcuna normativa con l'obbligo di intervenire sugli immobili maggiormente inquinanti.

³⁰ Legge Regionale 7 Ottobre 2002 n. 23 - Disposizioni in campo energetico. Procedure di formazione del piano regionale energetico-ambientale. Abrogazione delle leggi regionali 23 Marzo 1984 n. 19, 17 Luglio 1984 n. 31 e 28 Dicembre 1989 n°79.

³¹ Legge Regionale 28 Maggio 2007 n. 13 - Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia, pubblicata nel Bollettino Ufficiale il 31 Maggio 2007 n. 22.

³² Decreto del Ministero dello sviluppo economico 26 Giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici, pubblicato in S.O. n. 39 alla Gazzetta Ufficiale n. 162 il 15 Luglio 2015.

4. Perché costruire sostenibile?

4.1. Motivazioni

4.1.1. Situazione mondiale

La rivoluzione industriale a metà del XVIII secolo segnò l'utilizzo di macchinari che funzionavano con i combustibili fossili. Se da un lato ci fu un vero e proprio miglioramento economico dall'altro divenne sempre più evidente un progressivo impoverimento delle materie prime del suolo. A quest'ultima conseguenza non venne posta grande attenzione, così come all'effetto delle emissioni in atmosfera. Nel secolo scorso l'utilizzo di combustibili fossili era aumentato al tal punto che divenne evidente sia il prosciugamento delle materie prime che il danno ambientale. Oggi ci si rende conto, ed è scientificamente provato, che i mutamenti climatici a cui stiamo assistendo negli ultimi anni sono direttamente dipendenti dall'azione dell'uomo sul sistema Terra e che essi sono sempre più pericolosi per la vita stessa degli esseri viventi.

Dal 1987 si iniziò a parlare di sviluppo sostenibile, termine introdotto per la prima volta nel rapporto Brundtland³³. Con questo concetto si raccomandava uno sviluppo che non comprometteva la sopravvivenza e le risorse delle generazioni future. Infatti la Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED) denunciava il consumo delle risorse non rinnovabili e l'aumento del divario tra i paesi maggiormente sviluppati e quelli definiti "in via di sviluppo" e/o non sviluppati. Gli obiettivi del documento erano di promuovere la crescita perseguendo equità sociale grazie ad una giusta distribuzione delle risorse a disposizione mostrando una più accurata attenzione all'impatto ambientale per il futuro³⁴.

Per la prima volta il problema fu affrontato a livello globale, ma è soltanto negli ultimissimi anni che gli stati si stanno davvero mobilitando verso politiche sostenibili. Sono cresciuti sempre di più i consumi dell'energia con conseguente aumento delle emissioni di CO₂ e diminuzione delle risorse non rinnovabili. In Europa l'edilizia emette più del 35% di CO₂ e consuma il 40% di energia³⁵. È sempre più chiaro che ci si sta avvicinando ad un punto di non ritorno oltre il quale sarà molto difficile evitare scenari inimmaginabili, ma alcuni paesi e anche il sentir comune non percepiscono ancora il concetto che bisognerebbe ridurre al massimo il consumo di energia prodotta da fonti non rinnovabili. L'Unione Europea si mobilitò già dagli anni'90 per ridurre inquinamento di CO₂ ma, ancora dopo trent'anni, il problema persiste. Nel

³³ Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, *Il futuro di noi tutti*, Bompiani, Milano 1988.

³⁴ Cfr. Raiteri R. (a cura), Catrambone P., Franco G., Giachetta A., Magliocco A., Piccazzo C., Raiteri R., Serafino A. (testi di), *Trasformazioni dell'ambiente costruito: la diffusione della sostenibilità*, Roma, Gangemi Editore, 2003; Ave G. (a cura), *Sostenibilità ambientale e rigenerazione urbana: i programmi di riqualificazione urbana in Emilia Romagna*, Firenze, Alinea, 2003.

³⁵ Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 Maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia, punto 3_Introduzione.

1992 a Rio de Janeiro venne stipulata la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici. Fu un trattato ambientale con lo scopo di ridurre le emissioni dei gas serra per arrestare il riscaldamento globale tramite il rispetto dei valori limite³⁶. Successivamente questi argomenti vennero denominati Protocolli di Kyoto e furono approvati dal 1997. Da quel momento gli stati firmatari si incontrarono annualmente per definire azioni legalmente vincolanti per coloro che emettevano i gas serra. I protocolli stabilirono responsabili dell'effetto serra sei gas presenti nell'aria. Come obiettivo principale dei Protocolli fu decisa la riduzione tra il periodo 2008 e 2012 del 5,2% delle emissioni del 1990 per i paesi in via di sviluppo mentre avrebbero dovuto raggiungere l'8% i paesi più industrializzati. Qualora un paese non fosse riuscito a rispettare i limiti avrebbe potuto acquistare i crediti di emissione da altri Paesi oppure realizzare dei progetti di riduzione delle emissioni in altri Stati³⁷.

In Italia i Protocolli di Kyoto vennero applicati con la Legge del 1 Giugno 2002, n. 120 in cui veniva stabilito un Piano Nazionale per l'abbassamento delle emissioni prevedendone un calo tra il 2008 e il 2012 pari al 6,5% rispetto ai valori del 1990³⁸.

Nel 2009 la Conferenza delle Parti COP si riunì in Danimarca per fissare ulteriori obiettivi entro il 2020 proponendo una riduzione pari al 20%, ma questo accordo venne sostituito da un altro che definiva l'aumento medio delle temperature ad un massimo di 2°C ed uno stanziamento di fondi per i paesi in via di sviluppo di 30 miliardi di dollari tra 2010 e 2012, arrivando a 100 miliardi di dollari entro il 2020. La nota dolente fu la mancata emanazione di una legge che obbligasse al rispetto delle riduzioni. Nel 2013 ci fu un incontro a Varsavia in cui i Paesi in via di sviluppo si lamentarono dei fondi non rinvenuti e promessi nel 2009, ribadendo la necessità di questi ultimi per poter diminuire le emissioni. Anche in questo ritrovo non ci furono risultati positivi: si ottenne solamente la tutela delle foreste tropicali ed il rilascio di grandi investimenti. Nel 2015 a Parigi si era tenuta la COP 21 alla quale avevano partecipato 195 Paesi. Oltre ai soliti accordi per la riduzione delle emissioni, è stato concordato il valore limite di aumento della temperatura pari a 1,5°C. Per la prima volta India, Cina e Stati Uniti avevano accettato la diminuzione delle emissioni. Si era pianificato che i Paesi industrializzati avrebbero erogato dei soldi per permettere la diffusione delle tecnologie *green* aiutando i paesi più vulnerabili dal punto di vista geografico per supplire alle perdite causate dai mutamenti climatici. Le COP successive non hanno portato ad alcun miglioramento significativo. Tra il 3 e il 14 Dicembre 2018 si è svolta l'ultima conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici a Katowice, in Polonia. Le conclusioni sono state scarse e deludenti poichè

³⁶ Cfr. ISPRA, *Convenzione quadro sui cambiamenti climatici e protocollo di Kyoto*; Lucchi E., *Riqualficazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.

³⁷ *I paesi in via di sviluppo "Kyoto non negoziabile"*, La Repubblica, 10 Dicembre 2009.

³⁸ Legge 1 Giugno 2002 n.120 - Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici fatto a Kyoto l'11 Dicembre 1997, pubblicato sul S.O. n. 129 alla Gazzetta Ufficiale n. 142 del 19 Giugno 2002.

non sono state prese delle decisioni importanti verso ad un miglioramento, procrastinando nuovamente ogni provvedimento alle seguenti conferenze³⁹.

La figura n. 14 mostra come la temperatura della Terra si sia elevata nel corso dell'ultimo secolo. Soffermandosi sulla quarta immagine si nota la gravità della situazione: infatti in alcune aree del Pianeta l'aumento della temperatura raggiunge i 4°C⁴⁰. Le conseguenze sono evidenti: innalzamento del livello del mare, riduzione dei ghiacciai e presenza sempre più intensa di eventi catastrofici. Gli esseri umani sono i responsabili e devono intervenire il prima possibile attraverso politiche più incentrate alla sostenibilità per il bene di ogni essere vivente e per gli habitat.

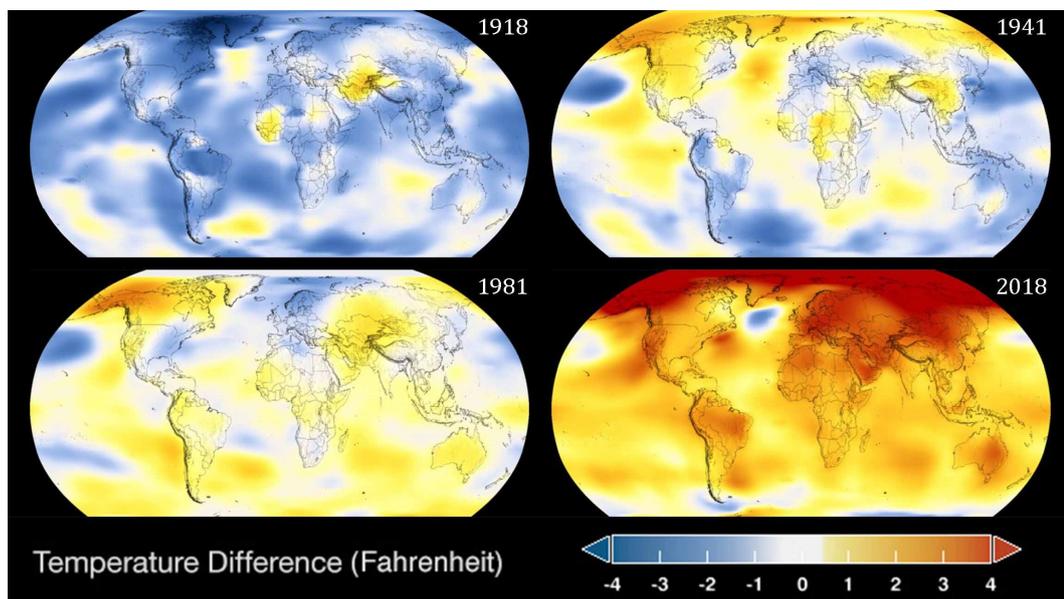


Fig. 14 - Aumento della temperatura nel corso degli anni. Fonte: NASA

³⁹ <https://www.lifegate.it/persone/news/la-storia-delle-conferenze-sul-clima>, consultato il 28/02/2019.

⁴⁰ <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>, consultato il 28/02/2019.

Negli ultimissimi anni si sente in maniera più frequente l'**Earth Overshoot Day**, letteralmente "il giorno in cui la Terra oltrepassa il limite". Ogni anno il Global footprint network pubblica la data in cui le risorse annuali della Terra esauriscono. Dal 1971 l'**Earth Overshoot Day** iniziò a precedere l'ultimo giorno dell'anno e con il passare degli anni sta regredendo sempre più a causa di un sovraccarico uso di risorse (Fig. 15). Ad esempio nel 2018 è caduto il 2 agosto. Oggi l'umanità sfrutta quasi il doppio delle risorse della Terra rispetto a quanto essa ci impiega a riequilibrare gli ecosistemi, in altre parole servirebbero quasi due Pianeti per soddisfare le necessità umane. La situazione cambia da Paese a Paese: in Italia nel 2018 il giorno è caduto il 24 Maggio, ma ci sono Stati che producono in maniera ancora peggiore raggiungendo la data addirittura il 9 Febbraio per il Qatar e il 19 per il Lussemburgo. Lo stato meno inquinante è il Vietnam che oltrepassa il giorno delle risorse terrestri il 21 Dicembre⁴¹ (Fig. 16).

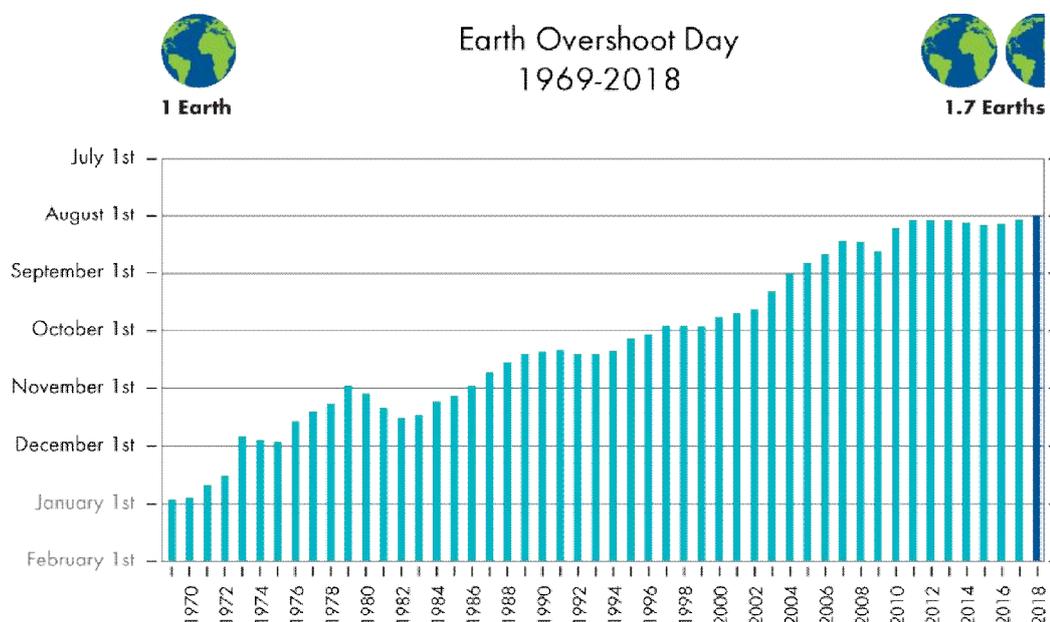


Fig. 15 - Andamento Earth Overshoot Day dal 1969 al 2018. Fonte: Global Footprint Network

⁴¹ Cfr. Riva A., *Le risorse della Terra per il 2015 sono finite*, Il Giornale, 14 Agosto 2015, pp. 13; Giovannini R., *Orlando: Rifiuti spreco alimentare e suolo le priorità*, La Stampa, 21 Agosto 2013, pp. 13.

Country Overshoot Days 2018

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...

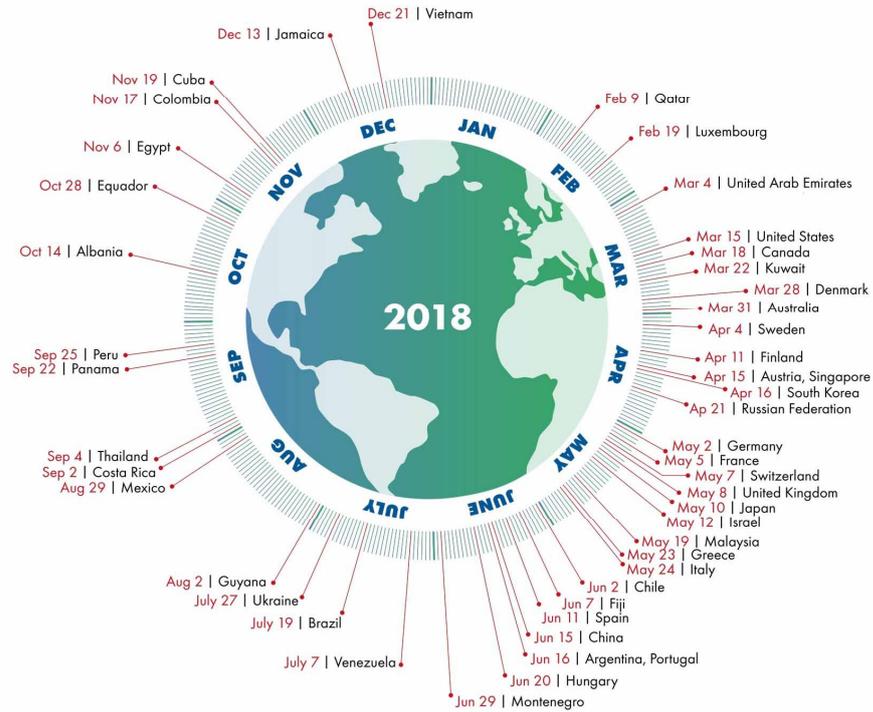


Fig. 16 - Scadenza Earth Overshoot Day per gli Stati nel 2018. Fonte: Global Footprint Network

Il grafico mostra quanti pianeti Terra servirebbero se ogni Nazione consumasse come un particolare Stato (Fig. 17). Ad esempio se ogni Paese utilizzasse le stesse risorse come gli U.S.A. dovrebbero esistere cinque Terre per soddisfare i bisogni e ristabilire gli equilibri. Attualmente gli abitanti consumano le risorse di quasi due pianeti Terra.

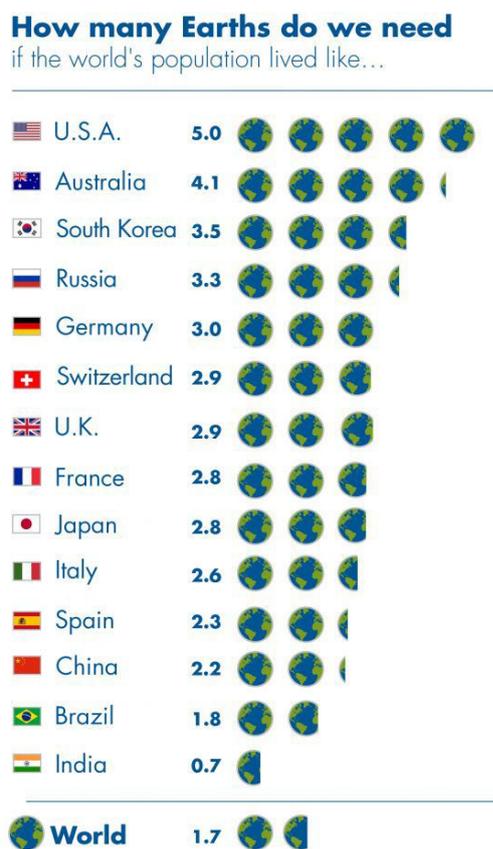


Fig. 17 - Numero di Terre necessarie per rispondere ai consumi di alcuni Stati nel 2018. Fonte: Global Footprint Network

Le conseguenze delle azioni umane si notano ogni giorno: cambiamenti climatici drastici come siccità, accumulo di anidride carbonica, estinzioni di alcuni ecosistemi. È giunto il momento di agire prima che sia troppo tardi.

4.1.2. Situazione italiana

Ogni anno l'ENEA pubblica il Rapporto sull'efficienza energetica per avere un quadro generale sull'utilizzo dell'energia. Nel 2018 sono stati messi a confronto i dati tra 1990 e 2016. Come si evince dal grafico (Fig. 18) gli usi civili sono i maggiori consumatori di energia con ben 39,4%, seguiti dai trasporti con 32%. Entrambi hanno subito una crescita rispetto al 1990 quando le percentuali valevano 29. Il settore dell'industria invece ha abbassato i valori passando da un consumo del 30% ad un valore pari al 21%. Da questi dati risulta doveroso intervenire sugli immobili per migliorare le prestazioni energetiche diminuendo il fabbisogno energetico⁴².

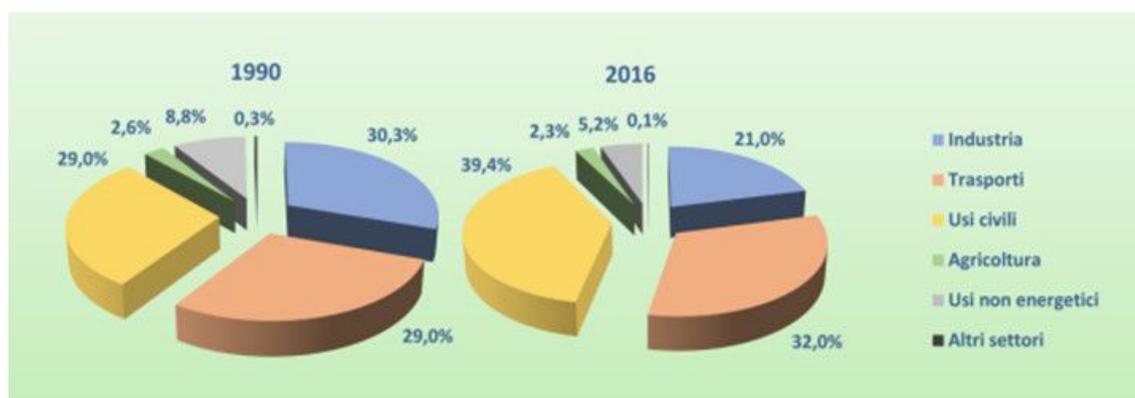


Fig. 18 - Confronto di consumo energetico nei vari settori tra 1990 e 2016. Fonte: ENEA

L'Unione Europea ha stabilito delle strategie volte alla sostenibilità tra cui vi è quella denominata 20-20-20. Gli obiettivi sono ridurre le emissioni del 20%, aumentare del 20% la quantità di energia generata dalle fonti rinnovabili e arrivare ad un risparmio energetico del 20% entro il 2020. È stabilito che "entro il 31 dicembre 2018 tutti gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero"⁴³. Si stima anche una possibile riduzione del 90% entro il 2050 qualora i termini venissero rispettati.

Ogni edificio consuma energia durante tutto il suo ciclo di vita a causa del riscaldamento, del raffrescamento dei locali, dell'uso di elettrodomestici e di apparecchi luminosi. Come si nota dal grafico (Fig. 19) il gas naturale ed il petrolio sono le energie maggiormente utilizzate. Esse, essendo fonti esauribili, determinano un costo elevato per l'estrazione, senza contare l'effetto della loro lavorazione⁴⁴.

⁴² Cfr. ISPRA, *Emissioni nazionali di gas serra - Fattori determinanti e confronto con i Paesi Europei*, 2015; *Inquinamento industriale*, Greenpeace Campagna inquinamento; <https://www.greenpeace.org/italy/tag/inquinamento/>, consultato il 06/12/2018; Civiero P. (et al.), *Tecnologie per la riqualificazione: soluzione e strategie per la trasformazione intelligente del comparto abitativo esistente*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2017; *Sostenibilità CasaClima: protocolli e realizzazioni*, Torino, Utet Scienze tecniche, 2014.

⁴³ Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 Maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia, art. 9.

⁴⁴ <http://www.energiaenergetica.enea.it>, consultato il 06/12/2018.

Sarebbe opportuno intervenire sull'involucro edilizio per ridurre il loro impiego perchè i riscontri sarebbero positivi: da un lato si ridurrebbero le emissioni e dall'altro diminuirebbero i costi delle bollette ricavando delle soluzioni positive per l'ambiente e per gli utenti. Ulteriore risparmio si avrebbe sfruttando le fonti rinnovabili e gli impianti a ridotto consumo energetico.



Fig. 19 - Confronto di consumo fonti energetiche tra 1990 e 2016. Fonte: ENEA

La riqualificazione energetica è una strategia basata sull'intervento di un edificio migliorandone le prestazioni, ad esempio attraverso l'eliminazione dei ponti termici che portano alla formazione di condense e muffe⁴⁵. Inoltre con la legge di bilancio 2019, denominata Ecobonus 2019, si può chiedere una detrazione all'IRPEF o IRES tramite una documentazione che comprende l'Attestato di Prestazione Energetica (APE), una certificazione redatta da un tecnico abilitato che accerta i requisiti per la riqualificazione.

La detrazione (*Fig. 20*) è pari a 50 % per acquisto e posa di:

- infissi;
- schermature solari;
- caldaie a biomassa;
- caldaie a condensazione purchè di classe A.

per un valore massimo di 30.000 euro, mentre la detrazione è pari al 65% per acquisto e posa di:

- interventi di isolamento per la parte di involucro opaco;
- caldaie a condensazione di classe A con integrato sistema termoregolazione di classe V, VI o VIII;
- pompe di calore;
- pannelli solari per produzione di acqua calda;
- interventi di isolamento per la parte di involucro opaco;
- generatori ibridi costituiti da una pompa di calore integrata con caldaia;
- generatori d'aria a condensazione;
- micro-cogeneratori;

⁴⁵ Lucchi E., *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.

per un valore massimo di 100.000 euro. Inoltre per le schermature solari il valore massimo raggiunge i 60.000 euro⁴⁶.

INTERVENTI AMMESSI	ALIQUOTA DETRAZIONE
SERRAMENTI E INFISSI	50%
SCHERMATURE SOLARI	
CALDAIE A BIOMASSA	
CALDAIE CONDENSAZIONE Classe A	
RIQUALIFICAZIONE GLOBALE DELL'EDIFICIO	65%
CALDAIE CONDENSAZIONE Classe A + sistema termoregolazione evoluto	
GENERATORI DI ARIA CALDA A CONDENSAZIONE	
POMPE DI CALORE	
SCALDACQUA A PDC	
COIBENTAZIONE INVOLUCRO	
COLLETTORI SOLARI	
GENERATORI IBRIDI	
SISTEMI BUILDING AUTOMATION	
MICROGENERATORI	

Fig. 20 - Tabella riassuntiva sugli interventi incentivabili tramite Ecobonus.

Un corretto efficientamento energetico avviene qualora l'edificio viene analizzato come un sistema, considerando sia l'involucro sia gli impianti. Questo porta ad avere vantaggi: risparmio a livello economico, aumento del valore del patrimonio, riduzione delle emissioni di CO₂ e miglioramento del comfort degli utenti.

Situazione scolastica da un punto di vista della riqualificazione energetica

Il patrimonio edilizio italiano è molto antico infatti più del 89% degli edifici sono stati costruiti prima della Legge 10/91 che stabiliva dei limiti di trasmittanza decisamente superiori rispetto a quelli odierni. Il Rapporto Ecosistema 2018 denuncia che più del 60% degli edifici scolastici è stato realizzato prima della normativa del 1974⁴⁷, evidenziando come il 67% del totale è stato realizzato con strutture miste in calcestruzzo armato e muratura, il 15% in muratura portante con pietra e mattoni e il 14% con muratura portante in laterizio⁴⁸.

⁴⁶ Legge 30 Dicembre 2018 n.145 - Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2019 e bilancio pluriennale per il triennio 2019-2021, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 302 del 31 Dicembre 2018.

⁴⁷ https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/ecosistema_scuola_2018.pdf, consultato il 25/10/2018.

⁴⁸ Iovino R., Fascia F., Lignola G. P., *Edilizia scolastica: riqualificazione funzionale ed energetica: messa in sicurezza, adeguamento antisismico*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.

Antonello Gianelli, presidente dell'Associazione nazionale presidi, afferma in un'intervista rilasciata al quotidiano Repubblica il 10 Gennaio 2019 che nelle scuole in media avvengono 44 crolli nell'arco dell'anno, sottolineando che un complesso su quattro subisce manutenzioni inadeguate. Vi sono ancora moltissimi edifici privi del certificato di agibilità statica e del certificato di prevenzione incendi. I dirigenti dichiarano di dover richiedere interventi annuali per i controlli pagando somme ingenti senza riuscire ad intervenire in maniera più diretta sull'architettura. La manutenzione straordinaria e ordinaria è una procedura che dovrebbe essere effettuata sempre e comunque perchè ogni edificio deve essere sicuro. Rimandare gli interventi oltre a diventare un possibile pericolo per gli utenti, richiede un aumento dei costi di anno in anno.

L'esame dei dati sull'efficienza energetica e uso di fonti rinnovabili redatto da Legambiente nel 2018 rivela dati allarmanti: più del 45% delle scuole è classificato in classe energetica G⁴⁹, quella più bassa e maggiormente energivora e solo il 18% dei complessi sfrutta le fonti sostenibili.

Le scuole sono un luogo di formazione e gli edifici che accolgono questa funzione dovrebbero fare altrettanto: educare le generazioni future al rispetto dell'ambiente, ma non solo, perchè la scuola dovrebbe essere aperta sempre più alla comunità quindi questo discorso dovrebbe essere ampliato anche a genitori e professori.

Il Piemonte dal 2018 si sta mobilitando verso progetti che rinnovano gli edifici scolastici tramite la Compagnia di San Paolo e la Fondazione Giovanni Agnelli che collaborano con la Città di Torino e la Fondazione per la Scuola. Questo progetto prende il nome di "Torino fa Scuola⁵⁰" e coinvolge due scuole medie: Pascoli e Fermi, entrambe posizionate nel capoluogo Piemontese. L'obiettivo è realizzare due scuole con nuovi spazi innovativi sia per la parte pedagogica che architettonica. I materiali scelti sono all'avanguardia e permettono di realizzare degli spazi flessibili. Gli studenti si troveranno ad operare in luoghi che esaltano la creatività. Infine per una parte di struttura sarà prevista l'apertura al pubblico rendendo la scuola un luogo della città.

Dai dati allarmanti che si sono analizzati ne consegue che è doverosa, se non obbligatoria una riqualificazione sugli edifici maggiormente energivori. I maggiori fattori positivi sono un netto risparmio energetico sui costi dell'immobile ed un miglioramento ambientale, vitale per la salute di ciascun essere vivente.

⁴⁹ https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/ecosistema_scuola_2018.pdf, consultato il 25/01/2019.

⁵⁰ <http://www.torinofascuola.it/>, consultato il 28/02/2019.

4.2. Le varie strategie

Segue una rassegna di strategie da attuare per avere interventi poco invasivi, ma soprattutto economici e sostenibili. In questa tesi sono stati messi in evidenza solo queste tecnologie poichè sono quelle utilizzate nel progetto. Si ricorda che il mercato offre altre possibilità.

4.2.1. Costruire a secco

Negli ultimi anni l'edilizia italiana si sta orientando verso interventi che riguardano la riqualificazione piuttosto che quelli di nuova costruzione a causa sia della crisi edilizia sia della preservazione del territorio e del patrimonio esistente. Ogni intervento è costoso ma ne consegue un aumento del valore immobiliare e un risparmio energetico. Scegliere i sistemi costruttivi a secco⁵¹ (Fig. 21) sia per interventi ex novo che di riqualificazione comporta molti vantaggi tra cui:

- è un metodo alternativo alla costruzione tradizionale;
- le strutture sono leggere e possono essere facilmente montate o smontate per poter essere riutilizzate rendendo il sistema ecosostenibile;
- le scelte progettuali avvengono durante le fasi precedenti a quelle costruttive velocizzando la realizzazione;
- utilizzo di materiali prefabbricati con conseguente diminuzione di errori nel cantiere;
- velocità e facilità della posa in cantiere;
- i montaggi avvengono attraverso giunzioni meccaniche come viti, bulloni, rivetti, ecc, senza l'uso dell'acqua, risorsa fondamentale, come accade nei sistemi di costruzione umidi;
- riduzione dei costi e dei tempi di costruzione;
- elevato risparmio energetico;
- riduzione emissioni di CO₂;
- minor consumo di risorse naturali;
- miglior comfort termico ed acustico;
- prestazioni sismiche elevate;
- utilizzo di materiali aventi grande durabilità;
- utilizzo di lastre o pannelli fissati a orditure metalliche;
- la struttura portante permette una massima flessibilità per i vari spazi;
- minor impatto ambientale.

⁵¹ Cfr. De Martino P., (in collaborazione) Imperadori M., Antinori M., Ruscica G., *I pannelli coibentati in acciaio nella progettazione e realizzazione di strutture e involucro: secondo gli Eurocodici e le norme tecniche*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2013; Benedetti C., *Costruire in legno: edifici a basso consumo energetico*, Bozen, Bolzano University Press, 2009; Gorgone J. G., Messina G., Russo F., *Progettare e riqualificare le pareti per l'efficienza energetica: chiusure verticali opache e trasparenti*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015.



Fig. 21 - Rappresentazione grafica di un edificio costruito a secco. Fonte: promozioneacciaio.it

4.2.2. Isolamento dell'edificio

I maggiori consumi di energia e dei costi negli immobili sono determinati dal riscaldamento e raffreddamento. Un corretto isolamento dell'involucro determina prestazioni migliori negli edifici con conseguente risparmio sulle bollette, aumento del confort termico ed acustico per l'utente e riduzione di emissioni di CO₂. L'involucro edilizio è formato da parti opache e trasparenti che richiedono diversi tipi di intervento. Nel primo caso sono da suddividere le pareti dalle coperture. Per le prime vi sono tre possibili scelte di isolamento: interno, in intercapedine o esterno. Con l'isolamento interno il materiale è applicato sullo strato caldo della parete. I vantaggi che si riscontrano sono una facilità di posa e un raggiungimento rapido della temperatura richiesta, allo stesso modo però viene ridotta la superficie interna dei locali e si formano dei ponti termici. Solitamente è scelto negli edifici in cui non si può intervenire all'esterno. Se si hanno a disposizione pareti in cassa vuota si può inserire l'isolante nell'intercapedine d'aria. Esso è sfuso per interventi su edifici già realizzati o in pannelli rigidi per gli immobili di nuova costruzione ma anche in questo caso non si risolvono i ponti termici. L'isolamento esterno può essere inserito nelle pareti a

cappotto o ventilate. Nelle prime l'isolante è applicato direttamente alle pareti perimetrali sul lato freddo tramite collanti o ancoraggi. I vantaggi in questo caso sono molteplici: riduzione del rischio della condensazione interstiziale, eliminazione dei ponti termici, miglioramento del comportamento delle pareti e attenuazione dei fenomeni di degrado determinati dalle dilatazioni termiche. La parete ventilata è realizzata da uno strato isolante ancorato alla struttura in modo da formare un'intercapedine d'aria. I fattori positivi sono: diminuzione della condensazione interstiziale ed eliminazione dei ponti termici. Per quanto riguardano le coperture la suddivisione dipende dall'inclinazione. Se è a falda il sottotetto può essere abitabile oppure no. Nel primo caso l'isolante è inserito nel lato esterno della copertura sotto il manto di rivestimento e protezione di conseguenza ci sono molti fattori positivi come facilità di posa, miglioramento termico ed acustico. Quando il sottotetto non è abitabile invece l'intervento consiste nella stesura dell'isolante direttamente sul solaio orizzontale risparmiando sui costi e riducendo i tempi di realizzazione. Nel caso di tetto piano invece si possono realizzare tetti tradizionali o rovesci. La differenza è individuata nella posizione dell'isolante rispetto allo strato di impermeabilizzazione. Nel primo caso quest'ultimo è posto sopra il pannello termico per proteggerlo dall'acqua mentre nel secondo viene messo al di sotto prendendo la funzione di barriera al vapore mentre l'isolante avrà una struttura a celle chiuse per evitare la penetrazione di acqua al suo interno⁵².

Per quel che concerne la parte trasparente invece si interviene sulla scelta di infissi adeguati (*vedi cap. 4.2.2.2*). Per evitare fenomeni di surriscaldamento eccessivo e discomfort si possono integrare elementi schermanti come tende, veneziane, persiane, frangisole o aggetti che possono essere posti all'interno, in intercapedine o all'esterno degli infissi.

⁵² Cfr. Lucchi E., *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014; Astolfi A., *Fisica Tecnica Ambientale - Lezione 11*, a.a. 2012-2013.

4.2.2.1. Tipologie di isolanti

Secondo la legge 412/1993⁵³ l'Italia è suddivisa in cinque fasce climatiche in base ai gradi giorno che si verificano in ogni località. Per poter ottenere un buon benessere bisogna progettare un buon isolamento che permetta una giusta variazione di temperatura dall'esterno all'interno facendo molta attenzione alla scelta dell'isolante. Ci sono materiali le cui caratteristiche permettono un miglior comportamento nei climi caldi e altri che preferiscono il freddo, altri ancora si adattano ad entrambe le temperature⁵⁴.

Gli isolanti per essere considerati tali devono possedere determinate caratteristiche:

- conducibilità termica inferiore a 0,12 W/mK;
- resistere alle alte variazioni termiche;
- avere una buona resistenza alla permeabilità del vapore acqueo;
- avere una buona resistenza all'acqua;
- avere un elevato sfasamento termico;
- resistere all'attacco di batteri;
- essere autoestinguente;
- mantenere invariate nel tempo le caratteristiche;
- resistere al peso proprio.

I materiali isolanti possono essere classificati rispetto:

- all'origine che può essere naturale, minerale o sintetica;
- alla composizione che può essere organica o inorganica;
- alla struttura che può essere cellulare o fibrosa;
- all'impatto ambientale che può essere minimo, basso, medio o alto.

Segue una classifica degli isolanti raggruppati in base all'origine di realizzazione che ne determina anche l'impatto ambientale. Per ciascun materiale sono state evidenziate delle caratteristiche importanti da valutare per raggiungere le massime prestazioni come ad esempio la conduttività termica che deve avere valori molto bassi, le modalità di applicazioni e le fasce climatiche.

⁵³ Decreto del Presidente della Repubblica 26 Agosto 1993 sul regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 Gennaio 1991, n.10, pubblicato sul S.O. n. 96 alla Gazzetta Ufficiale n. 242 del 14 Ottobre 1993.

⁵⁴ Cfr. Rava P., *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2007; Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, Dei, 2014; Lucchi E., *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.

Isolante minerale

Sono di origine naturale, ricavati dalle rocce. Sono molto utilizzati in edilizia per le loro alte prestazioni anche in presenza di umidità.

❖ **VETRO CELLULARE:**

- **conduttività termica (λ)**

- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

- impatto ambientale: alto, **materiale non sostenibile**

- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento per muri contro-terra, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai

- località d'uso: utilizzato in **tutte le fasce climatiche.**

$\lambda = 0,055-0,066 \text{ W/mK}$
$\rho = 130- 180 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = \text{alta}$
$c = 1000 \text{ J/KgK}$
cm = 34
$a = 4,23077E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

❖ **LANA DI ROCCIA:**

- **conduttività termica (λ)**

- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

- impatto ambientale: medio, **materiale sostenibile**

- applicazioni: isolamento in intercapedine, isolamento nei solai, isolamento acustico in intercapedine

- località d'uso: utilizzato in tutte le fasce climatiche con **temperature medie.**

$\lambda = 0,077 - 0,082 \text{ W/mK}$
$\rho = 80- 120 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 2 - 3$
$c = 1080 \text{ J/KgK}$
cm = 49
$a = 8,9120E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

❖ **FIBRA DI VETRO:**

- **conduttività termica (λ)**

- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

- impatto ambientale: medio, **materiale sostenibile**

$\lambda = 0,040 - 0,046 \text{ W/mK}$
$\rho = 16- 30 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1$
$c = 1030 \text{ J/KgK}$
cm = 81
$a = 2,79126E - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai, isolamento interno di pareti, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato in tutte le fasce climatiche con **temperature fredde**.

❖ **CALCESTRUZZO CELLULARE:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$
$\rho = 130 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 5 - 10$
$c = 1000 \text{ J/KgK}$
cm = 31
$a = 3,46154E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

- impatto ambientale: medio, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento a cappotto e nelle pareti ventilate
- località d'uso: utilizzato in tutte le fasce climatiche con **temperature medie e fredde**.

❖ **ARGILLA ESPANSA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,090-0,120 \text{ W/mK}$
$\rho = 280- 450 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 2$
$c = 1000 \text{ J/KgK}$
cm = 29
$a = 3,21429E - 08 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

- impatto ambientale: medio, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento in intercapedine, isolamento nei solai, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie e calde temperature**.

❖ **PERLITE ESPANSA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$
$\rho = 100 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 2$
$c = 900 \text{ J/KgK}$
cm = 45
$a = 7,33333E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

- impatto ambientale = medio, **materiale sostenibile**

- applicazioni: isolamento in intercapedine, isolamento nei solai, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie e calde temperature.**

❖ **VERMICULITE ESPANSA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,077 - 0,082$ W/mK
$\rho = 80 - 120 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 2 - 3$
$c = 1080 \text{ J/KgK}$
cm = 49
$a = 8,9120\text{E} - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 0

- impatto ambientale: medio, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento in intercapedine, isolamento interno alle pareti, isolamento nei solai, isolamento acustico in intercapedine
- località d'uso: utilizzato in tutte le fasce climatiche con **temperature medie.**

Isolante sintetico

Sono di origine chimica, generalmente realizzati tramite lavorazione del petrolio per questo meno sostenibili rispetto agli altri.

❖ **POLISTIRENE ESPANSO ESTRUSO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
$\rho = 30 - 35 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 150 \text{ J/KgK}$
$c = 1450 \text{ J/KgK}$
cm = 43
$a = 8,04598\text{E} - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1

- impatto ambientale: alto, **materiale non sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento nei solai
- località d'uso: utilizzato in **tutte le fasce climatiche.**

❖ **POLIURETANO ESPANSO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: alto, **materiale non sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai
- località d'uso: utilizzato in **tutte le fasce climatiche**.

$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
$\rho = 37 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 60 \text{ J/KgK}$
$c = 1400 \text{ J/KgK}$
cm = 43
$a = 6,75676E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1/2

❖ **POLISTIRENE ESPANSO SINTETIZZATO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: alto, **materiale non sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento per muri contro-terra, isolamento nei solai
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **temperature fredde**.

$\lambda = 0,042-0,044 \text{ W/mK}$
$\rho = 20- 30 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 60 \text{ J/KgK}$
$c = 1450 \text{ J/KgK}$
cm = 62
$a = 1,44828E - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1

❖ **FIBRA DI POLIESTERE:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: medio, **materiale moderatamente sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento per muri contro-terra, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **temperature fredde**.

$\lambda = 0,038-0,054 \text{ W/mK}$
$\rho = 15-30 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1 - 3$
$c = 240 \text{ J/KgK}$
cm = 175
$a = 1,05556E - 05 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1

Isolante naturale

Sono di origine naturale quindi provenienti da materiali rinnovabili e riciclabili per questo sostenibili.

❖ **LANA DI PECORA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: minimo, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento in intercapedine, isolamento nelle coperture, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **temperature fredde.**

$\lambda = 0,037-0,040 \text{ W/mK}$
$\rho = 30 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1,4$
$c = 1720 \text{ J/KgK}$
cm = 46
$a = 7,17054E - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

❖ **LANA DI LEGNO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: minimo, **materiale molto sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento per muri contro-terra, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai, isolamento nelle pareti divisorie, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato in **tutte le fasce climatiche.**

$\lambda = 0,038-0,045 \text{ W/mK}$
$\rho = 140- 250 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 5 - 10$
$c = 1400 \text{ J/KgK}$
cm = 23
$a = 1,80952E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1

❖ **FIBRA DI LINO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: minimo, **materiale sostenibile**

$\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
$\rho = 30 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1$
$c = 1550 \text{ J/KgK}$
cm = 48
$a = 8,60215E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

- applicazioni: isolamento per pareti ventilate, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie e calde temperature.**

❖ **FIBRA DI MAIS:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
$\rho = 10- 80 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 3$
$c = 1900 \text{ J/KgK}$
cm = 27
$a = 2,1052\text{E} - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1

- impatto ambientale: minimo, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento per pareti ventilate, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato in **tutte le fasce climatiche.**

❖ **COTONE:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
$\rho = 20 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1 - 2$
$c = 840 \text{ J/KgK}$
cm = 80
$a = 2,38095\text{E} - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c.i. = 2

- impatto ambientale: minimo, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento per pareti esterne in intercapedine, isolamento nei solai di coperture, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **temperature calde.**

❖ **LANA DI LEGNO MINERALIZZATA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,075 - 0,090 \text{ W/mK}$
$\rho = 350 - 470 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 5$
$c = 1550 \text{ J/KgK}$
cm = 21
$a = 1,38249\text{E} - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 1

- impatto ambientale: basso, **materiale altamente sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno, isolamento nei solai di coperture, isolamento in intercapedine, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie e fredde temperature.**

❖ **CANNA PALUSTRE:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,045 - 0,056$ W/mK
$\rho = 130 - 190$ Kg/m ³
$\mu = 2$
c = /
cm = /
a = /
c. i. = 2

- impatto ambientale: minimo, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno, isolamento nei solai di coperture, isolamento in intercapedine, isolamento per pareti interne
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie e calde temperature.**

❖ **POMICE:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,120$ W/mK
$\rho = 400$ Kg/m ³
$\mu = 6 - 8$
c = 1000 J/KgK
cm = 29
a = 0,0000003 m ² /s
c. i. = 0

- impatto ambientale: basso, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento nei solai di coperture e conto-terra, isolamento acustico in intercapedine.
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie temperature.**

❖ **FIBRA DI CANAPA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,040$ W/mK
$\rho = 40 - 90$ Kg/m ³
$\mu = 1 - 2$
c = 1700 J/KgK
cm = 32
a = 5,88235E - 07 m ² /s
c. i. = 2

- impatto ambientale: minimo, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento per pareti ventilate, isolamento nei solai di coperture, isolamento in intercapedine, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio

- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **medie temperature**.

❖ **SUGHERO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: basso, **materiale sostenibile**
- applicazioni: isolamento per cappotto esterno e pareti ventilate, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con **tutte le temperature eccetto quelle fredde**.

$\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$
$\rho = 90 - 140 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 5 - 10$
$c = 1560 \text{ J/KgK}$
$cm = 27$
$a = 3,06268E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

❖ **FIBRA DI CELLULOSA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: minimo, **materiale molto sostenibile**
- applicazioni: isolamento in intercapedine, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico in intercapedine
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con le **temperature fredde**.

$\lambda = 0,058 - 0,066 \text{ W/mK}$
$\rho = 32 - 100 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 2$
$c = 1600 \text{ J/KgK}$
$cm = 44$
$a = 1,13281E - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

❖ **FIBRA DI KENAF:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)
- impatto ambientale: minimo, **materiale molto sostenibile**

$\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$
$\rho = 20 - 80 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1,7$
$c = 1700 \text{ J/KgK}$
$cm = 28$
$a = 1,14706E - 06 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

- applicazioni: isolamento per pareti ventilate, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con le **temperature calde e fredde**.

❖ **FIBRA DI COCCO:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$
$\rho = 85 - 125 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 1 - 2$
$c = 1300 \text{ J/KgK}$
cm = 36
$a = 3,8914E - 07 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

- impatto ambientale: minimo, **materiale molto sostenibile**
- applicazioni: isolamento per pareti ventilate, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti, isolamento acustico in intercapedine e anticalpestio
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con le **temperature fredde**.

❖ **PAGLIA:**

- **conduttività termica (λ)**
- massa volumica (ρ)
- resistenza alla diffusione del vapore (μ)
- capacità termica specifica (c)
- centimetri per 12 ore di sfasamento (cm)
- diffusività termica (a)
- classe di infiammabilità (c. i.)

$\lambda = 0,060 - 0,094 \text{ W/mK}$
$\rho = 340 \text{ Kg/m}^3$
$\mu = 2 - 4$
$c = 1900 \text{ J/KgK}$
cm = 20
$a = 9,28793E - 08 \text{ m}^2/\text{s}$
c. i. = 2

- impatto ambientale: minimo, **materiale molto sostenibile**
- applicazioni: isolamento per pareti ventilate, isolamento a cappotto, isolamento in intercapedine, isolamento nei solai di coperture, isolamento interno alle pareti
- località d'uso: utilizzato nelle fasce climatiche con le **temperature calde e fredde**.

4.2.2.2. Infissi

Vetri

La componente trasparente deve essere studiata molto attentamente poichè è un elemento costruttivo con un'elevata dispersione termica nella stagione invernale e un elevato surriscaldamento durante quella estiva. Nel mercato si possono trovare infissi con doppio vetro, vetro basso emissivo o riflettente. I primi sono comunemente chiamati vetrocamera composti da due o più lastre di vetro con interposto un gas come l'argon o il kripton. L'isolamento termico e l'attenuazione dei rumori varia in base al numero di strati. I vetri basso emissivi sono composti da ossidi di metallo. Sono scelti per la ridotta dispersione termica. Infine i vetri riflettenti sono realizzati con l'ausilio di pellicole che determinano un effetto specchio per cui dall'esterno del locale non si può vedere all'interno.

Esistono altri tipi come i vetri antivandalismo stratificati contro le intrusioni, i selettivi che controllano la radiazione solare evitando fenomeni di surriscaldamento e gli insonorizzati impiegati nei luoghi in cui vi è un elevato inquinamento acustico per isolare l'interno dai rumori⁵⁵.

Telai

In base al materiale che si sceglie, il mercato offre una discreta gamma di telai. Quelli in alluminio sono maggiormente impiegati. I vantaggi sono notevoli: buon comportamento meccanico, buona tenuta all'acqua e all'aria, buona resistenza alla corrosione, ottimo rapporto costi/prestazioni, leggerezza. L'unica nota negativa è determinata dal comportamento termico che viene migliorato con l'ausilio del taglio termico. L'acciaio ha un cattivo comportamento termico, si può corrodere e si possono formare delle condense, ma i vantaggi sono un basso costo e un buon comportamento meccanico. Il legno viene impiegato perchè ha un buon comportamento termico, è versatile, leggero con una discreta resistenza meccanica. Gli svantaggi sono il degrado causato da un possibile attacco da parte di agenti biologici e dalla presenza di umidità, la scarsa tenuta all'acqua, all'aria e il costo elevato. Il PVC è leggero, resiste sia alla corrosione sia agli agenti aggressivi, ha un basso costo e un buon comportamento termico. Come conseguenza vi è una scarsa resistenza meccanica e può essere deformabile a causa della variazione termica. Infine esistono i telai misti che sono realizzati tramite l'unione del legno con un altro

⁵⁵ Cfr. Gorgone J. G., Messina G., Russo F., *Progettare e riqualificare le pareti per l'efficienza energetica: chiusure verticali opache e trasparenti*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015; Lucchi E., *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.

materiale. In questo modo si producono infissi ad alte prestazioni perchè vengono sfruttate le caratteristiche positive dei vari materiali⁵⁶.

4.2.3. Fotovoltaico

Durante gli ultimi anni sia l'aumento del prezzo del petrolio che il surriscaldamento globale hanno comportato dei cambiamenti ambientali. Per rallentare i drammatici eventi che ogni anno in maniera più frequente si manifestano sul pianeta, l'uomo ha deciso di usufruire delle fonti rinnovabili. Un grande obiettivo sarebbe quello di riuscire ad utilizzarle in ogni settore evitando l'uso di materiali nocivi e poco reperibili. Il fotovoltaico è un sistema che sfrutta i raggi solari per creare elettricità ed è composto da celle che, a loro volta, sono formate da un materiale semiconduttore, generalmente il silicio. Diverse celle formano il modulo mentre l'insieme di più moduli determina un impianto fotovoltaico. In commercio vi sono diverse tipologie di pannelli a seconda della cella: monocristallini, policristallini, a film sottile o a concentrazione (*Fig. 22*). Le prime due categorie appartengono alla prima generazione e sono realizzate da celle con uno o più cristalli, ricoperte da una lastra di vetro che le protegge dalle intemperie. Il pannello è inoltre composto da un telaio di alluminio che funge da struttura portante. Il rendimento del monocristallino varia tra il 13 e il 17% mentre quello del policristallino è 12-14% e per entrambi i casi la percentuale rimane costante per 25 anni circa in assenza di ombra. Per un rapporto di qualità-prezzo i pannelli policristallini sono i più venduti mentre quelli monocristallini sono scelti in luoghi in cui gli spazi di installazione sono limitati. Quelli a film sottile appartengono alla seconda generazione. Costano poco e sono formati da un materiale flessibile e versatile inoltre a differenza delle tipologie precedenti funzionano anche con luce diffusa. Le note dolenti sono nel rendimento che scende al 6-10 % e nel degrado che raggiunge il 20% dopo i 20 anni. Infine la terza generazione è formata dai pannelli a concentrazione che possiedono un rendimento doppio rispetto a quelli a silicio avendo dimensioni ridotte. Attualmente si possono trovare pannelli di diverse forme e dimensioni. Essi si integrano perfettamente nell'architettura e possono essere installati su coperture, facciate,

⁵⁶ Cfr. Gorgone J. G., Messina G., Russo F., *Progettare e riqualificare le pareti per l'efficienza energetica: chiusure verticali opache e trasparenti*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015; Lucchi E., *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014; Cellai G., *Serramenti e schermature per la riqualificazione energetica ed ambientale: criteri per la riqualificazione energetica ed ambientale*, Roma, EPC Editore, 2013.

schermature, pensiline, ecc.. Per ogni applicazione si può decidere il livello di integrazione: nessuna, parziale o totale. Nel primo caso i pannelli hanno una diversa inclinazione rispetto alla superficie su cui sono inseriti, nel secondo sono accostati alle zone già esistenti mentre nel terzo vanno a sostituire una parte di area interagendo armoniosamente con gli elementi circostanti⁵⁷.



Fig. 22 - Tipologie di pannelli fotovoltaici in base alle generazioni. Fonte: consulente-energia

⁵⁷ Cfr. Pagliaro M., Palmisano G., Ciriminna R., *BIPV il fotovoltaico integrato nell'edilizia: come l'energia solare cambia il futuro delle costruzioni*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2009; Aste N., *Il fotovoltaico in architettura: l'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici*, Napoli, Esselibri, 2002; Ceccherini Nelli L., Sala M. (introd.), Cariello F. (contr.), *Fotovoltaico in architettura*, Firenze, Alinea, 2006; Carpentieri A., Tieri G. B., *Impianti fotovoltaici: Progettazione ed installazione*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2009.

L'installazione di un impianto fotovoltaico può avvenire in tre modi:

- impianto connesso alla rete, chiamato anche *grid Connected*, in cui l'edificio si allaccia appunto alla rete elettrica quando l'impianto non è in funzione mentre nel caso contrario quando l'energia è in abbondanza essa viene accumulata o venduta;
- impianto ad isola o *stand alone* che alimenta l'intero fabbricato ed è installato nei luoghi in cui non vi è un accesso alla rete elettrica nazionale. L'energia sovrabbondante viene recuperata in batterie di accumulo ed utilizzata quando l'impianto non è in uso. Il fattore negativo si determina quando le batterie sono completamente cariche poichè l'energia viene dissipata in calore e persa. Anche gli edifici che sono collegati alla rete possono scegliere l'autoconsumo;
- impianto *Storage* è una soluzione ibrida che utilizza entrambe le tecnologie precedentemente elencate. Infatti l'energia elettrica richiesta viene utilizzata, quella in eccesso è accumulata nelle batterie e quella residua ceduta alla rete che alimenterà l'edificio nel caso in cui non vi è una quantità sufficiente.

I vantaggi che porta un impianto fotovoltaico sono:

- integrazione con l'involucro edilizio;
- protezione e impermeabilizzazione dell'edificio;
- necessità di una scarsa manutenzione;
- assoluta silenziosità;
- mancanza di scarti nella produzione;
- assenza di odori;
- possibilità di conservare l'energia in batterie di accumulo o venderla.

4.2.4. Solare Termico

Un'altra tecnologia che usufruisce del Sole è il collettore solare termico che trasforma l'energia in riscaldamento. Generalmente è utilizzato per scaldare l'acqua per uso sanitario, ma può essere adoperato anche nel riscaldamento dei locali riducendo l'uso del gas.

Vi sono quattro tipologie di collettori: piani non vetrati, piani vetrati, sottovuoto e a concentrazione (*Fig. 23*). I primi non hanno ne un vetro protettivo ne sono isolati ma hanno prezzi ridotti e durante il soleggiamento presentano un buon rendimento. Sono principalmente impiegati nelle piscine dove forniscono un'acqua con

temperature comprese tra 10 e 40°C. Nella tipologia vetrata invece il rendimento complessivo è superiore rispetto a quello precedente permettendone l'utilizzo da marzo ad ottobre con il calore dell'acqua che varia dai 30 ai 60°C, per questo motivo è la scelta più frequente. I pannelli a tubi sottovuoto hanno un buon funzionamento durante tutto l'anno perchè riescono a trattenere maggiormente il calore minimizzando le dispersioni termiche. Sono generalmente utilizzati nei climi più freddi e nelle zone montane inoltre vengono integrati con il sistema di riscaldamento. Una caratteristica positiva è che l'acqua raggiunge i 100°C, ma di contro sono molto costosi. Infine i collettori solari a concentrazione si presentano con una forma concava che ottimizza la superficie di ricezione in un preciso punto chiamato fuoco. Sono utilizzati presso le centrali elettro-solari e possono portare la temperatura dell'acqua fino a 600°C ma funzionano solo in presenza di luce diretta del Sole⁵⁸.

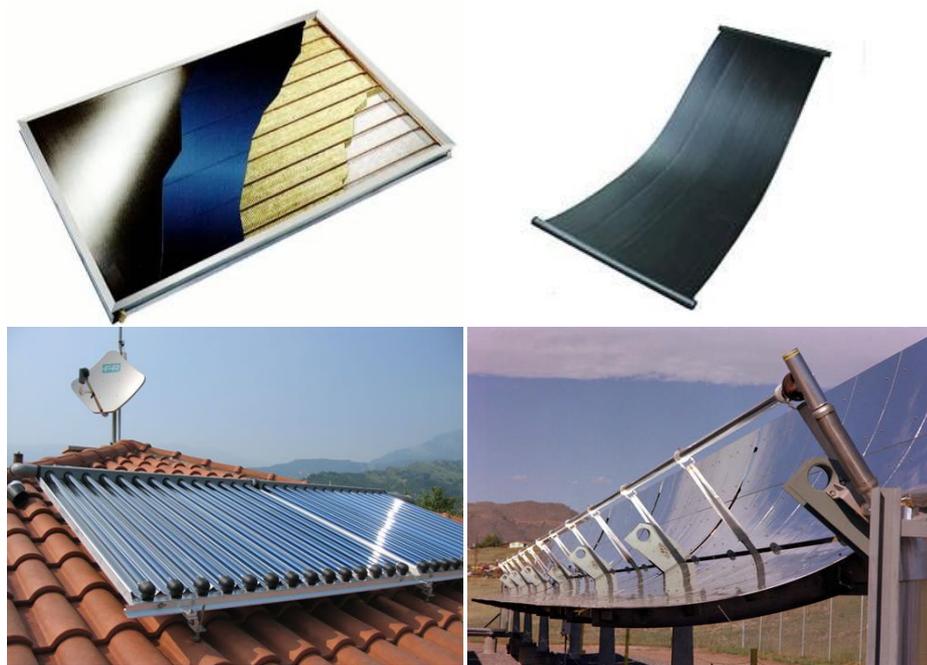


Fig. 23 - Tipologie di pannelli solari in base alle generazioni. Fonte: energyexpert

Le tipologie di impianto solare sono: a circolazione naturale, forzata, a svuotamento e termodinamico. Nel primo caso viene sfruttato il principio della convezione per cui il termo fluido dai collettori raggiunge il serbatoio senza l'ausilio di elettricità, generalmente utilizzato per riscaldare l'acqua. I vantaggi consistono in una facilità di

⁵⁸ Cfr. Piemontese A., Scarano R., *Energia solare*, Roma, Gangemi, 2003; Salustri R., *Solare termico: manuale tecnico per progettisti, installatori, esperti di energie rinnovabili*, Palermo, Flaccovio, 2014; Ferrari S., Butera F. M., *Solare termico negli edifici: guida al dimensionamento e alla progettazione degli impianti: energia solare, collettori solari, sistemi impiantistici, componenti dell'impianto, accumulo termico, circuito solare, dimensionamento dei sistemi solari riscaldamento solare per piscine, confronti prestazionali, valutazioni economiche*, Milano, Edizioni Ambiente, 2008. Quarto testo: Perfetto G., Voerzio M., *Piccolo libro solare*, Torino, Levrotto&Bella, 2005.

posa, una ridotta manutenzione e una richiesta di superficie limitata per l'installazione. Al contrario l'impianto a circolazione forzata esige la presenza di pompe elettriche che permettono al fluido di raggiungere il serbatoio collocato lontano dai collettori. Questa soluzione è impiegata per richieste di fabbisogno idrico elevato e si integra alla perfezione con il sistema di riscaldamento. Il terzo caso è simile a quello precedentemente descritto con la differenza che il fluido, una volta riscaldato, fuoriesce dal pannello e va nel serbatoio. Come fattore positivo si ha un miglior comportamento termico. Infine l'impianto solare termodinamico è composto da collettore, compressore e serbatoio. All'interno del pannello vi è un fluido refrigerante che evaporando funge da termovettore andando nel condensatore dove trasferisce il calore al serbatoio. Ha un funzionamento elevato producendo il 100% di acqua calda e si integra con l'impianto di riscaldamento. In base alle esigenze l'utente sceglie quale sistema soddisfa a pieno le sue esigenze.

I vantaggi di un impianto solare sono:

- riduzione costi energetici;
- riduzione emissioni di CO₂;
- aumento valore dell'immobile;
- recupero dell'investimento in breve tempo.

4.2.5. Ventilazione meccanica dell'aria

Il ricambio d'aria degli ambienti è necessario per garantire un benessere e una riduzione delle sostanze nocive dei materiali costruttivi, ma negli ultimi anni il livello di inquinamento atmosferico ha subito una crescita esponenziale quindi è molto consigliato l'utilizzo di un sistema controllato di scambi d'aria. Oltre a migliorare la salute degli utenti tramite la qualità dell'aria, questa tecnologia regola il livello di umidità impedendo la formazione di muffe che influiscono negativamente sulle prestazioni di un edificio. Le tipologie di impianti della ventilazione meccanica controllata possono essere a semplice flusso o a doppio flusso. Nel primo caso l'aria viziata viene estratta dai locali, i quali ne ricevono una di rinnovo. L'espulsione dell'aria verso l'esterno avviene in modo naturale mentre nel secondo caso la mandata e la ripresa sono entrambe controllate meccanicamente. Inoltre vi è la possibilità di riciclare una parte di aria viziata proveniente dai locali. In edifici di grosse dimensione questo sistema usufruisce delle U.T.A., unità di trattamento dell'aria, che possono essere utilizzate sia per scambiare il fluido sia per climatizzare gli ambienti. L'impianto è formato da canali centralizzati di mandata e di ripresa che

sono collegati ad un recuperatore. Il sistema si compone di sezione di ingresso da cui arriva l'aria esterna e una parte di aria di ricircolo che non è espulsa. Vi è inoltre un altro bocchettone con il quale si espelle l'aria interna non riciclata. Ogni apertura è dotata di serrande che regolano l'ingresso e l'uscita dell'aria che viene filtrata prima di giungere alle batterie di riscaldamento, di raffreddamento e all'umidificatore. Qui l'aria raggiunge la temperatura necessaria ed è immessa nei vari ambienti tramite un ventilatore di mandata che regola la velocità dell'aria rendendola confortevole in ogni locale senza creare disagi per i vari utenti. Durante la stagione invernale l'aria esterna prima di essere immessa nell'ambiente viene riscaldata due volte passando anche in un umidificatore che ne aumenta il vapore acqueo. Nel periodo estivo invece l'aria esterna viene raffreddata, post riscaldata e mandata nei locali⁵⁹ (Fig. 24).

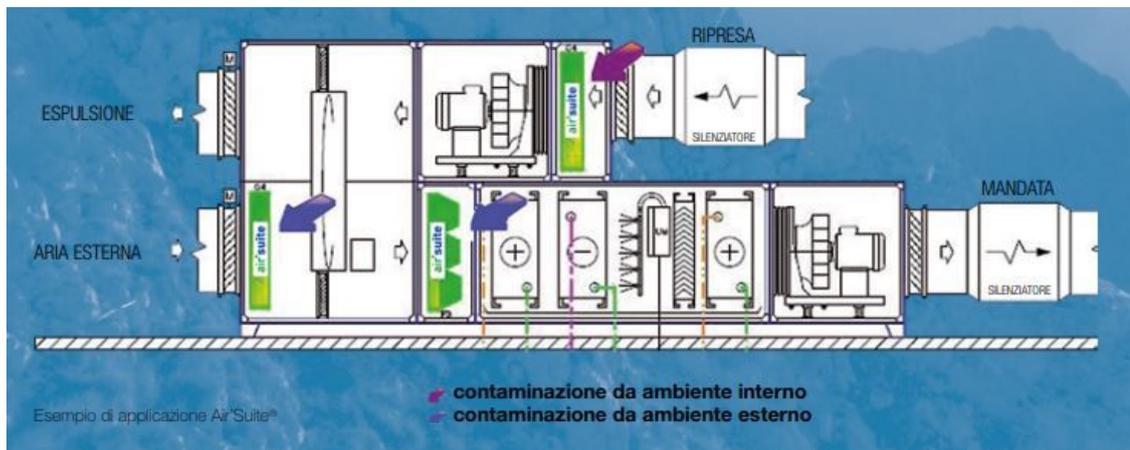


Fig. 24 - Schema funzionamento Unità di Trattamento dell'Aria. Fonte: AirSuite

L'installazione di questo impianto comporta molti vantaggi tra cui:

- controllo dell'aria e dell'umidità che determinano un benessere termoigrometrico;
- eliminazione di rumori esterni;
- eliminazione degli inquinanti *indoor*;
- assenza di odori;
- guadagni sui costi energetici;
- aumento del valore immobiliare;
- risparmio sulle bollette;
- velocità di manutenzione;
- miglior comfort.

⁵⁹ Luca Ferrari, L'efficienza della ventilazione, R.C.I. , n. 7/2014, pp 34-39.

4.2.6. Raccolta delle acque meteoriche

L'acqua è un elemento vitale per la sopravvivenza di ogni essere vivente. È una risorsa che deve essere utilizzata in una maniera corretta. Ogni anno si assiste ad un cambiamento climatico sempre più intenso: ad esempio a periodi di prolungata siccità si alternano momenti di intensa piovosità. L'acqua potrebbe diventare una risorsa a rischio quindi bisognerebbe intervenire il prima possibile. La crescita della popolazione mondiale ha comportato un maggior uso delle risorse idriche nei settori civili, agricoli ed industriali tanto che la quantità richiesta risulti essere superiore rispetto a quella di rinnovo (Fig. 25).



Fig. 25 - Ciclo idrogeologico Fonte: water.usgs.gov.

Servirsi dell'acqua meteorica porta a due vantaggi: minor utilizzo dell'acqua potabile e diminuzione della quantità idrica che scarica nelle reti sotterranee, soprattutto nel corso delle "bombe d'acqua". Durante questi fenomeni naturali, a causa di una cattiva manutenzione dei tombini, si creano allagamenti lungo le strade che generano disagi o addirittura incidenti⁶⁰ (Fig. 26).



Fig. 26 - Bomba d'acqua a Rivalta (TO) l'11/06/15 Fonte: youreporter.it

⁶⁰ Mazzotta A., Tecnologie per l'ambiente costruito - Lezione 5, a.a. 2017-2018.

In una scuola si potrebbe utilizzare l'acqua non potabile per le pulizie e le irrigazioni negli usi esterni. Le superfici captanti come il tetto permettono alla risorsa idrica di scorrere fino ai tubi collegati ad una cisterna. All'ingresso e all'uscita di essa sono inseriti dei filtri che trattengono le impurità, lasciando passare il liquido quando necessario. Infine quando la cisterna è piena, un sistema di troppo pieno coinvolge l'acqua in eccesso verso la rete sotterranea o verso un pozzo disperdente (Fig. 27).

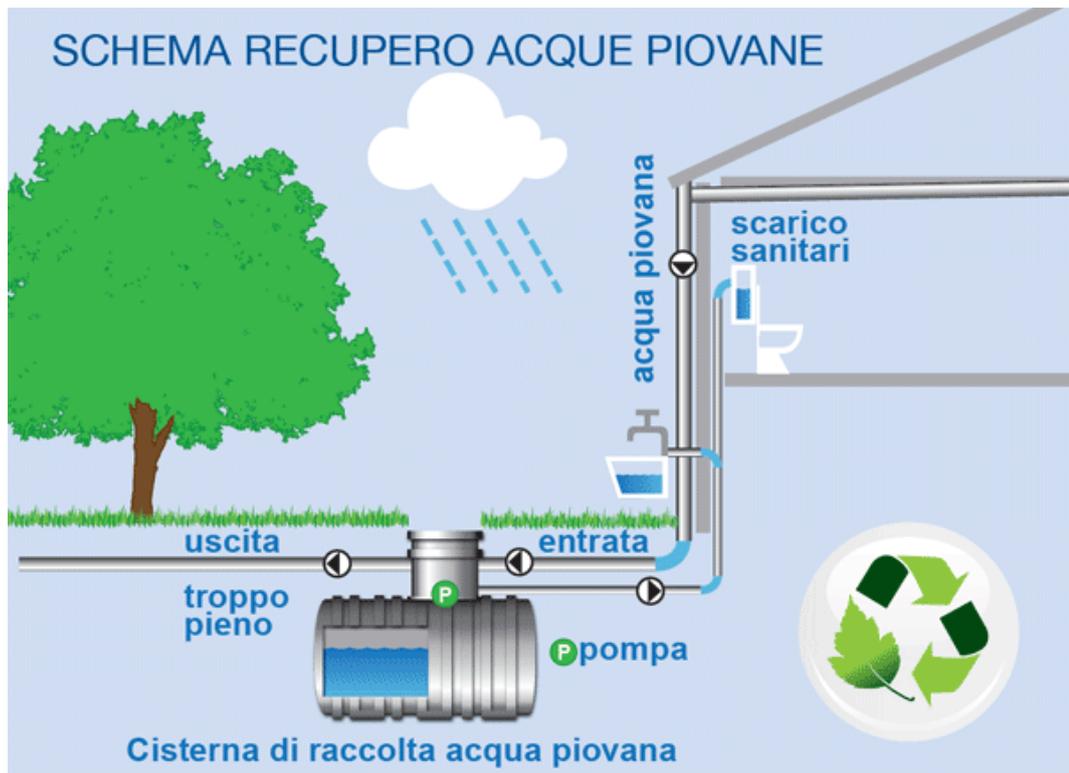


Fig. 27 - Schema funzionamento raccolta e riuso acque piovane. Fonte: paesaggioix.it

Per concludere si vuole ribadire che una giusta riqualificazione porterebbe ad un miglioramento della qualità della salute di ogni abitante e ad un risparmio economico per ciascun fabbricato inoltre si andrebbe ad evitare un ulteriore sfruttamento del suolo preservando il costruito. Va anche sottolineato che l'Italia, qualora non rispettasse i termini dei Protocolli di Kyoto e la strategia 20-20-20, rischierebbe multe elevate quindi intervenire sugli edifici più energivori è utile oltre che doveroso.

5. Casi Studio_ Esempi di progetti realizzati ex nuovo e riqualificati

Il seguente capitolo tratta tre casi studio. Il primo è un liceo, collocato nelle zone limitrofe di Torino che ha subito un intervento di riqualificazione quindi è stato preso in esame per poter osservare il modo in cui sono state effettuate le manutenzioni della muratura ed i ridisegni degli interni. Nel secondo caso viene descritto un istituto tecnico piemontese realizzato ex novo mediante la tecnologia a secco, la stessa che si andrà poi ad utilizzare nel progetto. Infine l'ultimo esempio è un liceo danese che ha come caratteristiche peculiari la flessibilità degli spazi e degli arredi, uno degli obiettivi prestabiliti per la realizzazione del progetto di tesi.

5.1.Liceo G. F. Porporato a Pinerolo (TO)

Il Liceo G.F. Porporato, situato a Pinerolo, è allocato nella ex Caserma Fenulli che divenne una scuola elementare durante l'Ottocento. È un fabbricato in muratura portante con due piani fuori terra e planimetria a forma di "C". I prospetti rispettano le caratteristiche della caserma con moduli base ripetuti (*Fig. 28*). Le pareti sono in laterizio e pietrame, i solai sono realizzati con volte a vela al pian terreno e volte a padiglione al primo piano. La copertura è costituita da una struttura in legno con rivestimento in coppi.



Fig. 28 - Foto Liceo Porporato a Pinerolo. Fonte: pineroloindialogo.it

Dagli inizi del 2000 una parte dell'edificio è stato utilizzato come liceo classico a seguito di un aumento delle iscrizioni. Per poterlo adattare alle nuove esigenze è stato effettuato un intervento di riqualificazione. Composto da:

- inserimento di isolante termoacustico con rinzaffatura e intonacatura delle murature;
- recupero delle volte in mattoni mediante sabbiatura e stesura di un film protettivo;
- sostituzione dei serramenti esterni riprendendo l'estetica di quelli vecchi con l'aggiunta di vetri camera;
- rifacimento dei servizi igienici;
- ritinteggiatura di facciate e pareti interne;
- realizzazione di nuovi laboratori (informatica, audiovisivi, musica, pittura), aule, archivio, sale insegnanti;
- inserimento della controsoffittatura nelle aule per un miglioramento acustico;
- messa a norma degli impianti antincendio, illuminazione e riscaldamento⁶¹.

Per quanto riguarda la distribuzione, la scuola riprende la tipologia a blocco in cui le aule accostate sono collegate da lunghi corridoi mentre gli altri locali vengono inseriti nelle maniche corte (Fig. 29).

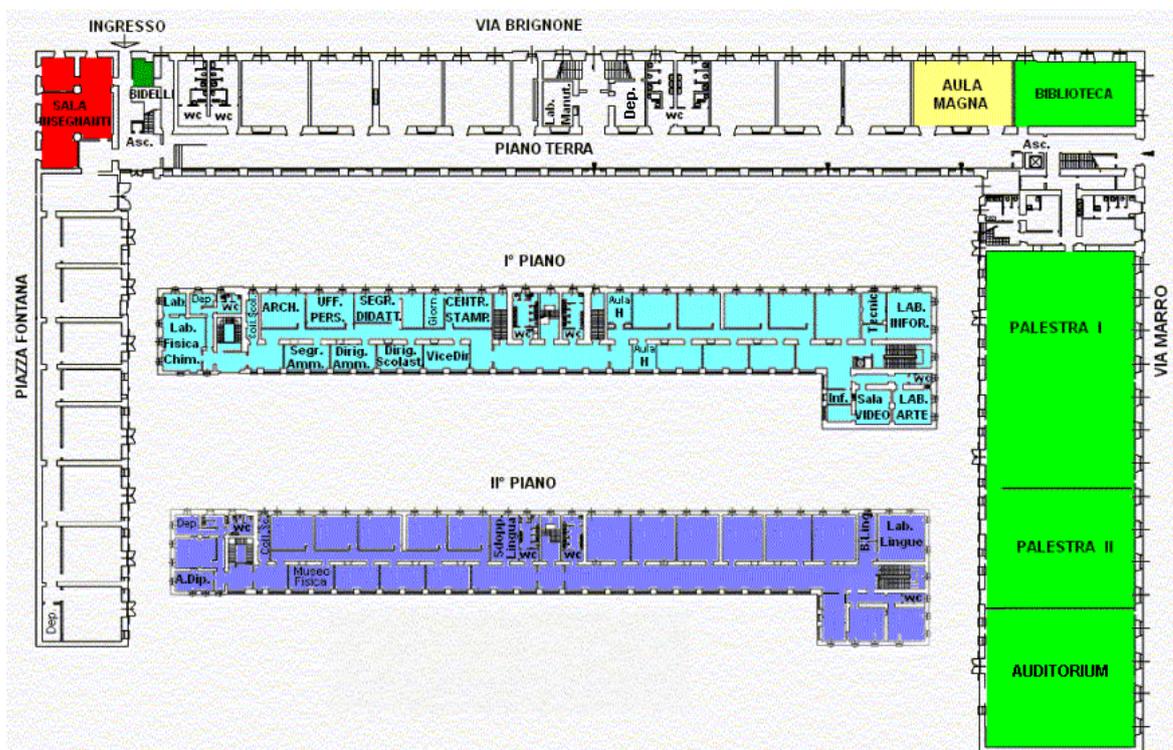


Fig. 29 - Planimetrie del Liceo Porporato a Pinerolo. Fonte: liceoporporato.edu

⁶¹ Torino, Archivio Città Metropolitana, concessioni e autorizzazioni Pinerolo, Porporato.

5.2. Istituto istruzione superiore Luigi Des Ambrois ad Oulx (TO)

L'istituto tecnico Luigi Des Ambrois è collocato ad Oulx, comune montano piemontese distante 75 Km da Torino. L'idea progettuale era di realizzare un complesso scolastico che si potesse inserire in un sito naturale senza creare un impatto ambientale. Per questo motivo si è deciso di costruire in tempi ridotti un manufatto architettonico con caratteristiche di leggerezza e di altezza limitata ad un piano, ad eccezione di una piccola parte che si eleva di tre piani.

La struttura portante è costituita da pilastri in acciaio e le chiusure sono in pannelli coibentati in alluminio così come i telai dei serramenti. I rivestimenti interni sono in pannelli prefabbricati di legno mentre le coperture sono composte da travi in acciaio, elementi prefabbricati in cemento, isolante, intercapedine d'aria e pannelli in rame. È stato effettuato anche uno studio dei colori più idonei: il grigio dello zinco e del cemento, il marrone del legno e la trasparenza del vetro che risaltano le loro proprietà cromatiche per integrare l'edificio con l'ambiente circostante. Per lo stesso motivo non ci sono angoli retti: ogni superficie è curva quindi i progettisti hanno accurato nel dettaglio la realizzazione delle chiusure sia interne che perimetrali. Ogni stanza è un cilindro di varie dimensioni in base alla funzione d'uso: aule, laboratori, uffici o auditorium (Fig. 30). Ci sono ampie aperture per sfruttare la luce naturale e per mantenere un collegamento con il paesaggio. Inoltre il sistema di illuminazioni artificiale e ventilazione sono autonomi per minimizzare gli sprechi energetici. Le barriere architettoniche infine sono state eliminate con uno studio di fattibilità molto puntuale.

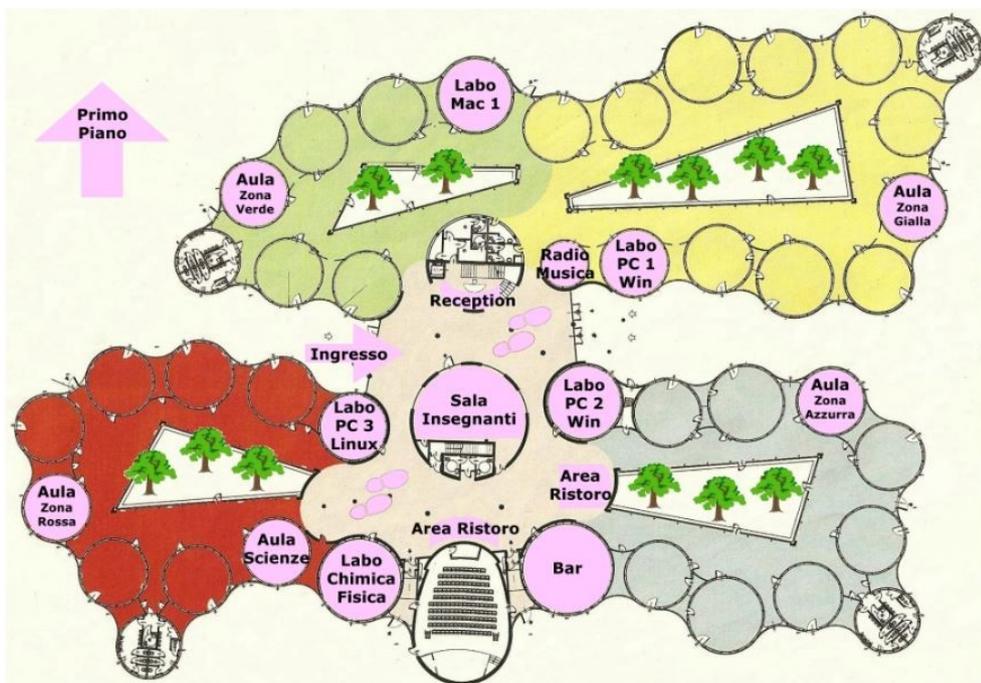


Fig. 30 - Schema planimetrico Istituto Luigi Des Ambrois ad Oulx. Fonte: desambrois.it

L'ingresso della scuola è uno spazio grande che funge sia da biblioteca sia da spazio espositivo in cui sono illustrate le essenze arboree presenti nel parco. Esso è circondato da aule, laboratori e auditorium oltre all'alloggio del custode. Al primo piano si trova l'area ristoro, le aule insegnanti e gli uffici. In aggiunta al verde che circonda il complesso, gli utenti possono usufruire di quattro giardinetti interni. I corridoi oltre ad avere la funzione di collegamento diventano spazi per la socializzazione, ricreazione, riunioni collettive e altre attività di gruppo⁶².

⁶² Torino, Archivio Città Metropolitana, concessioni e autorizzazioni Oulx, Luigi Des Amobrois.

5.3.Orestad Gymnasium a Orestad (DANIMARCA)

Negli anni 2000 nacque l'idea di costruire un liceo in una zona in rapida espansione nei pressi di Copenhagen. L'edificio è una sorta di esperimento per una nuova comunità. Con questi propositi si sono stabilite due innovazioni all'interno della scuola: il materiale digitalizzato ed i metodi diversi di apprendimento.

L'edificio ha una struttura portante composta da pilastri in calcestruzzo armato e chiusure verticali realizzate con facciate vetrate. L'esterno è caratterizzato da forme rigide in tutti i prospetti, ma è vivacizzato da una serie di lamelle colorate che inoltre filtrano luce all'interno. Lo stesso contrasto si ha anche tra le pareti bianche ed i colori accesi degli arredi. Il fabbricato si erge su cinque piani. Le varie planimetrie hanno la forma di boomerang: ogni piano è ruotato rispetto a quello inferiore.

Al centro del progetto vi è una grande scala elicoidale che collega tutti gli spazi, avente la funzione di luogo di sosta come se fosse una piazza in verticale per permettere ai fruitori di rilassarsi. La presenza di aule è quasi assente rendendo gli spazi ampi, luminosi e aperti (Fig. 31). Per consentire ai fruitori un uso vario di attività, gli spazi sono flessibili in modo che è l'architettura che si adatta agli utenti e non viceversa. Le lezioni possono dunque essere frontali, in gruppi o individuali. Quindi si cerca di affrontare lo studio da diversi punti di vista per poter ampliare la capacità di apprendimento in diversi modi rendendo responsabili gli studenti che imparano a lavorare sia come un *team* sia individualmente⁶³.

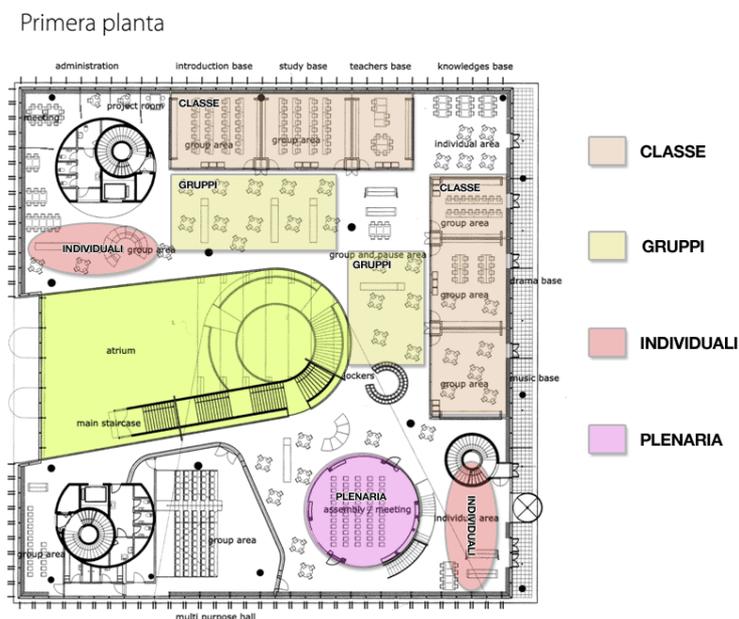


Fig. 31 - Schema planimetrico Orestad Gymnasium a Orestad di 3XN (2001-2007). Fonte: Indire

⁶³ Cfr. Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, DeI, 2014; <https://3xn.com/project/orestad-college>, consultato il 20/09/2018; <https://www.dezeen.com/2007/10/19/orestad-college-copenhagen-by-3xn-architects/>, consultato il 20/09/2018; <https://www.archdaily.com/office/3xn>, consultato il 20/09/2018.

6. Liceo Isaac Newton e succursale Europa Unita_ analisi dello stato di fatto

6.1.Localizzazione

Il liceo classico-scientifico Isaac Newton con annessa la succursale dell'istituto magistrale Europa Unita è situato a Chivasso. Il Comune si trova in prossimità del fiume Po. Dista 25 Km da Torino (*Fig. 32*) e 16 dalla periferia della Provincia inoltre collega molti paesini grazie alle reti stradali, che attraversano la città, ed uno scalo ferroviario.

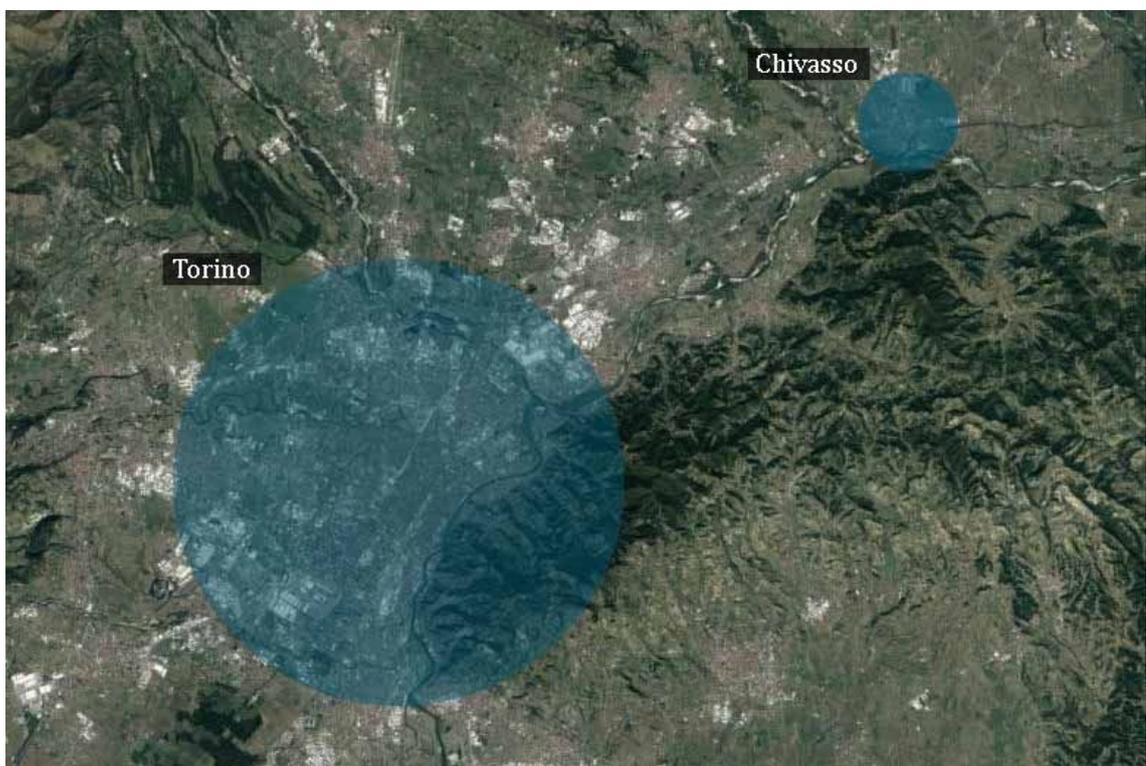


Fig. 32 - Vista satellitare

Il caso studio ha una posizione strategica perchè è posto nelle vicinanze della stazione dei treni e dei pullman (Fig. 33).



Fig. 33 - Vista satellitare della zona studio nella città di Chivasso

6.2. Analisi storica

Le prime informazioni, risalenti al 1918, rivelarono che l'edificio fu una fabbrica denominata conceria Mongini. Il fabbricato confinò a nord con la ferrovia Torino-Milano, a sud con un terreno adibito attualmente a scuola d'infanzia, ad est con dei parcheggi e ad ovest con una strada collegata ad altri parcheggi.

L'edificio fu costituito da un corpo fabbrica continuo a corte interna con la pianta a forma trapezoidale e si elevò per due piani. La struttura portante venne composta da pilastri in calcestruzzo armato e dalla muratura piena mentre i solai in laterocemento furono sostenuti da travi in calcestruzzo armato. La copertura fu costituita da capriate lignee con lastre di rivestimento. Nei quattro fronti delle facciate furono realizzate aperture piccole e regolari.

Dal 1923 divenne la S.I.L.P., Società Italiana Lavorazioni Pelli, di proprietà dei fratelli Bonaudo. Vennero attuati degli interventi nel 1928: nella manica a sud vennero realizzate delle stanze per la colorazione delle pelli, nella manica ad est dei locali per la pulitura delle pelli con vari trattamenti infine nella manica ad ovest degli alloggi mentre il cortile fu adibito a garages e deposito oli⁶⁴ (Fig. 34 - Fig. 37).

⁶⁴ Pocerobba E. (a cura), *L'industrializzazione a Chivasso tra fine Ottocento e Novecento. Ricerche storiche*, Romano Canavese (TO), Ferrero, 2004.

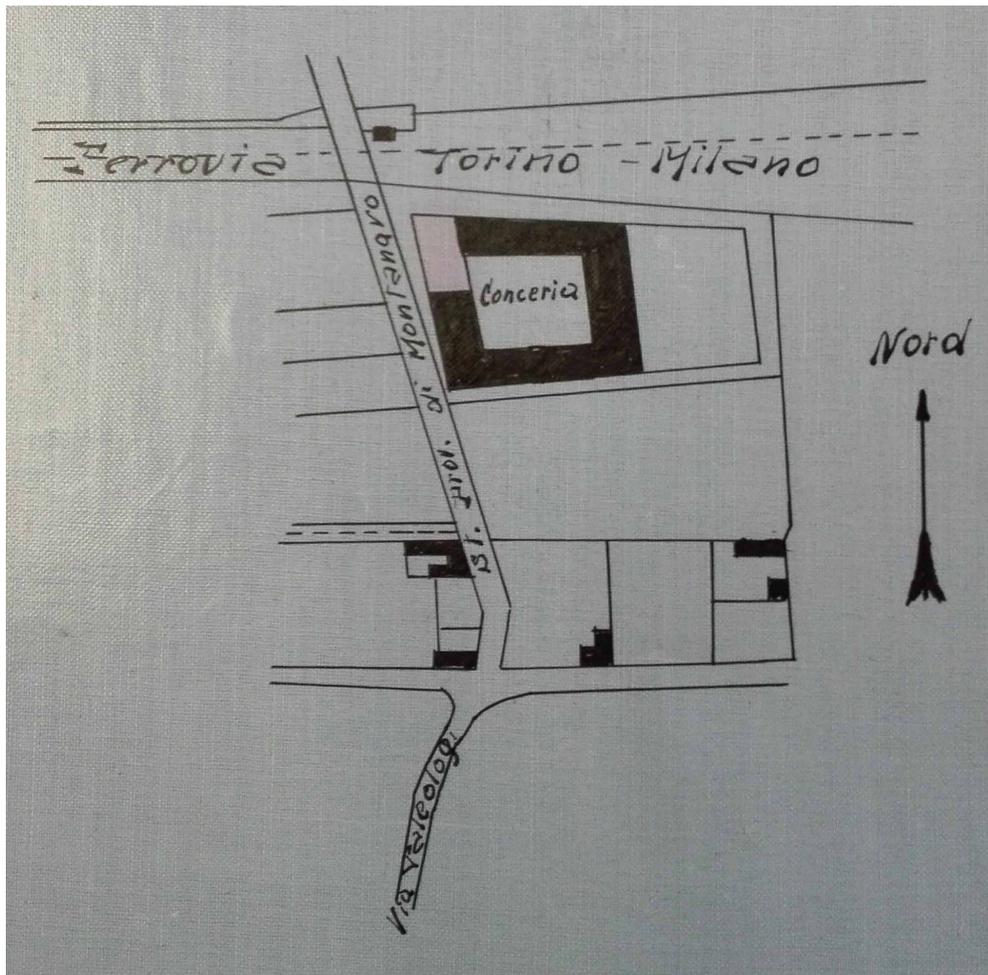


Fig. 34 - Planimetria della fabbrica nel 1928.

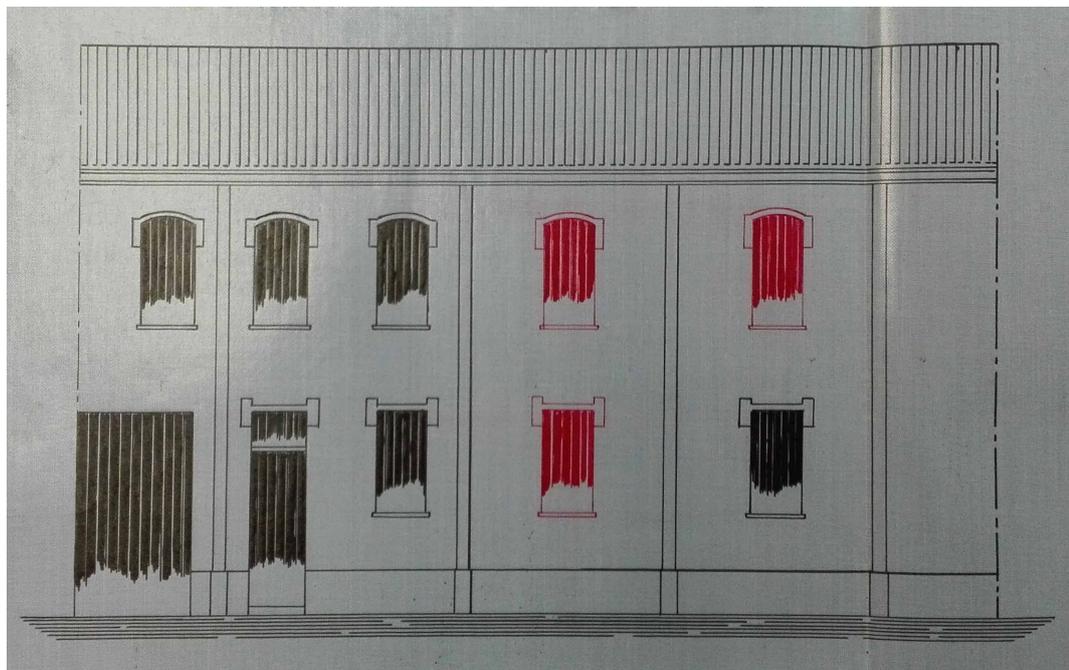


Fig. 35 - Prospetto ovest della fabbrica nel 1928.

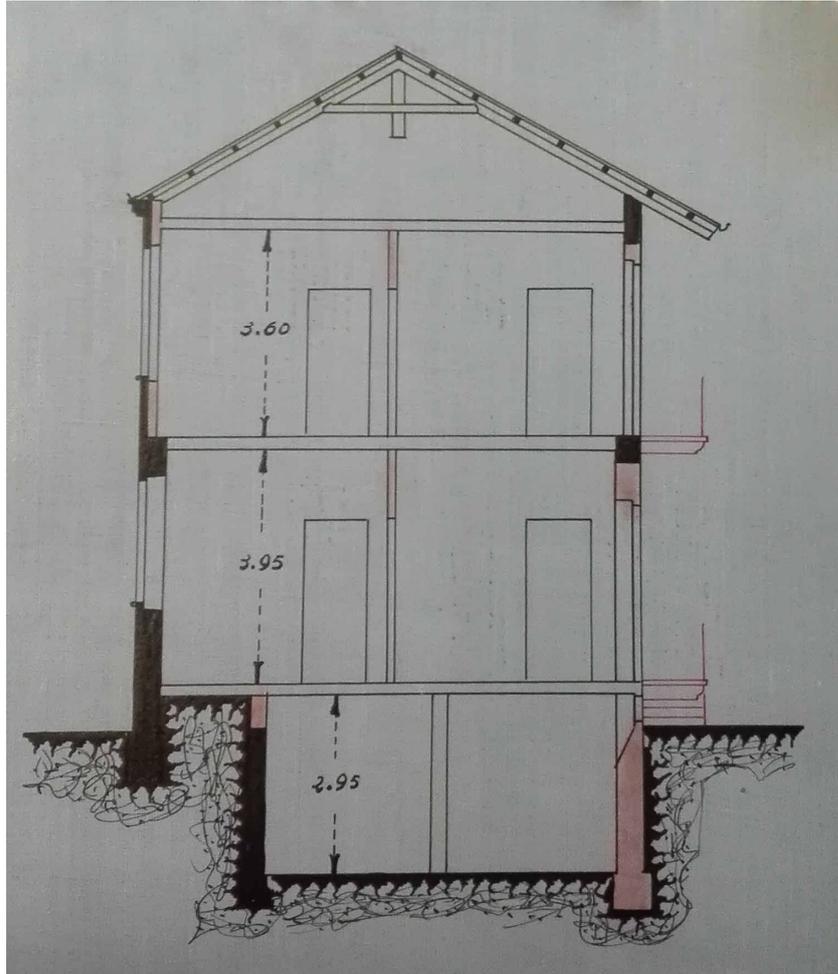


Fig. 36 - Sezione della fabbrica nel 1928.

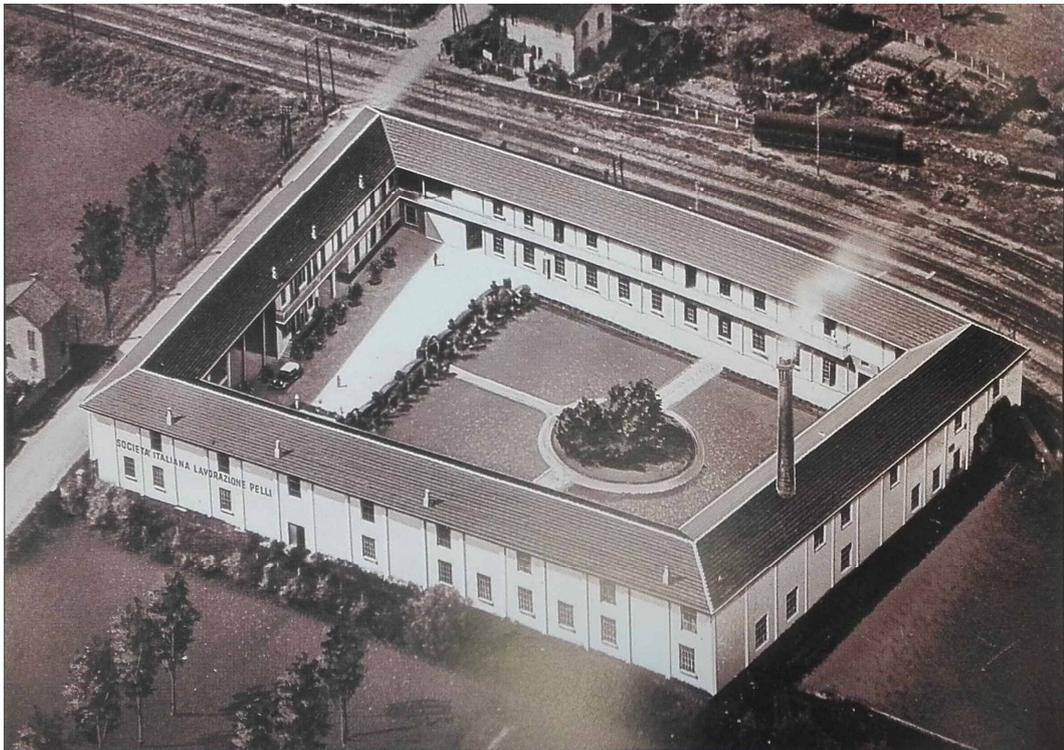


Fig. 37 - Vista aerea della fabbrica nel 1928.

L'edificio fu bombardato in parte nel 1944 e ricostruito tra 1945 e 1946, rispettando la struttura originale e mantenendo attiva la produzione. Durante il 1954 un incendio coinvolse parte della struttura e nel 1962 terminò l'attività industriale che fu spostata in un altro stabilimento⁶⁵. Il fabbricato visse anni di disuso fino al 1970-72 quando venne acquistato dal Comune di Chivasso con la necessità di realizzare una scuola elementare. Infatti durante la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento la città visse anni di prosperità grazie alle industrie. Con l'aumento della popolazione si rese necessario istituire dei doppi turni scolastici per sopperire alla carenza di aule. Da qui nacque il bisogno di realizzare dei nuovi complessi scolastici.

L'edificio si presentò con strutture portanti, murature, pilastri, travi, solai e fondazioni parzialmente in buono stato mentre gli infissi furono mancanti o distrutti. (Fig. 38). Gli intonaci furono da rifare per colpa dei prodotti chimici utilizzati durante il processo di lavorazione delle pelli. I servizi igienici, l'impianto elettrico e di riscaldamento furono mancanti. Da rifare anche pavimenti e giardino. Così nel 1976 iniziarono i lavori di ristrutturazione nell'ala sud ed ovest che si conclusero nel 1981 dopo molti ritardi a causa sia del mal tempo sia per la successiva richiesta di realizzare una sede per il liceo Scientifico. Per poter illuminare gli ambienti in modo naturale vennero ampliate le aperture e installati serramenti in alluminio; furono inseriti dei controsoffitti con materiale fonoassorbente per migliorare l'acustica degli spazi. Le pavimentazioni furono realizzate con le piastrelle in granito grigio e rosa in base agli ambienti. Vennero infine installati gli impianti idrici per acqua calda e fredda, di riscaldamento, elettrico, antincendio, la fognatura ed i pluviali e realizzati tutti i marciapiedi interni ed esterni.

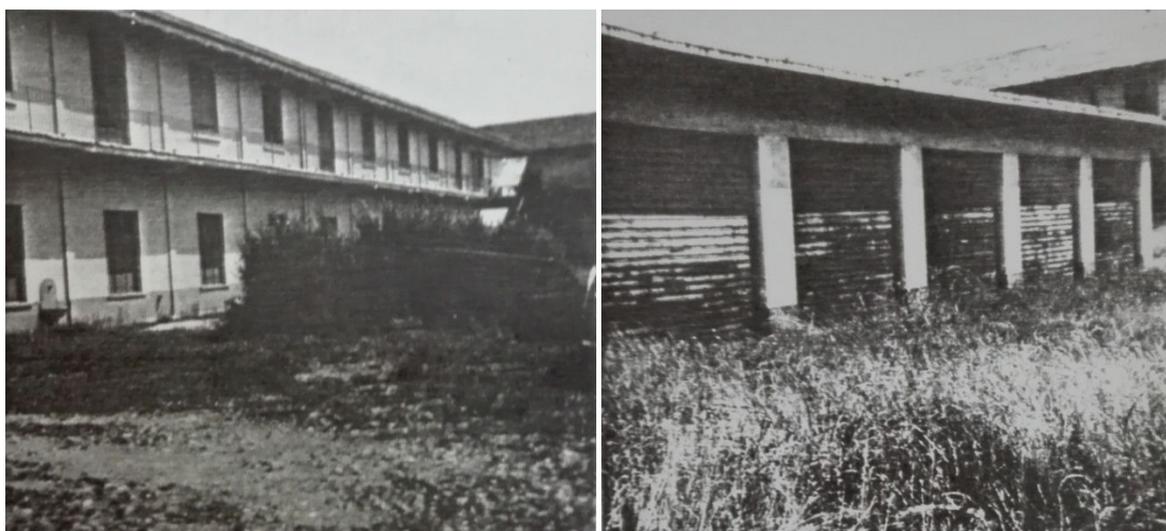
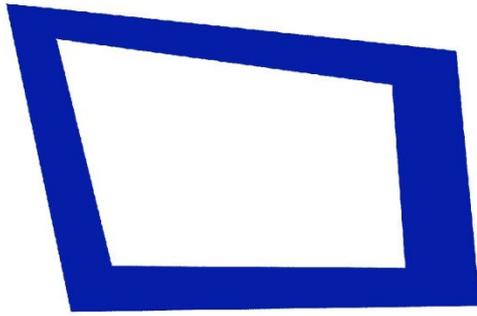


Fig. 38 - Edificio fotografato dall'interno della corte nel 1970.

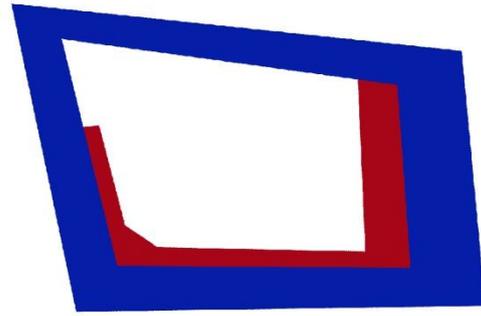
⁶⁵ Pocorobba E. (a cura), *L'industrializzazione a Chivasso tra fine Ottocento e Novecento. Ricerche storiche*, Romano Canavese (TO), Ferrero, 2004.

Nel 1977 alcuni locali nella manica sud e in una parte di manica a sud-est e sud-ovest vennero utilizzati per la scuola elementare. Nel 1979 furono conclusi i lavori per il liceo scientifico realizzando aule, laboratori e biblioteca. Le maniche nord ed est vennero ampliate e usate in grande parte come palestre di judo, di lotta e scherma ed in parte come magazzini per il comune. Due anni dopo fu realizzata la palestra in un fabbricato a sud che si collega con l'edificio attraverso un sovrappassaggio. Nel cortile fu costruito un prefabbricato di un piano in cui è stata inserita la centrale termica e fu risistemato il giardino. Durante gli anni '80 rimase solo la funzione di liceo e dopo un ventennio circa, una parte del fabbricato divenne la succursale dell'istituto magistrale Europa Unita (*Fig. 39*).

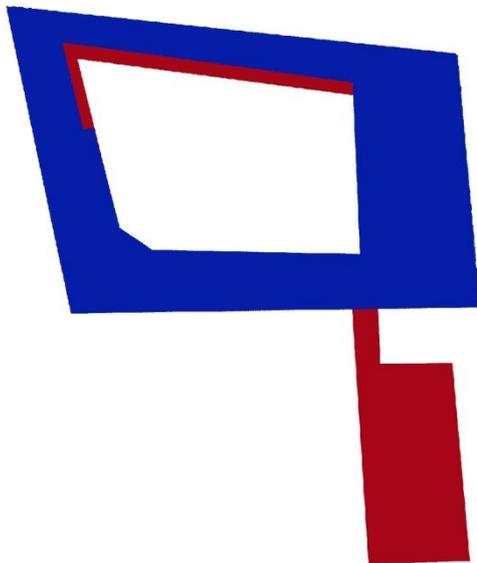
Nel 2006 vennero effettuati lavori di adeguamento normativo come inserimento di murature REI 60 in blocchi di calcestruzzo alleggerito, porte certificate, controsoffitti, rampe di accesso.



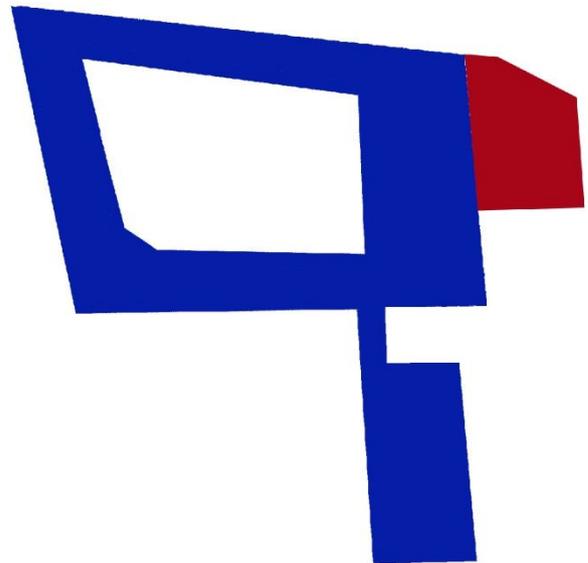
1923_ Conceria SILP.



1945-46_ Conceria SILP.



1981_ Scuola elementare e liceo scientifico Isaac Newton.



1984_ Liceo Scientifico e Classico Isaac Newton. La zona rossa divenne la succursale dell'istituto magistrale Europa Unita dal 1998.

Fig. 39 - Ampliamenti del fabbricato nel corso nel Novecento.

Attualmente l'edificio si sviluppa su due piani fuori terra ed è raggiungibile mediante una strada carrabile collocata ad ovest di esso che lo costeggia ed un passaggio pedonale posto ad est che connette l'immobile con la zona dei trasporti pubblici. Il liceo ha 2 ingressi principali: uno a sud e l'altro ad ovest mentre l'istituto ne possiede solo uno situato nel lato meridionale. Al piano terra, rialzato di 0,72 m dal terreno, si accede mediante l'ausilio di quattro scalini ed una rampa non avente la pendenza dell'8% come stabilito per legge. Questa non è presente nell'ingresso sud del liceo. Quando gli allievi entrano sono accolti da modeste sale da cui si sviluppano sia i corridoi che le scale a due rampe. Le aule e gli uffici sono presenti su entrambi i piani infine le portinerie sono collocate nei pressi di ogni ingresso principale.

Di seguito sono inserite le foto della struttura attuale effettuate durante diversi sopralluoghi del 26 Aprile 2018, 1 Agosto 2018 e 28 Novembre 2018 (Fig. 40 - Fig. 47).

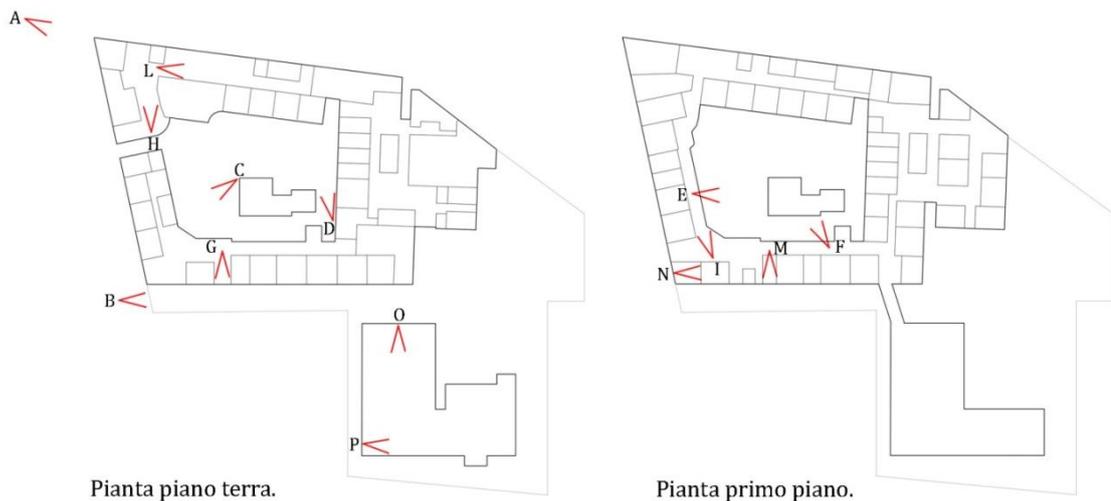


Fig. 40 - Inquadramento fotografico.



Fig. 41 - Fotografia del caso studio dall'esterno (A e B).



Fig. 42 - Fotografia del caso studio dalla corte interna (C e D).



Fig. 43 - Fotografia della centrale termica situata nella corte interna (E e F).



Fig. 44 - Fotografia degli ingressi principali del Liceo (G e H).



Fig. 45 - Fotografia dei corridoi del Liceo (I e L).



Fig. 46 - Fotografia di alcune aule del Liceo (M e N).



Fig. 47 - Fotografia della palestra principale del Liceo (O e P).

6.3.Funzioni

Segue una serie di grafici per spiegare la distribuzione delle varie funzioni all'interno del complesso scolastico che riprende la caratteristica della tipologia a corridoio in cui aule, affacciate verso il lato con la miglior illuminazione, sono collegate da lunghi corridoi.

Le **aule** al piano terra sono così disposte:

- nella manica nord ci sono 4 aule di dimensioni 7 x 7,5 m. Due di loro ospitano 21 studenti e le rimanenti 24;
- nella manica sud ci sono 5 aule aventi dimensioni una 6 x 7,2 m, una 7,8 x 7,7 m e le tre rimanenti 7,8 x 8,6 m. Esse ospitano rispettivamente 23, 25 e 26 studenti;
- nella manica est ci sono 8 aule aventi dimensioni una 5,8 x 8 m, una 7,8 x 7,7 m e le tre rimanenti 7,8 x 8,6m. Esse ospitano rispettivamente 23, 25 e 26 studenti;
- nella manica ovest ci sono 4 aule aventi dimensioni una 5,8 x 7,8 m, due 5,8 x 8 m e una 5,8 x 8,8 m. Esse ospitano rispettivamente 20 e 22 studenti;

e al primo piano sono così collocate:

- nella manica nord ci sono 6 aule aventi dimensioni due 7,5 x 7 m e quattro 7,5 x 7 m. Esse ospitano rispettivamente 16, 20, 21, 22, 24 e 26 studenti;
- nella manica sud ci sono 7 aule aventi dimensioni due 5,9 x 8,1 m, una 7,8 x 4,8 m, una 7,8 x 5,6 m, una 7,8 x 8 m e due 7,8 x 8,6 m. Esse ospitano rispettivamente 13, 19, 21, 23, 24 e 26 studenti;
- nella manica est ci sono 13 aule aventi dimensioni una 5,8 x 8 m, due 5,8 x 8,8 m, una 6,2 x 7,4 m, due 6,7 x 7 m, due 6,2 x 8 m, tre 6,6 x 8,2 m e due 7,8 x 7,8 m. Esse ospitano rispettivamente 19, 21, 23, 24, 25 e 22 studenti;
- nella manica ovest ci sono 5 aule aventi dimensioni due 5 x 8 m, una 5,4 x 8 m e due 7,4 x 8 m. Esse ospitano rispettivamente 14, 19, 20 e 21 studenti.

Hanno metrature diverse poichè contengono un numero di studenti differente ma ognuna di esse rispetta i metri quadri imposti per ciascun alunno. In entrambi i livelli vi sono alcune unità pedagogiche con un personal computer e proiettore.



I **laboratori** sono collocati in entrambi i piani e sono di varie tipologie: linguistici, fisici e chimici.



Ci sono sette **uffici** al pian terreno nelle vicinanze degli ingressi principali e due nel piano superiore.



L'**auditorium** è localizzato al pian terreno, vicino all'ingresso della manica ovest e può accogliere 99 persone. È utilizzato per attività interne come conferenze, assemblee e spettacoli.



La **biblioteca** è situata al primo piano ed è adiacente alla sala insegnanti. La prima dispone di bibliografie consultabili dagli utenti. Gli arredi utilizzati sono flessibili e permettono le attività individuali o di gruppo. Nella seconda gli insegnanti possono lavorare individualmente, utilizzare una postazione computer o ricevere gli alunni ed i genitori.



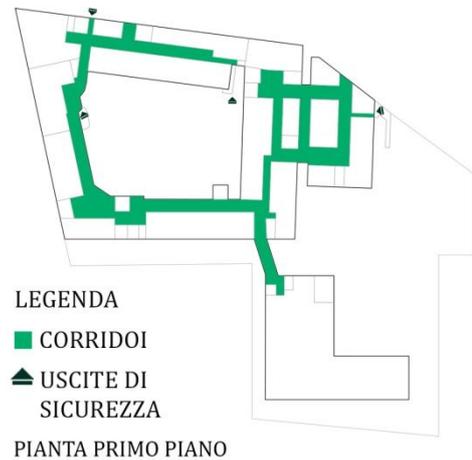
L'intero edificio dispone di 3 **palestre**: due per il liceo, una di tipo A2 e l'altra di tipo B2 e una per l'istituto di tipo A2. Quest'ultima è seminterrata, a meno 1,5 metri e vi si può accedere mediante una rampa e una scala interna o una rampa esterna. La palestra principale viene raggiunta tramite un sovrappassaggio collegato al fabbricato al primo piano o dal cortile interno da cui si può anche accedere all'ultimo corpo fabbrica che ha dimensioni minori. La palestra principale inoltre viene utilizzata anche durante il tempo extrascolastico. Tutte sono dotate di servizi igienici e spogliatoi sia per gli alunni che per gli insegnanti.



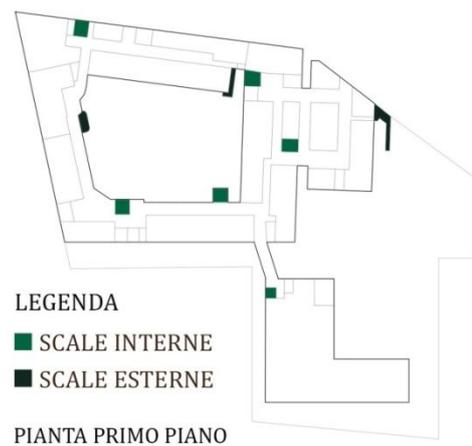
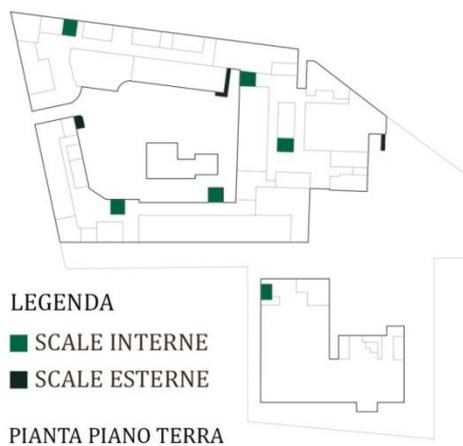
I **servizi igienici** sono distribuiti su entrambi i piani e nelle palestre. Il numero totale è 118 di cui 6 sono per i disabili.



I **corridoi** affacciano sulla corte interna e hanno quasi tutti una larghezza di 3 metri con una lunghezza complessiva di 525 metri. Al piano terra ve ne sono tre che possono essere raggiunti passando sempre dalla corte mentre al primo piano ne è situato soltanto uno, interrotto da un tramezzo per mantenere separate le due unità scolastiche. Le **uscite di sicurezza** sono 7 al piano terra e 4 al primo piano.



Per la parte di distribuzione verticale ci sono 5 **scale** interne: 3 per il liceo e 2 per l'istituto e rispettivamente 2 ed una scale esterne antincendio. Infine sono presenti 3 ascensori.



6.4.Struttura

Segue una descrizione di tutti gli elementi che compongono il fabbricato da quelli portanti come i pilastri e le murature perimetrali a quelli portati come solai, coperture e serramenti. Le dimensioni sono indicate in metri perchè il software usato richiede questa unità di misura.

Pilastri

La struttura portante è costituita da pilastri in cemento armato di varie dimensioni:

- 0,50x0,50 m nelle palestre;
- 0,35x0,55 m nella manica nord lato ferrovia;
- 0,35x0,45 m nella manica ovest ed est lato strada;
- 0,35x0,40 m nella manica sud lato strada;
- 0,40x0,40 m nelle maniche verso la corte.

Questi sui fronti esterni fuoriescono dalla struttura creando i ponti termici.

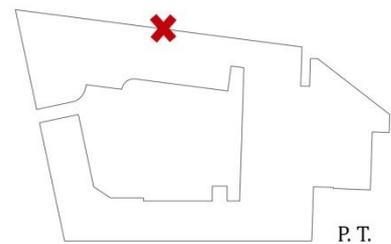
Murature perimetrali

I tamponamenti esterni sono realizzati in muratura cassa vuota e vi sono di diversi tipi così suddivisi:

1)

Localizzazione:

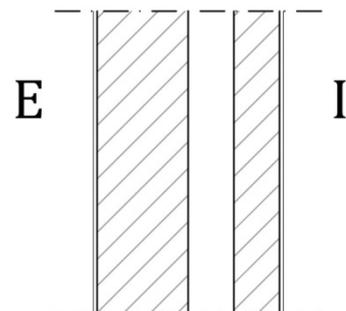
- Fronte nord lato strada piano terra



Spessore: 0,50 m

Stratigrafia (dall'esterno all'interno):

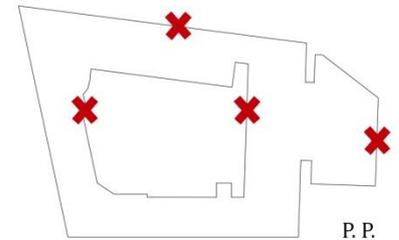
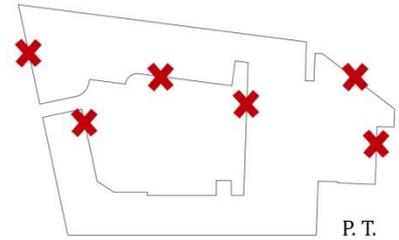
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m
- Mattoni forati 0,24 m
- Intercapedine d'aria 0,12 m
- Mattoni pieni 0,12 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



2)

Localizzazione:

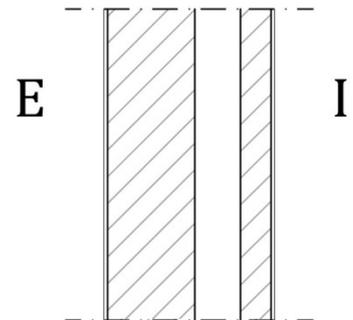
- Fronte est ed ovest lato strada piano terra
- Fronte nord ed est lato strada primo piano
- Fronte nord, est ed ovest lato corte piano terra
- Fronte est ed ovest lato corte primo piano



Spessore: 0,45 m

Stratigrafia (dall'esterno all'interno):

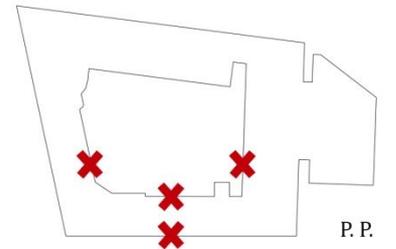
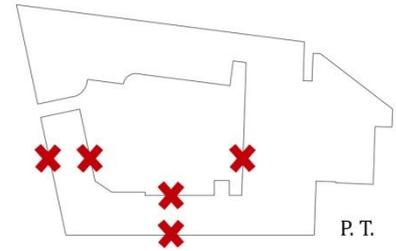
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m
- Mattoni forati 0,23 m
- Intercapedine d'aria 0,12 m
- Mattoni pieni 0,08 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



3)

Localizzazione:

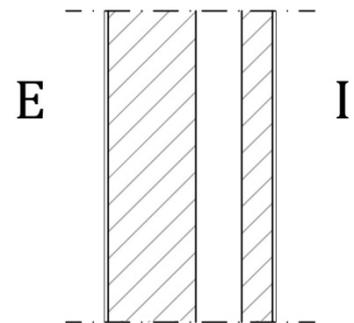
- Fronte sud ed ovest lato strada piano terra
- Fronte sud lato strada primo piano
- Fronte sud, est ed ovest lato corte piano terra
- Fronte sud, est ed ovest lato corte primo piano



Spessore: 0,45 m

Stratigrafia (dall'esterno all'interno):

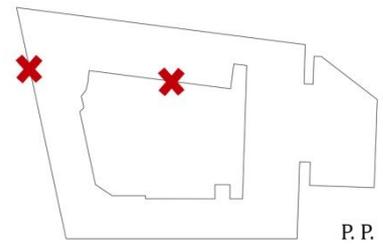
- Intonaco non traspirante di calce e gesso 0,01 m
- Mattoni forati 0,24 m
- Intercapedine d'aria 0,12 m
- Mattoni pieni 0,12 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



4)

Localizzazione:

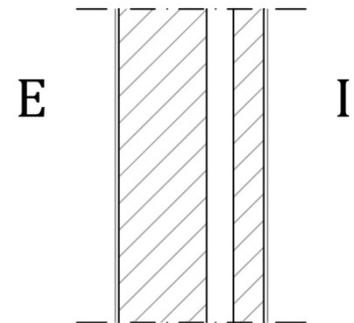
- Fronte ovest lato strada primo piano
- Fronte nord lato corte primo piano



Spessore: 0,40 m

Stratigrafia (dall'esterno all'interno):

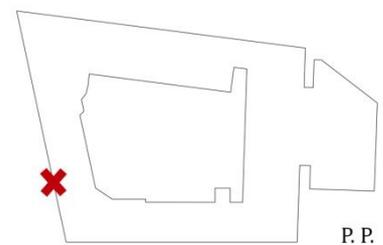
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m
- Mattoni forati 0,23 m
- Intercapedine d'aria 0,07 m
- Mattoni pieni 0,08 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



5)

Localizzazione:

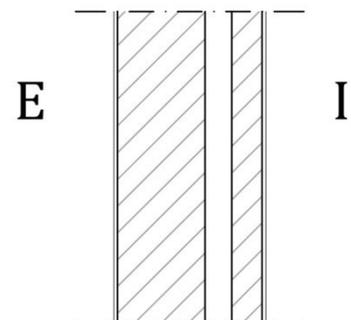
- Fronte ovest lato strada primo piano



Spessore: 0,40 m

Stratigrafia (dall'esterno all'interno):

- Intonaco non traspirante di calce e gesso 0,01 m
- Mattoni forati 0,23 m
- Intercapedine d'aria 0,07 m
- Mattoni pieni 0,08 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



Murature divisorie

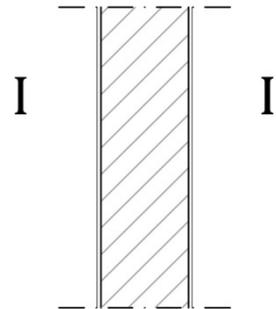
Le divisioni interne sono in realizzate da blocchi in laterizio con intonacatura.

Spessore: 0,10, 0,20, 0,25 m

Stratigrafia:

- Intonaco di calce e gesso
- Mattoni forati
- Intonaco di calce e gesso

Gli spessori dell'intonaco sono 0,01 metri mentre quelli del laterizio sono 0,08 , 0,18 e 0,23 metri.



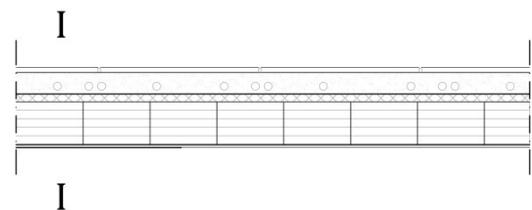
Solai

Le partizioni orizzontali del pian terreno, dell'interpiano e sotto-tetto hanno la struttura portante in latero-cemento composto da travetti in calcestruzzo ed elementi alleggeriti in laterizio, comunemente denominate pignatte. Al di sopra sono stati posati due strati: uno di calcestruzzo alleggerito con impianti e l'altro di piastrelle in granito. Dalla precedente descrizione vengono esclusi i solai dei sottotetti che sono realizzati con le solette in latero-cemento e strato di calcestruzzo livellante.

Spessore: 0,30 m

Stratigrafia:

- Piastrelle in granito 0,02 m
- Calcestruzzo alleggerito con impianti 0,08 m
- Solaio in latero-cemento con soletta in calcestruzzo alleggerito 0,19 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



Coperture

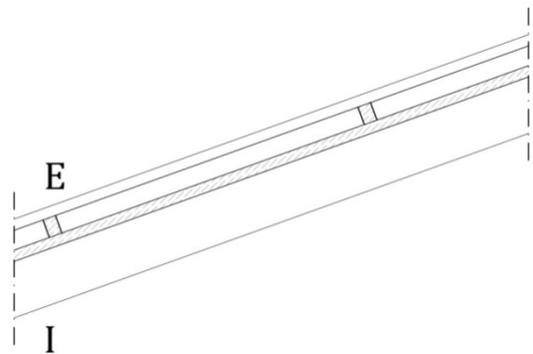
Le coperture sono di due tipologie: tetto a due falde con orditura lignea e tetto piano. La struttura portante del tetto a falda sono le capriate lignee e le parti non portanti sono realizzate da tavolato in legno, travetti e lamiera grecata. Esso ricopre ogni manica del complesso scolastico. Il tetto piano è realizzato da un solaio in latero-cemento per la parte portante e tavolato, travetti e lamiera grecata per le componenti non strutturali. Esso è accostato ad ogni manica, leggermente sotto il tetto a falde, all'interno della corte. Di seguito sono riportate le stratigrafie del tetto a falda e piano.

1)

Spessore: 0,35 m

Stratigrafia:

- Lamiera grecata 0,04 m
- Travetti in legno 0,07 m
- Tavolato in legno 0,04 m
- Trave in legno 0,20 m

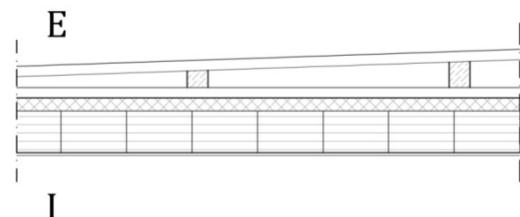


2)

Spessore: 0,50 m

Stratigrafia:

- Lamiera grecata 0,04 m
- Travetti in legno con pendenza 0,10 m
- Tavolato in legno 0,04 m
- Solaio in latero-cemento con soletta in cls alleggerito 0,21 m
- Intonaco di calce e gesso 0,01 m



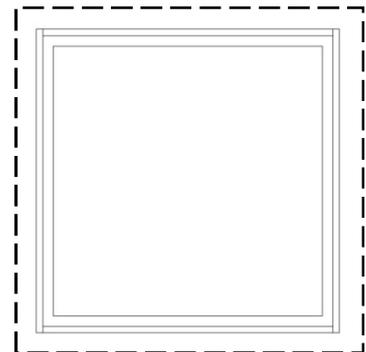
Serramenti_finestre

Le finestre sono realizzate con telai in alluminio e vetrocamera. Hanno forma mediamente rettangolare. Si presentano in nove diverse tipologie riportate di seguito. La schermatura è realizzata con veneziane interne in plastica verde azionate manualmente.

TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F1	F1.1	0,9	0,9	0,81	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA

Localizzazione:

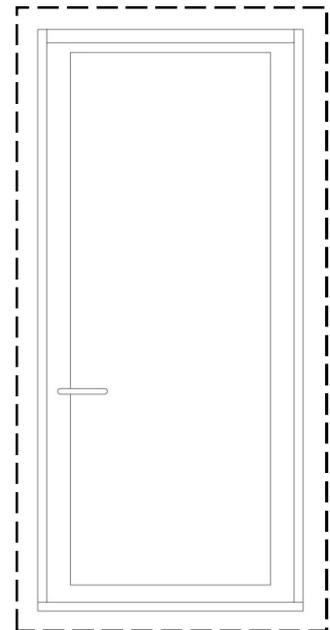
- Maniche sud ed ovest lato strada
- Maniche sud ed ovest lato corte



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F2	F2.1	0,9	2	1,8	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA

Localizzazione:

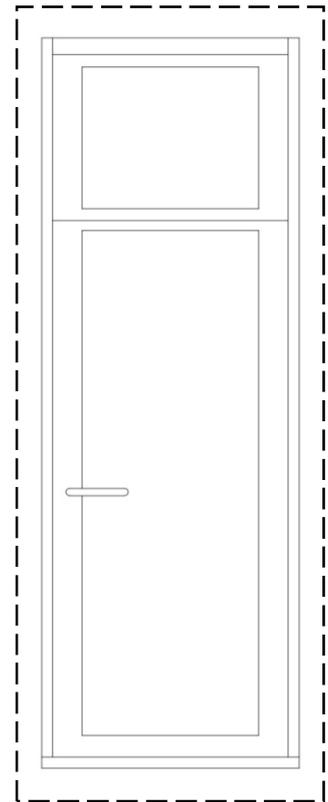
- Manica ovest lato corte



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F3	F3.1	0,7	2	1,4	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA
	F3.2	0,8	2	1,6		

Localizzazione:

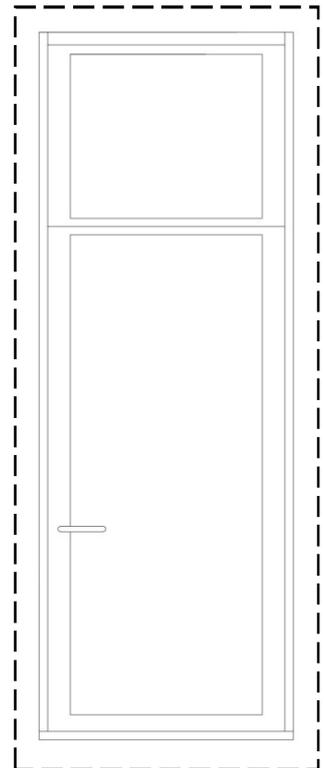
- Maniche sud, est, ovest lato strada
- Manica est lato corte



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F4	F4.1	0,9	2,5	2,25	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA

Localizzazione:

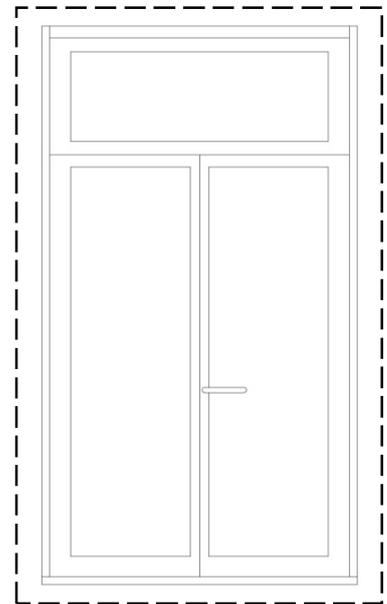
- Manica ovest lato corte



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F5	F5.1	1,2	2,2	2,64	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA
	F5.2	1,3	2,2	2,86		
	F5.3	1,4	2,2	3,08		
	F5.4	1,5	2,2	3,3		
	F5.5	1,6	2,2	3,52		
	F5.6	2,2	2,2	4,84		

Localizzazione:

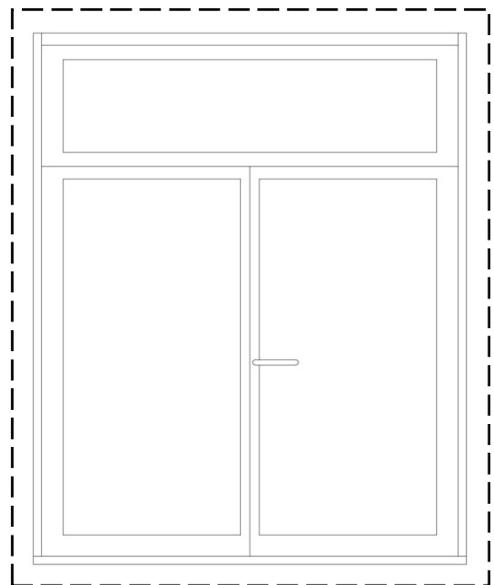
- Maniche nord ed ovest lato strada



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F6	F6.1	1,6	2	3,2	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA

Localizzazione:

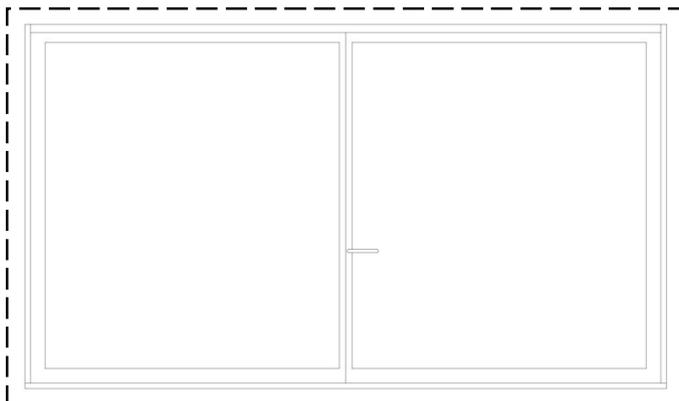
- Maniche sud ed est lato strada



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F7	F7.1	2,3	2	4,6	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA
	F7.2	2,5	2	5		
	F7.3	3	2	6		
	F7.4	3,5	2	7		

Localizzazione:

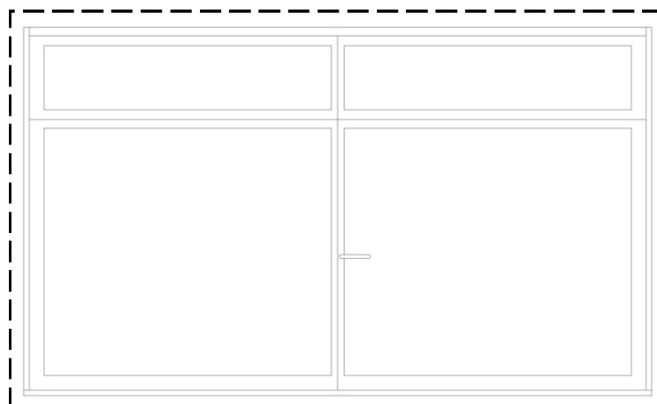
- Maniche sud, est ed ovest lato corte



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F8	F8.1	1,6	2	3,2	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA
	F8.2	2	2	4		
	F8.3	2,2	2	4,4		
	F8.4	2,4	2	4,8		
	F8.5	3	2	6		
	F8.6	3,4	2	6,8		

Localizzazione:

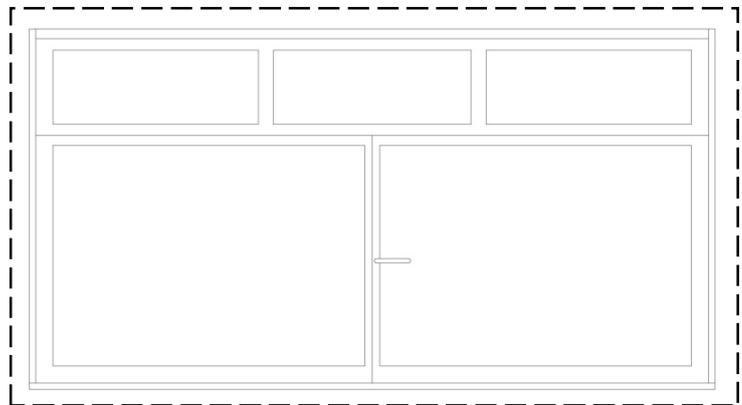
- Maniche sud, est ed ovest lato strada
- Manica est lato corte



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
F9	F9.1	3,2	1,7	5,44	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA

Localizzazione:

- Manica nord lato corte



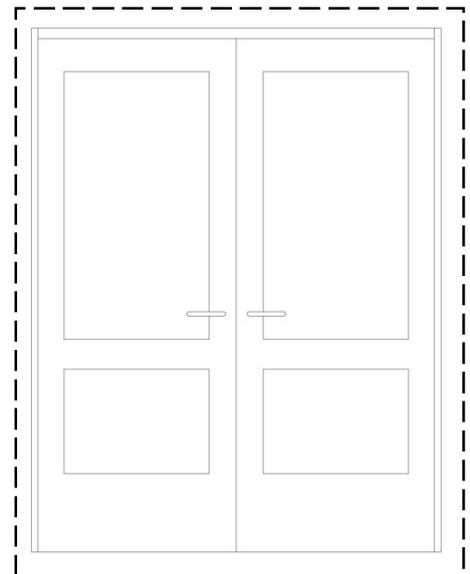
Serramentiporte

Le porte esterne sono realizzate con telai in alluminio e vetrocamera mentre quelle interne hanno il telaio e il pannello in legno.

TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
P1	P1.1	1,8	2,3	4,14	ALLUMINIO ZINCATO PREVERNICIATO, NO TAGLIO TERMICO	VETROCAMERA

Localizzazione:

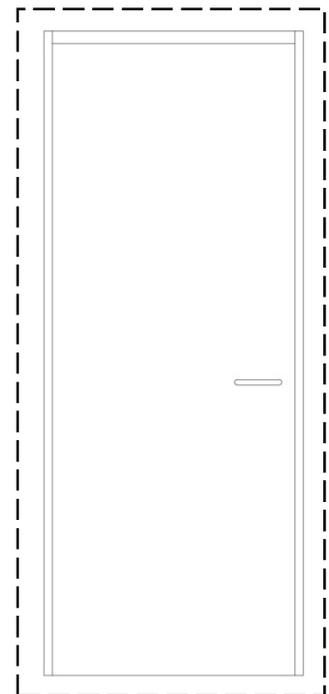
- In tutte le uscite di tutte le maniche



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	PANNELLO
P2	P2.1	0,75	2,3	1,73	LEGNO	LEGNO VERNICIATO
	P2.2	0,8	2,3	1,84		

Localizzazione:

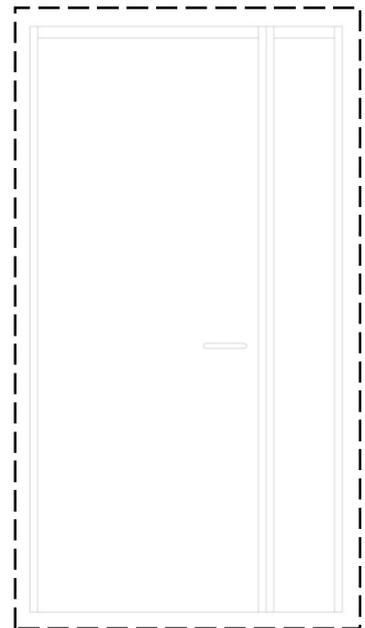
- In tutte le aule situate nelle maniche est, ovest e sud



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
P3	P3.1	1,2	2,3	2,76	LEGNO	LEGNO VERNICIATO

Localizzazione:

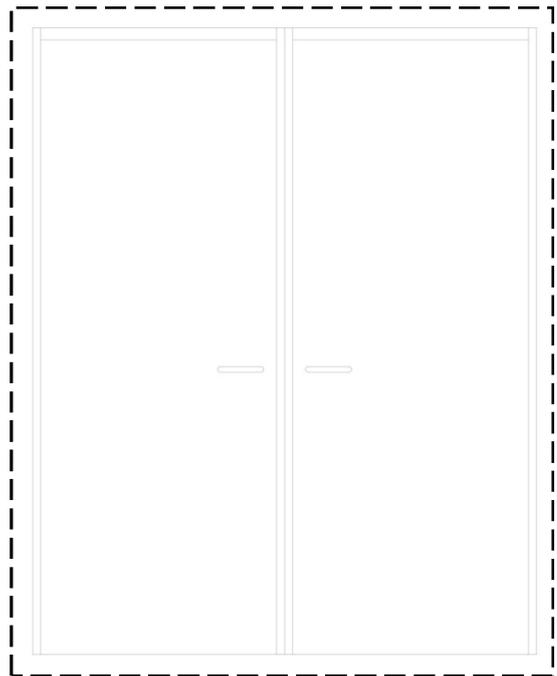
- In tutte le aule situate nella manica nord



TIPO		DIMENSIONI			MATERIALE	
		BASE (m)	ALTEZZA (m)	AREA(m ²)	TELAIO	VETRO
P4	P4.1	1,6	2,3	3,68	LEGNO	LEGNO VERNICIATO

Localizzazione:

- In tutti i laboratori situati in ciascuna manica



6.5.Schede tecniche sul rilievo delle anomalie

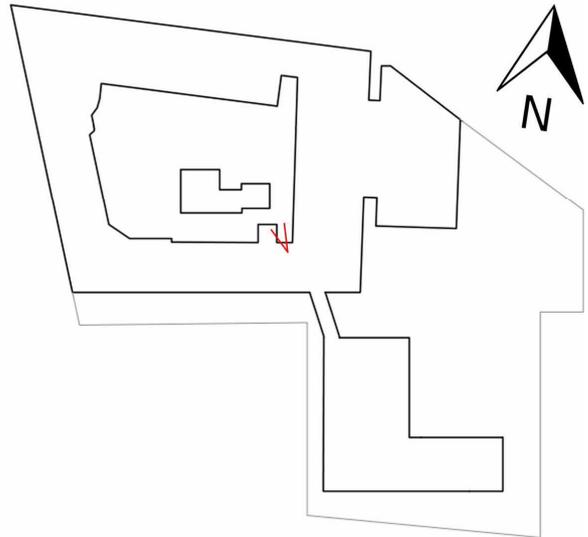
TAVOLA 1

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0432 scattata il 01/08/2018, ore 8,47.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta primo piano.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con assenza di intonaco.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Staccamento dello strato di rivestimento costituito da intonaco e malta fino al raggiungimento, in alcune zone, del solaio di copertura in latero-cemento posto al primo piano.

POSSIBILE INTERVENTO

Rimozione dell'intonaco ammalorato con successiva stesura di malta e di un nuovo strato protettivo di intonaco.

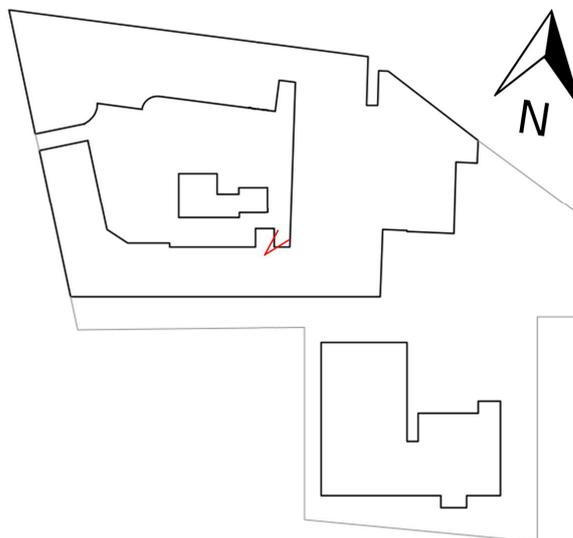
TAVOLA 2

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0512 scattata il 01/08/2018, ore 12,22.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta piano terra.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con assenza di intonaco.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Staccamento dello strato di rivestimento costituito da intonaco e malta nelle pareti perimetrali del pian terreno.

POSSIBILE INTERVENTO

Rimozione del basamento in pietra, scrostamento dell'intonaco con inserimento di un intonaco traspirante.

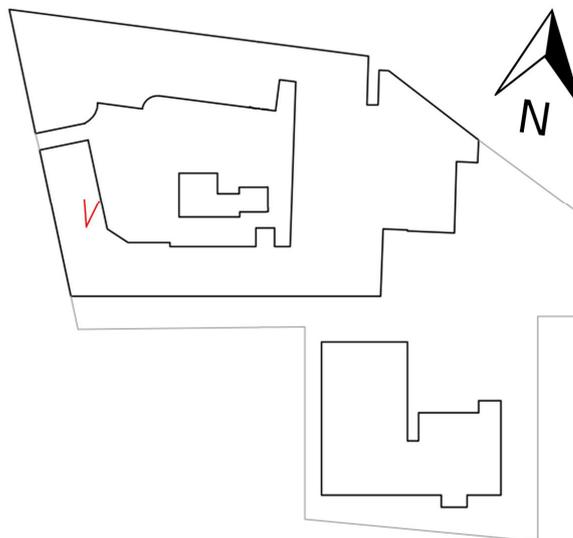
TAVOLA 3

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_1833 scattata il 26/04/2018, ore 10,47.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta piano terra.

ANOMALIA VISIBILE

Riduzione spessore perimetrale dei muri.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Serramenti a basse prestazioni e presenza di nicchie al di sotto delle finestre in ogni parete perimetrale dell'edificio.

POSSIBILE INTERVENTO

Sostituzione dei serramenti con delle tipologie ad alta efficienza inoltre inserimento di uno strato isolante nel lato esterno della muratura ed eventuali aggetti in base all'orientamento dei fronti.

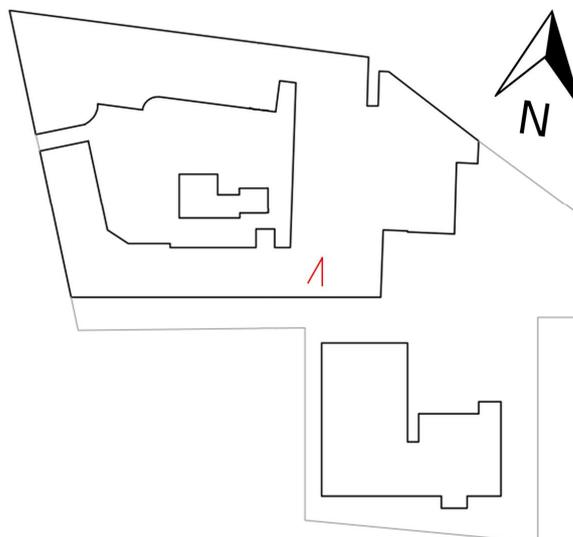
TAVOLA 4

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0495 scattata il 01/08/2018, ore 12,17.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta piano terra.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con assenza di intonaco e malta.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Staccamento dello strato di rivestimento costituito da intonaco e malta. In alcuni punti in un'aula al pian terreno sono danneggiati i laterizi delle murature inoltre vi sono anche delle muffe causate dalla possibile presenza di acidi, provenienti dalle vasche che un tempo erano utilizzate nella produzione e colorazione delle pelli.

POSSIBILE INTERVENTO

Rimozione di eventuali muffe con successivo reinserimento di malta, intonaco e rinteggiatura. L'uso di una parete isolata con apposito isolante potrebbe permettere alla muratura di traspirare rilasciando eventuali acidi all'esterno.

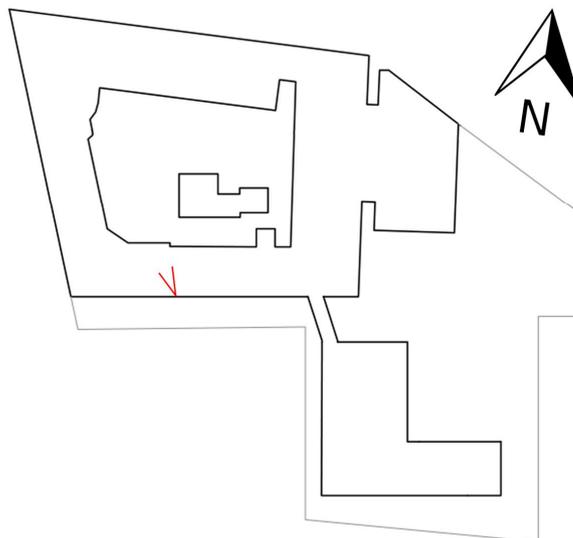
TAVOLA 5

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0487 scattata il 01/08/2018, ore 13,50.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta primo piano.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con assenza di intonaco e presenza di muffa.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Staccamento dello strato di rivestimento costituito da intonaco con presenza, a volte, di muffa.

POSSIBILE INTERVENTO

Scrostamento dell'intonaco e rimozione di eventuali muffe con successivo reinserimento di intonaco e tinteggiatura.

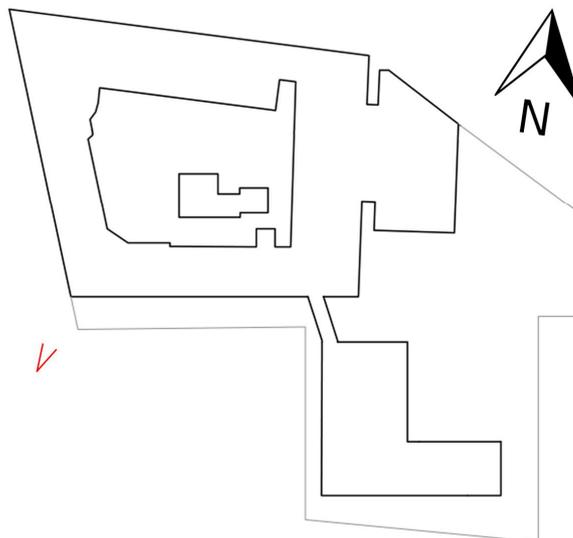
TAVOLA 6

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0548 scattata il 01/08/2018, ore 14,06.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta primo piano.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con tavolato ammalorato.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Danneggiamento del tavolato della copertura con eventuale rischio per la protezione della capriata.

POSSIBILE INTERVENTO

Sostituzione delle parti ammalorate nella copertura.

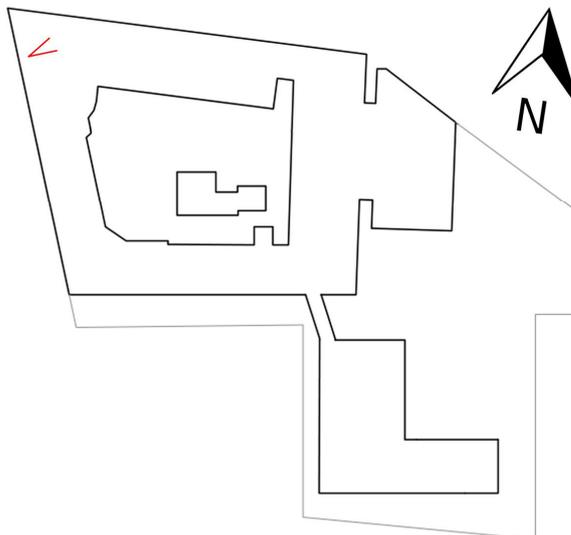
TAVOLA 7

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0476 scattata il 01/08/2018, ore 11,37.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta primo piano.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con presenza di fori nel solaio.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Danneggiamenti del solaio evidentemente dovuto ad una scorretta posa del rinforzo metallico nella biblioteca del primo piano.

POSSIBILE INTERVENTO

Correzione delle imperfezioni inserendo malta, intonaco e successiva installazione di un controsoffitto.

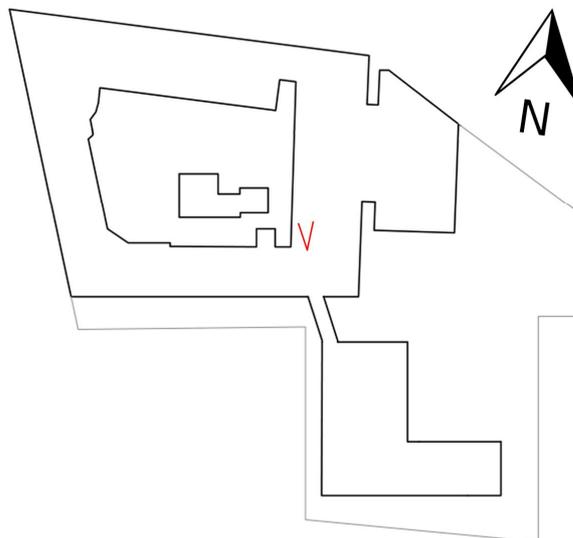
TAVOLA 8

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0445 scattata il 01/08/2018, ore 10,11.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta primo piano.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con presenza di macchie.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Infiltrazioni nella copertura con evidente presenza di umidità e muffa nei moduli del controsoffitto.

POSSIBILE INTERVENTO

Sostituzione dei moduli danneggiati con inserimento di uno strato impermeabilizzante nella copertura per evitare ulteriori infiltrazioni.

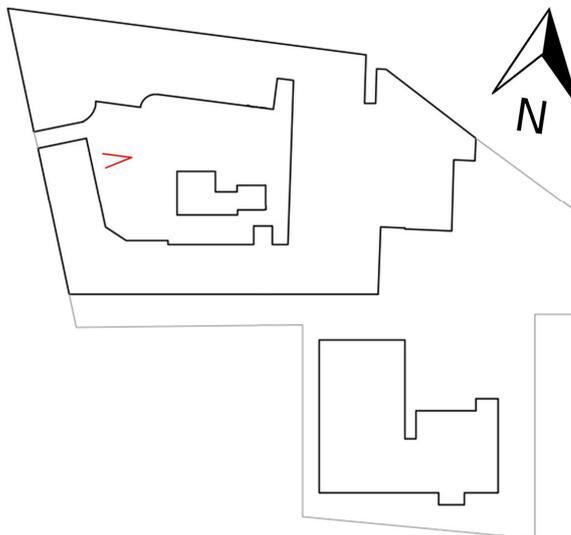
TAVOLA 9

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0478 scattata il 01/08/2018, ore 11,52.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta piano terra.

ANOMALIA VISIBILE

Zone con presenza di cemento ammalorato.

STATO DI PROGRESSIONE

In avanzamento.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Danneggiamento delle parti in cemento della scala a tal punto da mostrare i ferri in alcuni punti. Rischio di una possibile carbonatazione.

POSSIBILE INTERVENTO

Stesura di una vernice protettiva e nei luoghi in cui vi è la presenza di carbonatazione rimozione del calcestruzzo ammalorato.

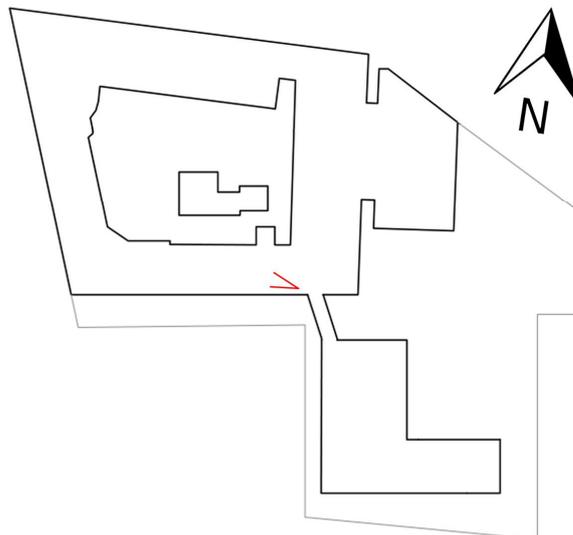
TAVOLA 10

RILIEVO FOTOGRAFICO



Foto DSC_0447 scattata il 01/08/2018, ore 10,46.

LOCALIZZAZIONE IN PIANTA



Pianta primo piano.

ANOMALIA VISIBILE

Presenza di colori inadeguati.

STATO DI PROGRESSIONE

Stabile.

DESCRIZIONE ANOMALIE

Colori delle pareti errati con probabile formazione di discomfort visivo degli utenti.

POSSIBILE INTERVENTO

Ritinteggiatura delle pareti attraverso l'uso di colori più tenui, adeguati alle funzioni che si devono svolgere nelle aule.

6.6.Intervista al preside

All'inizio di questo progetto è avvenuto un incontro con diversi attori della Città Metropolitana i quali hanno evidenziato le criticità della scuola sottolineando l'esigenza di un intervento per riqualificarla. Successivamente è stato incontrato il Preside del complesso per poter analizzare sia gli aspetti positivi che quelli negativi vissuti in prima persona da un utente dell'immobile.

Segue la descrizione dell'intervista al Preside avvenuta in data 11/09/2018.

"Quali novità propone la scuola per mantenere o addirittura aumentare il numero di iscritti?"

Con l'anno accademico 2018/2019 la scuola ha inserito il liceo musicale. Secondo il preside l'avanguardia di questa scelta è creare una continuità dello studio della musica dalla scuola secondaria di primo livello al Conservatorio senza usufruire di un apprendimento privato. Per il futuro egli vuole ripensare al liceo classico: da una parte reinserendo il liceo classico della comunicazione in cui due docenti interagiranno tra gli argomenti delle singole materie e l'informatica, dall'altra parte invece si dovrà trovare una soluzione per il corso del classico ordinario poichè è l'unico in cui il numero di iscritti è diminuito. Per il resto dei corsi l'andamento delle iscrizioni sono buone, anzi nel futuro egli ha scommesso su di un possibile aumento.

"Ritiene che sia possibile l'apertura della struttura in orario extrascolastico per permettere anche alle persone della comunità di usufruire dell'edificio?"

Per mancanza di fondi l'immobile non può essere utilizzato nelle ore extrascolastiche, ma trovando dei finanziamenti potrebbe diventare un polo culturale. Dallo scorso anno la scuola collabora con l'UNITRE (università della terza età) permettendo agli studenti di condividere esperienze con altre generazioni.

"L'ipotesi progettuale prevede lo spostamento della centrale termica, attualmente collocata nella corte, ad un livello interrato e la realizzazione un nuovo fabbricato per la ristorazione e le attività che incorporano sia la parte scolastica che non. Cosa ne pensa?"

Il Preside ha espresso entusiasmo alla proposta richiedendo però di mantenere il fabbricato ospitante la centrale termica per evitare costi ingenti e di trovare un nuovo luogo per l'archivio. Inoltre ha riscontrato un problema per quanto riguarda la copertura del fabbricato stesso poichè dotato di inclinazioni non idonee secondo normativa.

"L'idea di realizzare un centro per la comunità sottolinea maggiormente l'importanza che si dovrebbe dare ad una scuola, ma come ha sottolineato lei mancano i fondi. Secondo lei chi potrebbe finanziare il progetto?"

Le opzioni secondo il dirigente scolastico non sono molte ma si è soffermato a descrivere gli Enti locali o il settore Terziario o le Associazione che a volte mettono a disposizione dei fondi per determinati progetti come Banca San Paolo.

6.7. Analisi energetica preliminare

L'Attestato di Certificazione Energetica (*Fig. 48*), emanato nel 2013, rivela che all'immobile in esame è possibile attribuire una classe energetica pari a G. Partendo dai valori presenti in esso e dalle caratteristiche dell'edificio (*Fig. 49- Fig. 50*) è stata condotta un'analisi preliminare della struttura utilizzando dei programmi appositi (*Fig. 51*). Lo studio delle trasmittanze termiche delle parti opache, di quelle trasparenti e i ponti termici dell'edificio ha evidenziato che le dispersioni termiche dell'opaco sono ben 67%, mentre la dispersione attraverso i serramenti è del 24% ed i ponti termici incidono per il 9% (*Fig. 52*). Ne consegue un doveroso intervento su queste zone per andare a ridurre l'impatto energetico migliorando sia le emissioni sia il comfort degli utenti sia l'aspetto economico.

ANAGRAFICA EDIFICIO		DATI GENERALI																									
Comune: CHIVASSO Indirizzo: VIA PALEOLOGI - CHIVASSO - L.S. NEWTON, 22 NCEU: f. 21 n. 1208 sub. Piano: n.0 N.2		Destinazione d'uso: E7 Anno di costruzione/ultima ristrutturazione: 1970 / 2005 Tipologia edificio: scolastico Volume lordo riscaldato (m ³): 10128 Superficie disperdente totale (m ²): 7914,6123 Fattore di forma S/V (m ⁻¹): 0,7815 Trasmittanza media superfici opache (W/m ² k): 1,1117 Trasmittanza media superfici trasparenti(W/m ² k): 3,2917 Zona climatica e Gradi Giorno: E / 2628 Superficie utile Su (m ²): 2182,3999 Tipologia impianto di riscaldamento: Centralizzato Fonte energetica per riscaldamento: Gas naturale Fonte energetica per acqua calda sanitaria: Volume d'acs non richiesti																									
FOTO 		CLASSE ENERGETICA Basso consumo A+ → A → B → C → D → E → F → G → NC → Alto consumo Indice prest. energ. reale: 106,7173 kWh/m3 Quota di energia coperta da fonti rinnovabili: 0 %																									
INDICI DI FABBISOGNO DELL'EDIFICIO Fabbisogno di energia termica utile ideale = 74,51 kWh/m3  limite di legge 11,5 kWh/m3 Fabbisogno di energia termica primaria per acqua calda sanitaria = 0 kWh/m3 																											
EMISSIONI DI GAS AD EFFETTO SERRA ETTARI DI BOSCO = 2,19409 Ha  0 [Kg/m³anno] EMISSIONE DI CO ₂ 21,6636 Kg/m³anno 100																											
RACCOMANDAZIONI <table border="1"> <thead> <tr> <th>SISTEMA</th> <th>INTERVENTO</th> <th>PRIORITA'</th> <th>TEMPO DI RITORNO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">EDIFICIO</td> <td>Sostituzione dei serramenti</td> <td>MEDIA</td> <td>8 anni</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td rowspan="3">IMPIANTO</td> <td>Installazione valvole termostatiche</td> <td>MEDIA</td> <td>5 anni</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				SISTEMA	INTERVENTO	PRIORITA'	TEMPO DI RITORNO	EDIFICIO	Sostituzione dei serramenti	MEDIA	8 anni							IMPIANTO	Installazione valvole termostatiche	MEDIA	5 anni						
SISTEMA	INTERVENTO	PRIORITA'	TEMPO DI RITORNO																								
EDIFICIO	Sostituzione dei serramenti	MEDIA	8 anni																								
IMPIANTO	Installazione valvole termostatiche	MEDIA	5 anni																								
N. certificato: 2013 205425 0045 B1 Scadenza: 27/08/2023																											
ULTERIORI INFORMAZIONI ENERGETICHE		N. certificato: 2013 205425 0045 B1																									
Classe energetica globale nazionale dell'edificio		G																									
Prestazione energetica raggiungibile		82,73 kWh/m3																									
Indice di prestazione energetica riscaldamento nazionale		106,7146 kWh/m3																									
Limite normativo nazionale per il riscaldamento		24,7657 kWh/m3																									
Qualità termica estiva edificio (D.M. 26/06/2009)		I																									
Rendimento medio globale stagionale dell'impianto di riscaldamento		0,6982																									
Limite normativo regionale impianto termico (D.G.R. 46-11968)		0,8488																									
Coefficiente di prestazione della pompa di calore (se installata)		0																									
Limite normativo per prestazione energetica della pompa di calore (se installata)		0,01																									

Fig. 48 - Attestato di Certificazione Energetica del 2013.

		INTONACO NORMALE		INTONACO VERDE	
		PIANO TERRA	PRIMO PIANO	PIANO TERRA	PRIMO PIANO
MANICA NORD	LATO ESTERNO	69	74,98	0	0
	LATO INTERNO	63,98	63,98	0	0
MANICA SUD	LATO ESTERNO	0	0	125,6	100,4
	LATO INTERNO	0	0	51,93	64,6
MANICA EST	LATO ESTERNO	73,2	68,8	0	0
	LATO INTERNO	45,76	46,42	7,62	6
MANICA OVEST	LATO ESTERNO	34,26	28,16	42,2	44,8
	LATO INTERNO	25,17	32,48	37,82	30,2
TOTALE AREE (m₂)		311,37	314,82	265,17	246

Fig. 49 - Tabella superfici trasparenti totali.

		INTONACO NORMALE		INTONACO VERDE	
		PIANO TERRA	PRIMO PIANO	PIANO TERRA	PRIMO PIANO
MANICA NORD	LATO ESTERNO	399	346,22	0	0
	LATO INTERNO	196,02	170,02	0	0
MANICA SUD	LATO ESTERNO	0	0	258,4	245,2
	LATO INTERNO	0	0	178,07	142,4
MANICA EST	LATO ESTERNO	188,8	167	0	0
	LATO INTERNO	102,24	86,78	12,38	12
MANICA OVEST	LATO ESTERNO	71,74	101,44	109,8	92
	LATO INTERNO	34,84	39,53	34,18	34,6
TOTALE AREE (m₂)		992,64	910,99	592,83	526,2

Fig. 50 - Tabella superfici opache totali.

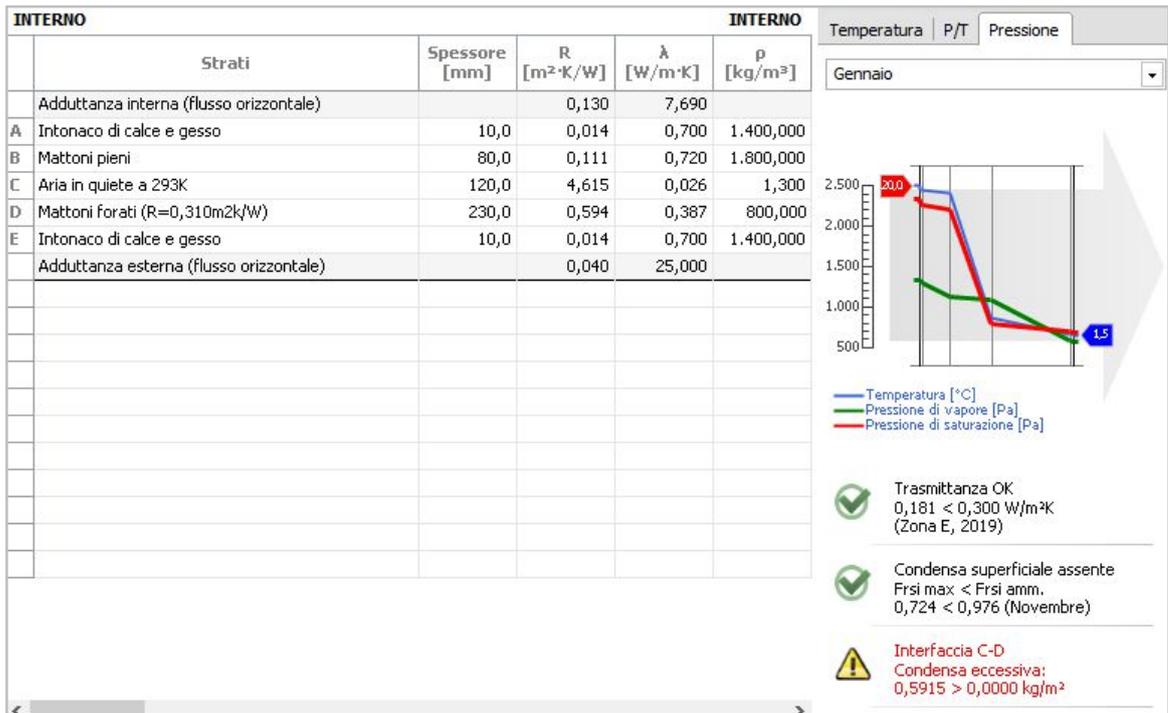


Fig. 51 - Esempio calcolo trasmittanza termica di una parete del Liceo.

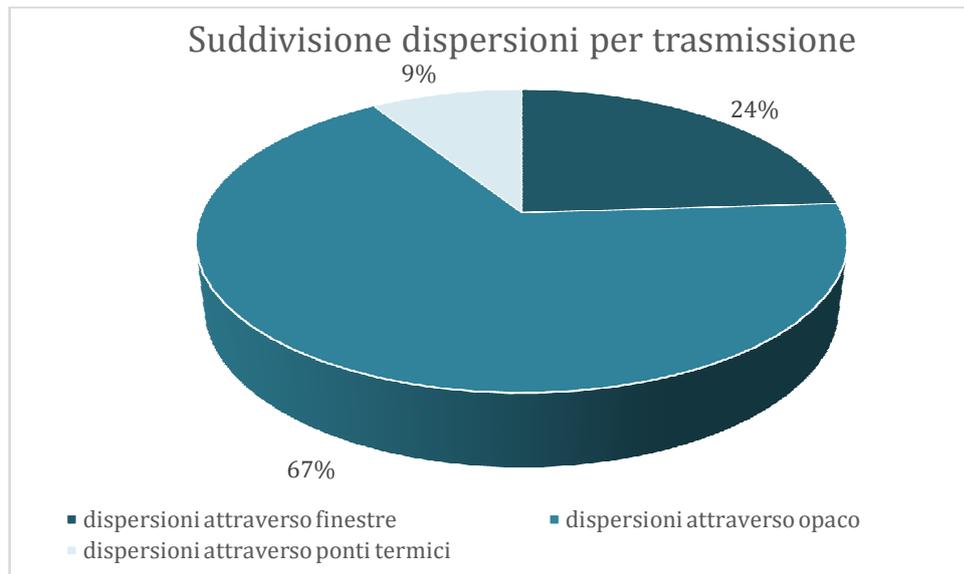


Fig. 52 - Percentuali dispersioni per trasmissione.

7. Liceo Isaac Newton e succursale Europa Unita _ ipotesi progettuale

Perchè intervenire su questo edificio? Prima di tutto sia i dati presenti nell'ACE sia quelli ricavati dall'analisi preliminare hanno evidenziato notevoli criticità che rendono obbligatorio un intervento sostanziale. Un altro motivo è l'andamento delle iscrizioni che rimane ingente nonostante lo sviluppo più calante negli ultimi anni come si evince dal grafico (Fig. 53), ma si prospetta che l'edificio continuerà ad accogliere studenti e la maniera in cui lo farà dovrebbe essere la migliore.

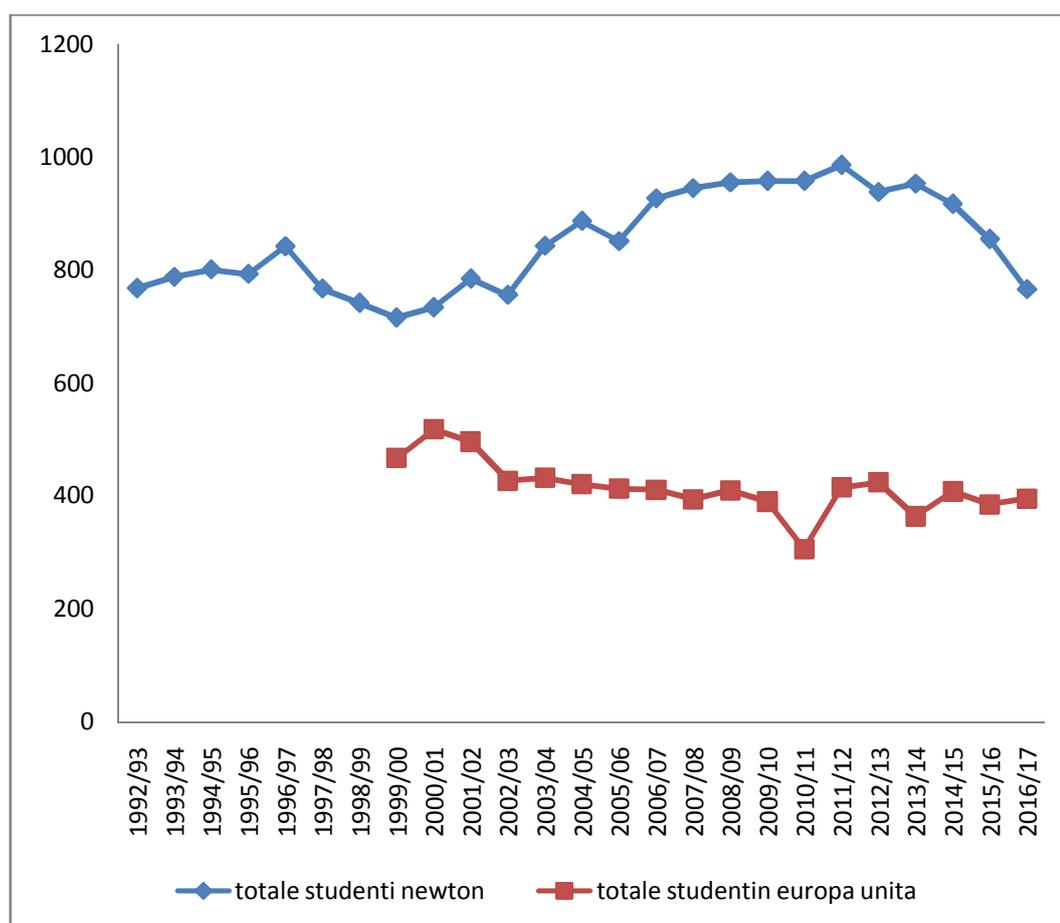


Fig. 53 - Andamento iscrizioni tra anni 1992 e 2017. Fonte: Città Metropolitana di Torino

Le recenti teorie didattiche hanno chiarito che lo studente rimane molto più concentrato quando deve lavorare attivamente rispetto a quando ascolta la lezione. L'apprendimento deve essere ottenuto non solo con lezioni frontali ma anche con altri metodi come studi individuali, in gruppo e lavori pratici⁶⁶, inoltre l'uso dell'informatica in un contesto extrascolastico è diffuso quindi durante le ore di lezione si dovrebbero utilizzare questi strumenti. Oggi si sta cercando di aggiungere

⁶⁶ <https://www.lds.org/>, consultato il 19/04/2019.

alla classica lezione nuovi modi di apprendimento creando diverse attività per stimolare gli studenti, portandoli a comprendere un argomento da diversi punti di vista. L'architettura è uno dei mezzi che può facilitare queste nuove metodiche, ad esempio spostando gli studenti dalla loro abituale aula ad un'altra o muovendo l'arredo stesso di un locale, permettendo agli alunni stessi di decidere come arredarlo. È un modo che permette al giovane di diventare un protagonista attivo e maggiormente responsabile delle proprie azioni. Ad esempio l'Orestad Gymnasium ad Orestad in Danimarca consente metodi di insegnamento innovativi: vengono affrontate le classiche lezioni frontali, ma ad esse sono aggiunti dei lavori individuali e di gruppo. Inoltre per apprendere al meglio, gli studenti lavorano in gruppi scrivendo dei riassunti sugli argomenti appresi che a fine anno accademico diventano dei veri e propri volumi da consultare. La flessibilità e la versatilità dell'edificio facilitano le nuove metodiche didattiche e la partecipazione degli studenti. Infatti è l'architettura che si adatta alla funzione e non il contrario. Non vi sono solo più le classiche aule ma degli spazi fruiti dagli studenti in modo tale che possano sentirsi parte di una comunità: un modo per entrare in società⁶⁷.

L'aula innovativa è un luogo che ospita diverse attività e in Italia negli ultimi anni si sta sviluppando con il nome di aula 3.0. Essa utilizza mobili flessibili che permettono il cambio delle attività in breve tempo. Gli arredi sono proprio l'elemento chiave che aiuta al maggiore coinvolgimento da parte degli alunni perchè permette di differenziare le modalità di apprendimento rispondendo alle esigenze richieste (Fig. 54). I banchi possono essere disposti in file frontali, a gruppi, a ferro di cavallo, a cerchio o ad anfiteatro a seconda se la lezione è ex cathedra o prevede lavori complessivi o dibattiti. Anche l'utilizzo di strumentazione tecnologica permette un apprendimento come la lavagna interattiva multimediale LIM che usufruisce della rete e si adegua al mondo contemporaneo delle comunicazioni.



Fig. 54 - Esempi di arredo flessibile. Fonte: campustore

⁶⁷ Ponti G., *La scuola intelligente: dall'edilizia scolastica all'architettura educativa: strumenti ed esempi per la programmazione, la progettazione e la realizzazione di interventi di ristrutturazione, di riqualificazione ed ex novo*, Palermo, Grafill, 2014.

Non solo l'aula muta la concezione tradizionale ma anche gli spazi di passaggio si trasformano in altro poichè gli studenti devono vivere la scuola in tutte le sfaccettature. Risulta dunque necessario inserire degli arredi che permettono ai corridoi di diventare dei luoghi di incontro o relax per ampliare la socializzazione oppure rilassarsi. Così facendo si attenua lo stress degli utenti che potranno lavorare al meglio delle loro capacità⁶⁸.

Inoltre per permettere agli studenti di entrare attivamente in contatto con la società e viceversa si dovrà permettere l'accesso da parte della comunità all'interno dell'istituto creando un vero e proprio centro civico. Il progetto prevede per questo motivo la realizzazione all'interno della corte di un polo culturale che rimarrà aperto anche in orario extrascolastico. Si prende ad esempio l'iniziativa realizzata nel 2013 dal comune di Torino denominata "Cortili Aperti"⁶⁹ in cui le corti di alcune scuole diventano degli spazi pubblici per la città nelle ore extrascolastiche.

7.1. La Nuova Corte

Segue la descrizione della progettazione della nuova corte partendo dall'idea iniziale del concept per poi soffermarsi alla composizione dell'edificio e terminare con la distribuzione degli spazi.

7.1.1. Concept

L'idea progettuale consiste in una riqualificazione energetica dell'edificio scolastico ma anche in una formazione di un polo per la città. È stata calata una griglia all'interno della corte come fece Herman Hertzberger⁷⁰ nel 1972 quando progettò il Centraal Beheer. In questo esempio l'edificio si compone da una serie di moduli quadrati accostati che gradualmente determinano un movimento cruciforme e realizzano 4 aree con diverse funzioni⁷¹. In questo progetto, in alcuni punti, dove le linee della griglia si intersecano, generano i pilastri inoltre l'unione di più moduli realizza o locali o luoghi aventi diverse funzioni. L'idea per la corte però non consiste in una *tabula rasa* perchè vengono mantenute alcune esistenze: il fabbricato della centrale termica, gli alberi, le rampe e le scale esterne (*Fig. 55*). Si è cercato di

⁶⁸ Cfr. Weyland B., Attia S., *Progettare scuole tra pedagogia e architettura*, Santarcangelo di Romagna (RN), Guerini scientifica, 2015; Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, De Luca, 2014.; Thomas Hille R., *Modern Schools: a century of design for education*, Hoboken, Wiley, 2011.

⁶⁹ <http://www.comune.torino.it/circ7/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/3950>, consultato il 29/03/2019.

⁷⁰ Herman Hertzberger (1932) è un architetto olandese che ha realizzato diverse scuole tra cui Scuola Montessori a Delft (1966-1970), Scuola Apollo ad Amsterdam (1980-1983) e Facoltà di scienze ad Utrecht (2006-2011).

⁷¹ Hertzberger H., Funari M. (a cura), *Lezioni di architettura*, Bari, Editori Laterza, 1996.

amalgamare il nuovo edificio con quello vecchio armonizzando le forme del nuovo giardino con l'inserimento di due piccoli aggetti che fuoriescono dall'edificio dal piano soppalcato.

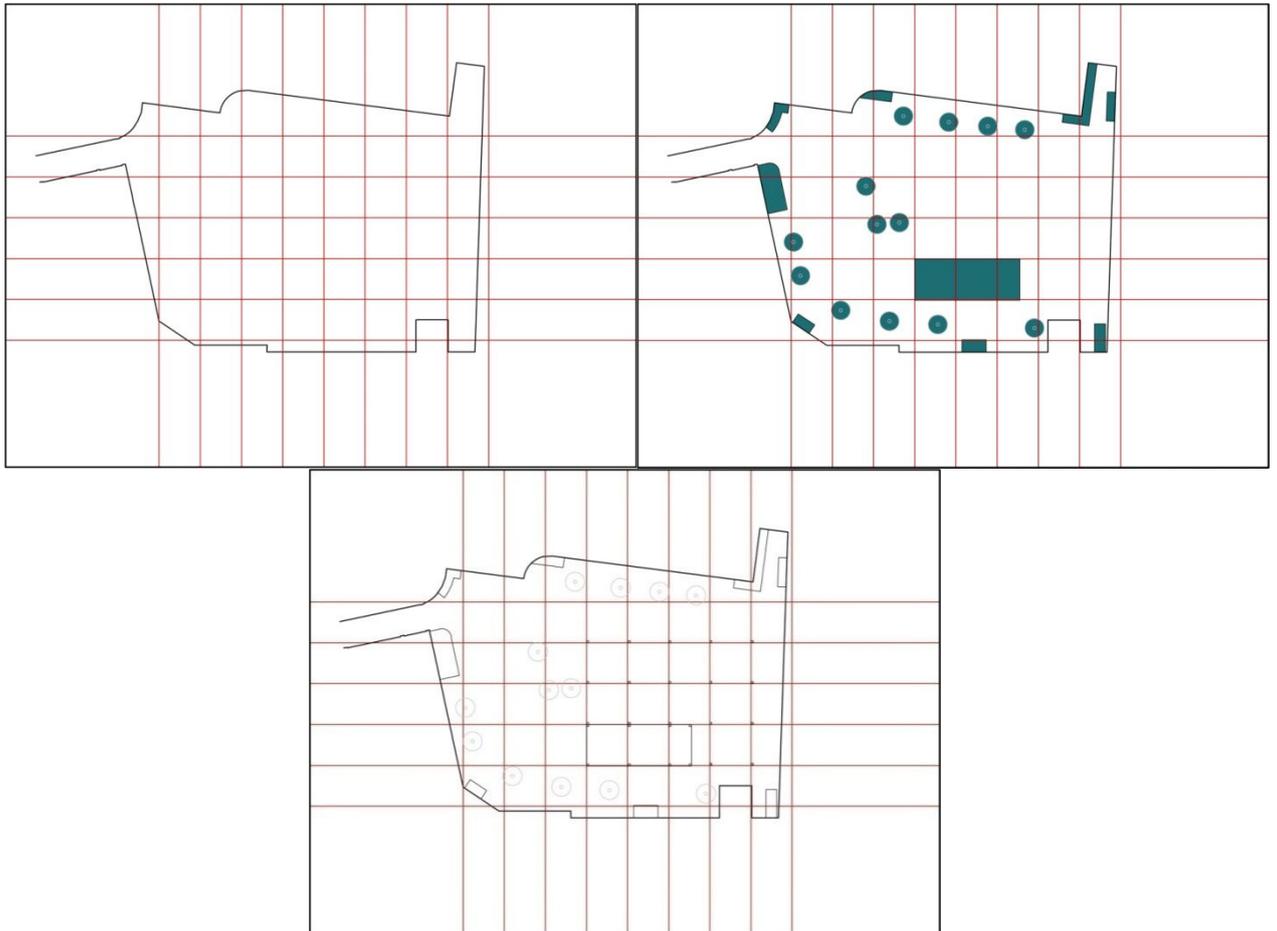


Fig. 55 - Concept: Perimetro corte con sola griglia, perimetro corte con griglia e preesistenze, perimetro corte con griglia, preesistenze e pilastri.

7.1.2. Composizione dell'edificio

Struttura

Nella corte ora vi sono tre fabbricati: quello a sud ovest sarà l'unico ad essere conservato mentre gli altri verranno smantellati e ricostruiti. Verranno creati tre nuovi fabbricati ma ci saranno solamente due coperture in tutto dotate ciascuna di una sola falda.

Per la struttura portante la scelta è ricaduta sull'acciaio, più duraturo nel tempo se protetto dai fenomeni di corrosione, leggero, riciclabile, ipoallergenico, privo di

sostanze inquinanti, reperibile dovunque, non richiede manutenzione, ha ottimi valori strutturali e consente di ridurre i tempi ed i costi di realizzazione.

La struttura portante è costituita da un sistema a telaio composto da pilastri in acciaio HEB 220, travi principali IPE 220 e travi secondarie IPE 180. L'idea è di realizzare uno spazio flessibile che possa essere utilizzato dai fruitori in vari modi secondo le loro esigenze.

Dal momento che l'intero immobile sarà costruito a secco di conseguenza leggero, si è optato per fondazioni superficiali a trave rovescia composte da 10 cm di magrone che permette alla superficie di appoggio di essere ben livellata, reticolo di travi in cemento armato (50x80cm) con vespaio aerato di spessore 40 cm, soletta di ripartizione dei carichi di 15 cm, strato di isolante composto da pannelli in polietere espanso estruso (XPS) 14 cm (Fig. 56), strato di ripartizione dei carichi 10 cm, sottofondo alleggerito con impianti 8,5 cm, piastrelle autoposanti in gres porcellanato con sottofondo in polietilene espanso 1 cm.

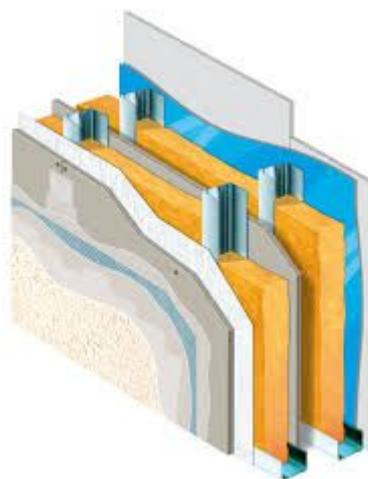


mm	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180
λ_D	0,032	0,033	0,034	0,034	0,035	0,036	0,036	0,038	0,038	0,041
R_D	0,90	1,25	1,50	1,80	2,30	2,80	3,35	3,65	4,20	4,35
μ	150	150	150	100	100	100	100	80	80	80

Fig. 56 - Pannello XPS con tabella caratteristiche. Fonte: ediliziaroscini

Involucro

È proposta la realizzazione di un involucro con ottime caratteristiche di isolamento termico e acustico con spessori ridotti rispetto ad una costruzione tradizionale. Le pareti sono costituite dal sistema Aquapanel Outdoor di Knauf, un sistema a secco resistente alle intemperie, durabile nel tempo senza rischio di rigonfiamenti, dotato di un triplo strato di isolante sostenuto da montanti e traversi in acciaio (Fig. 57). Dal lato interno a quello esterno la parete è così composta: doppio strato di lastre in gesso rivestito da 1,25 cm cadauno, strato di isolante in lana di roccia 6 cm con orditura metallica C75, strato di isolante in lana di roccia 4 cm, strato di isolante in lana di roccia 14 cm con orditura metallica C150, barriera al vapore acqueo in fibre di polietilene 0,18 mm, lastra in cemento rinforzato Aquapanel Outdoor 1,25 cm, rete di rinforzo in tessuto di vetro a maglia larga con strato rasante, impregnante primer esterno e tinteggiatura finale 1 cm.



Isolamento acustico	Profilo	Misurazioni dall'interno verso l'esterno	Spess. parete	Isolante	Proprietà del sistema	
Prova n°			mm	Spessore (densità)	Peso [kg/m ²]	Isolamento acustico dB R _{w,D} (R _{w,R})
PB 0093-09-P 138	C75+C150	2x GKB+C75+40 mm+C150+1x AQP (profili collegati con porzioni di lastre)	302.5	140 mm (18 kg/m ²) + 40 mm (15 kg/m ²)	30.4	58 (56)

Fig. 57 - Sistema della parete a secco con caratteristiche. Fonte: knauf

La copertura sarà realizzata con pannello coibentato 7 cm, listello di ventilazione 5 cm, guaina impermeabilizzata traspirante 0,65 mm, tavolato in legno in perline di abete 2 cm, pannello isolante in lana minerale 6 cm con listellatura, pannello isolante in lana minerale 6 cm con listellatura, barriera al vapore 0,22 mm, tavolato in legno in perline di abete 2 cm. I pannelli coibentati sono utilizzati in molti settori da quello industriale a quello scolastico, fino ad arrivare a quello residenziale sia nelle costruzioni nuove che nelle ristrutturazioni. Hanno un ottimo rapporto tra il costo ed i benefici prestazionali, ottime proprietà di resistenza meccanica, un buon isolamento

acustico e termico, sono leggeri, facili da trasportare e sono anche usati come schermo isolante.

Le pareti interne saranno realizzate sempre con tecnologia a secco e avranno spessori ridotti pur mantenendo un'ottimale caratteristica di isolamento poiché costituite da pannelli di lana di roccia e doppio strato di lastre in gesso rivestito da 1,25 cm cadauno.

Il solaio del soppalco è composto da piastrelle autoposanti in gres porcellanato con sottofondo in polietilene espanso 1 cm, doppio strato di pannelli in cementolegno 2 cm e lamiera grecata 5 cm (Fig. 58).



Fig. 58 - Sistema del solaio a secco. Fonte: betonwood

La scala è autoportante, sostenuta da pilastri HEB 150 e travi IPE 100 poste sulla linea di simmetria della pedata. Infine per poter realizzare un edificio flessibile saranno utilizzate delle pareti scorrevoli divisorie ed un arredo leggero, facile da smontare e spostare (Fig. 59).



Fig. 59 - Esempi di arredo flessibile. Fonte: campustore

7.1.3. Distribuzione degli spazi

L'edificio della corte (*Fig. 60*) si presenta con quattro grandi locali: il bar, la sala polifunzionale, la sala pc e il locale tecnico. Al primo si accede da due ingressi e presenta una doppia altezza. Il piano terra è arredato con bancone, tavolini, sedie tipiche e altre sedute che possono essere utilizzate in diverse maniere. Inoltre dal retro del bancone si accede al magazzino e ai servizi dei dipendenti e dei fruitori. Il piano soppalcato si sviluppa per metà pianta del locale, è collegato mediante una scala a due rampe e da esso si sviluppano due piccoli aggetti sui lati nord ed ovest. La sala polifunzionale può ospitare diverse attività culturali o sportive a seconda delle richieste oppure essere adibita a sala studio. Ovviamente durante l'orario scolastico per questioni di sicurezza il luogo non è accessibile al pubblico quindi può essere utilizzato dalla scuola stessa per degli incontri come ad esempio attività lavorative. La stanza pc ospita appunto postazioni di personal computer. Ognuna di queste sale è collegata mediante pareti mobili che permettono una maggior flessibilità nell'uso degli spazi. Infine il locale tecnico, collocato nell'unico fabbricato preesistente ospita la centrale termica e l'impianto di climatizzazione. Gli spazi esterni sono suddivisi in: dehor del bar, sedute individuali con la duplice funzione di classica sedia o postazione pc, aree verdi con relative sedute, area per le attività dello spazio polifunzionale e aree relax realizzate con pallet in legno. Questi riprendono l'idea dell'Urban Bloom⁷², progettato da AIM Architecture e URBAN MATTERS nel 2018 a Shanghai in Cina. Ogni fruitore può spostare i pannelli secondo la propria necessità. Un percorso pedonale unisce tutte le varie funzioni. Esso è costituito da cemento drenante ad elevate prestazioni che evita la formazione di pozzanghere e limita l'effetto dell'isola di calore. Infine la pavimentazione esterna del bar e della sala polifunzionale è formata da blocchi antitrauma.

⁷² <https://www.archdaily.com/891819/urban-bloom-aim-architecture-plus-urban-matters>, consultato il 14/03/2019.

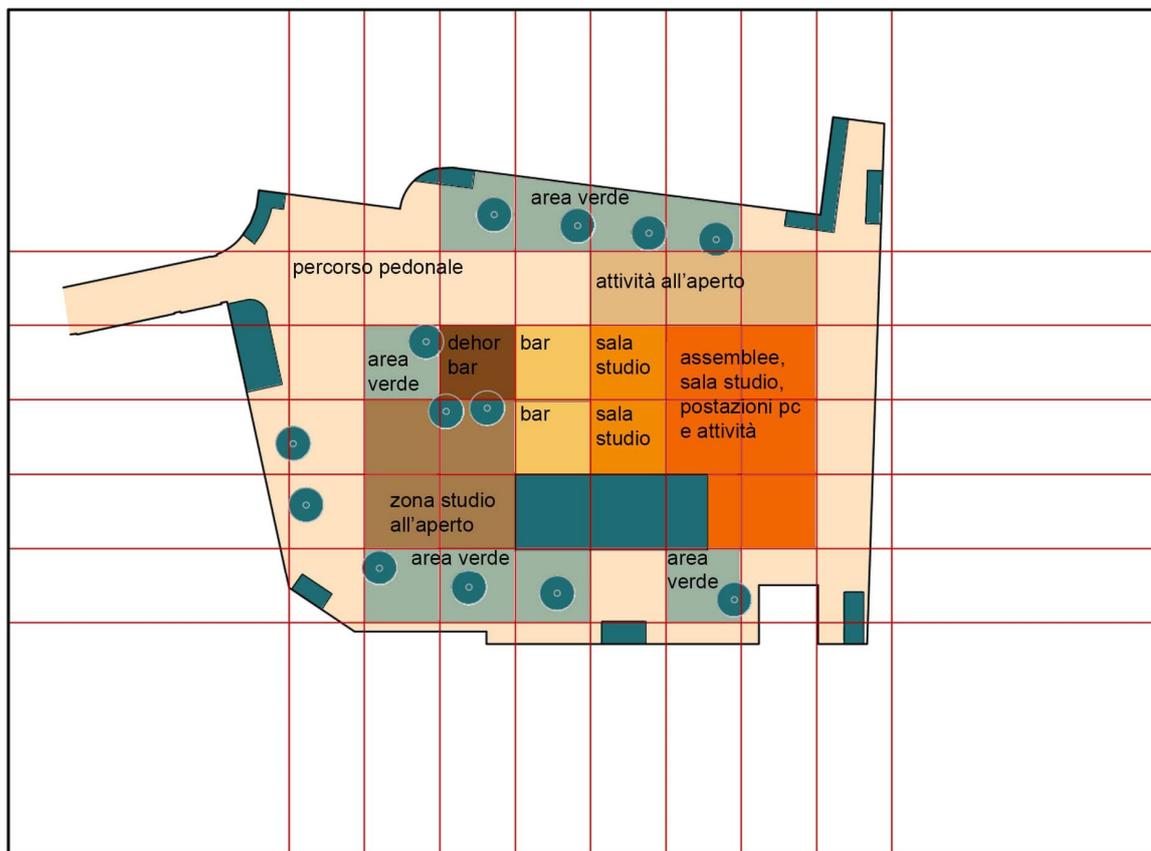


Fig. 60 - Suddivisione degli spazi secondo le funzioni.

7.2. Riqualficazione edificio esistente

Segue la descrizione dei vari interventi proposti per la riqualficazione dell'edificio scolastico dalla distribuzione dei nuovi spazi all'uso di tecnologie sull'involucro. Successivamente un breve studio evidenzierà il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'intero complesso.

7.2.1. Distribuzione degli spazi

Il progetto prevede alcuni interventi. Prima di tutto sarà eliminata la maggior parte delle barriere architettoniche attraverso l'inserimento di rampe con pendenza pari all'8% nei luoghi in cui attualmente non sono presenti e la sostituzione delle attuali rampe aventi un'inclinazione superiore al valore previsto dalla normativa (Fig. 61). Attualmente le porte aprono verso l'interno del locale quindi sono state arretrate per essere spalancate verso le uscite d'esodo rispettando la sicurezza in caso di emergenza. Su questo lato saranno inseriti degli armadi che verranno utilizzati dagli studenti (Fig. 62). Inoltre alcune aule saranno attrezzate con arredi flessibili (Fig. 63). Nei tre ingressi principali verrà inserito uno spazio tampone per ridurre le dispersioni termiche (Fig. 64). Tutti gli ascensori verranno sostituiti e alcuni servizi

igienici verranno rimaneggiati per un miglior utilizzo (Fig. 65). Il corridoio è sempre stato un luogo di transito che collega le varie aule invece qui è stato pensato come luogo di incontri per socializzare con persone diverse dai propri compagni di classe. Sfruttando la caratteristica positiva di questi spazi che sono ampi e molto luminosi, si realizzeranno delle "nicchie" per la socializzazione ed il relax che permettano al fruitore di fermarsi e godersi lo spazio (Fig. 66).

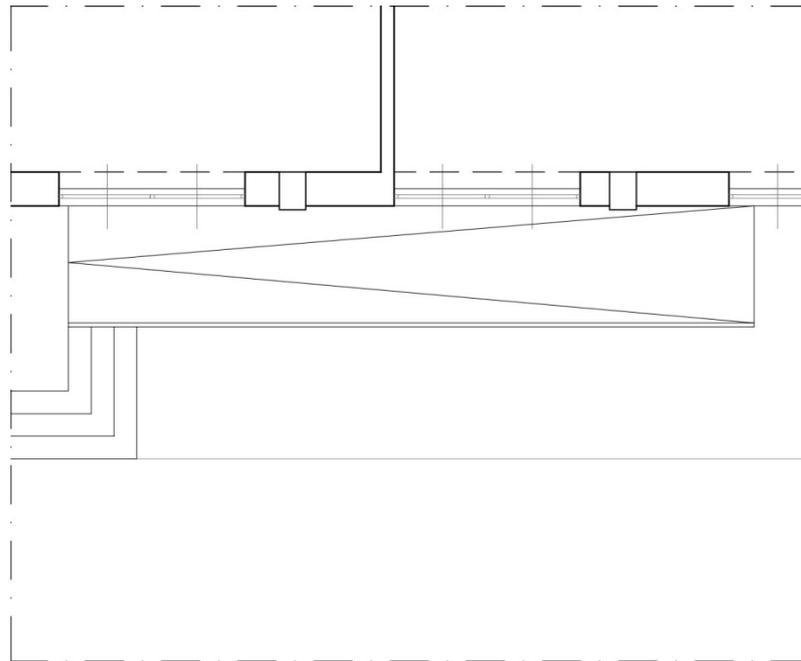


Fig. 61 - Esempio di inserimento di una rampa pedonale.

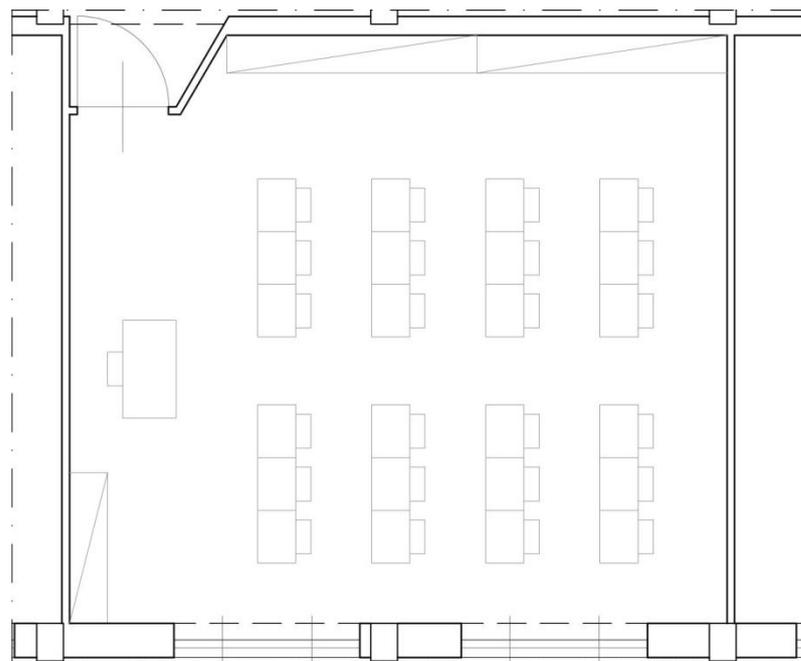


Fig. 62 - Esempio di aula tradizionale.

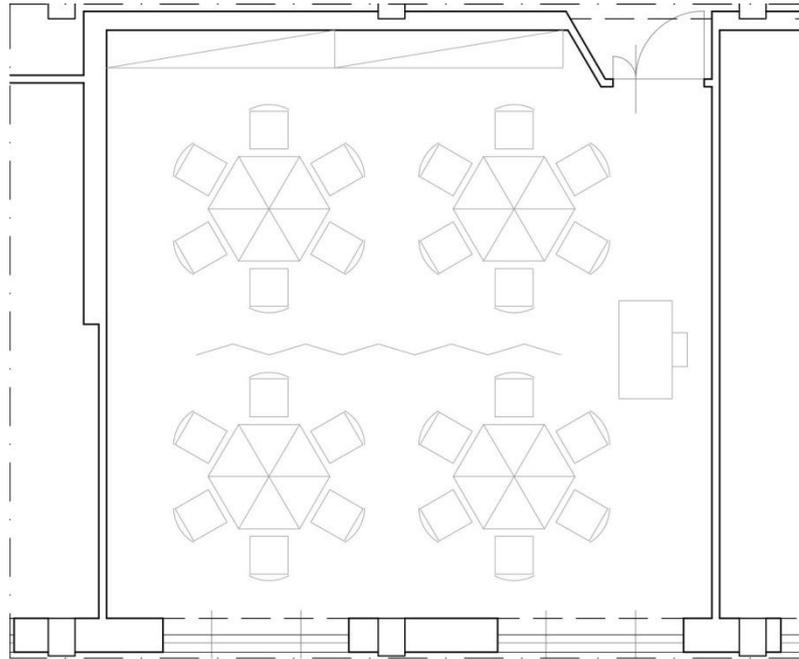


Fig. 63 - Esempio di aula innovativa.

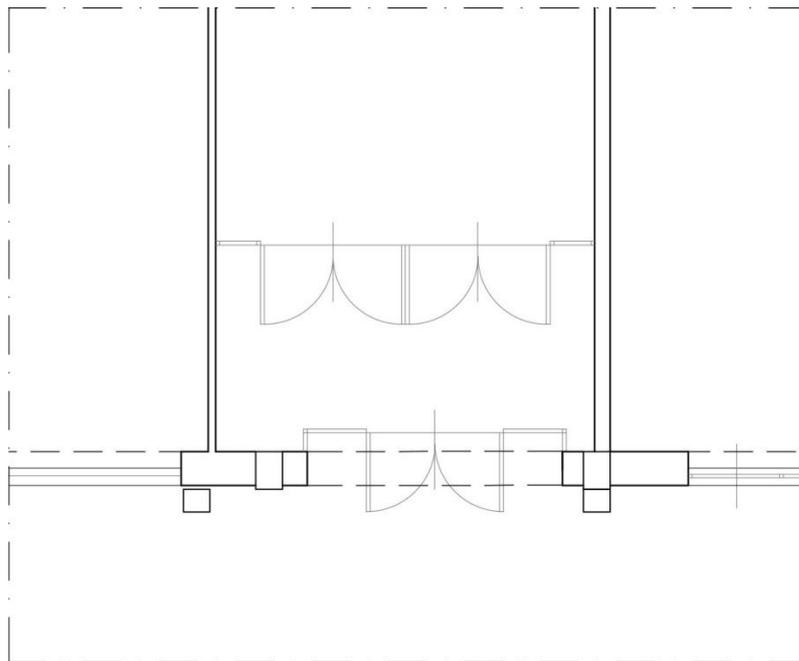


Fig. 64 - Esempio di spazio tampone nell'ingresso principale.

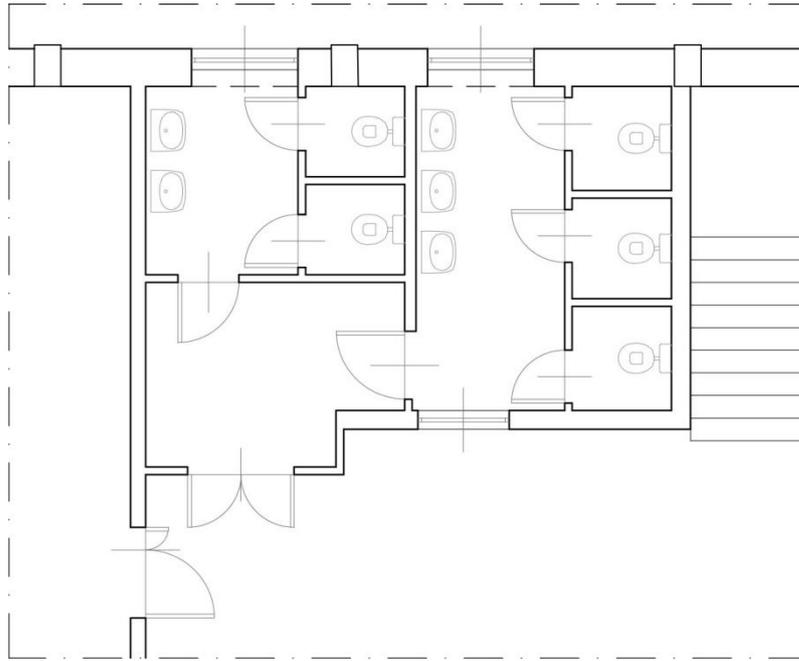


Fig. 65 - Esempio di ridisegno per due batterie di servizi igienici.

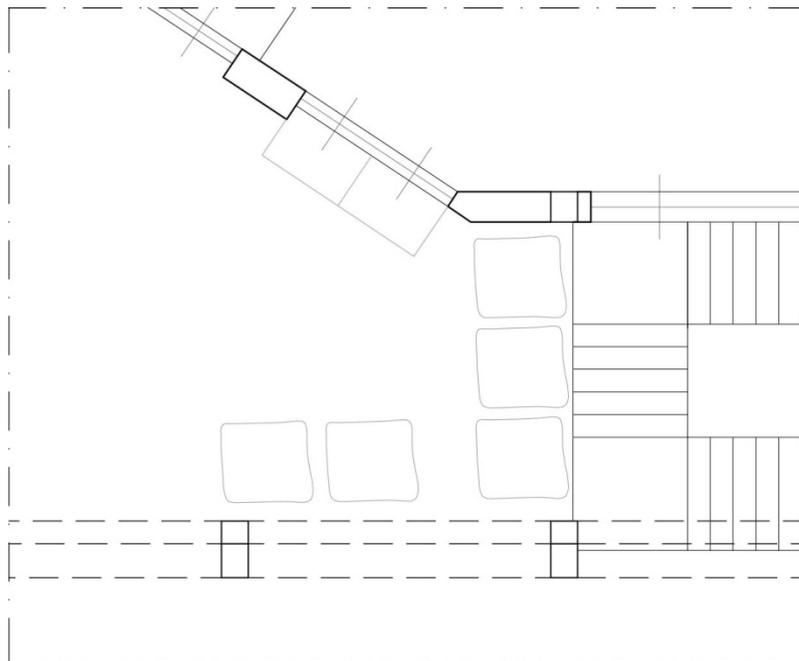


Fig. 66 - Inserimento di arredi per luogo di incontri e relax.

7.2.2. Interventi tecnologici

Isolamento

L'edificio scolastico ha mantenuto la sua struttura perchè non si sono rivelati dei problemi strutturali importanti quindi non sono stati previsti interventi. Per quanto riguarda l'involucro invece verranno sostituiti tutti gli infissi, installato un isolamento sulle pareti perimetrali e sul solaio del sottotetto non abitato. In base ai calcoli preliminari effettuati da softwaristica si è scontrato che per rispettare i valori della trasmittanza termica imposti nel decreto del Ministero dello sviluppo economico 26 giugno 2015 (*Fig. 67*) lo spessore dell'isolante in lana di roccia deve essere 10 cm mentre per le coperture raggiunge i 14 cm. Inoltre a causa di elevate presenze di risalita di umidità verranno installati dei pannelli in lana di legno mineralizzata di spessore 10 cm per i primi 70 cm dal suolo lungo tutto il perimetro. In entrambi i casi delle pareti è una struttura metallica a sostenere lo strato isolante (*Fig. 68*). La rifinitura è formata da un pannello metallico microventilato nella parte inferiore della parete mentre una rasatura armata protegge la parte superiore. L'edificio della corte invece sarà realizzato con un triplo strato di isolante in lana di roccia nelle pareti e doppio per la copertura. I due materiali sono scelti per le ottime caratteristiche di conducibilità termica. La lana di legno mineralizzata ha un'elevata resistenza all'acqua e la lana di roccia ha elevate prestazioni anche acustiche, caratteristica fondamentale da tenere in considerazione in una scuola. Per questo motivo all'interno delle aule scolastiche saranno inseriti dei controsoffitti con materiale fonoassorbente in lana di legno di spessore 2,5 cm e dei pannelli dello stesso materiale con spessore 5 cm nella parte superiore delle pareti. Uno studio acustico approfondito potrà rivelare la giusta posizione dei materiali acustici per permettere un'ottima intelligibilità della parola mantenendo elevata la capacità sia di insegnamento da parte dei docenti che di comprensione da parte degli alunni.

TABELLA 1 (Appendice B) **Strutture opache verticali**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

TABELLA 2 (Appendice B) Strutture opache orizz. o inclinate di **copertura**, verso l'esterno in riqual.

Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

TABELLA 3 (Appendice B) Strutture opache orizzontali di **pavimento**, verso l'ext. soggette a riqualificazione

Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

TABELLA 4 (Appendice B) **Chiusure tecniche trasparenti** e opache, cassonetti, con gli infissi, verso l'ext. e ambienti non climatiz. in riqualificazione

Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

Fig. 67 - Tabelle delle trasmittanze termiche. Fonte: DM 26/06/2015

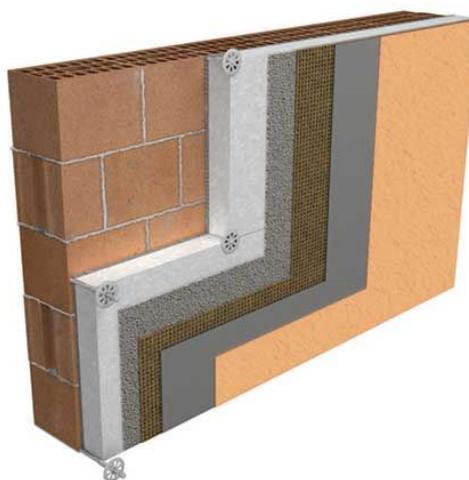


Fig. 68 - Schema inserimento cappotto esterno su muratura. Fonte: qualeenergia

Gli infissi attuali saranno sostituiti con dei nuovi aventi trasmittanza termica inferiore ai valori stabiliti dal DM 26/06/2015 (Fig. 67). Saranno utilizzati telai in alluminio con taglio termico e doppio vetro su ciascun fronte ad esclusione di quello esposto a nord per migliorare l'isolamento acustico a causa della vicinanza al sistema ferroviario (Fig. 69). Per eliminare i fenomeni di surriscaldamento verranno installati degli aggetti fissi orizzontali sui fronti a sud mentre si consiglia l'utilizzo di tendaggi interni nei fronti est ed ovest.



Trasmittanza termica (doppio vetro)	Uw=1,2 W/m ² K
Trasmittanza termica (triplo vetro)	Uw=0,9 W/m ² K

Fig. 69 - Finestra con caratteristiche. Fonte: Aluk

Fotovoltaico

Nel progetto verrà inserito un impianto fotovoltaico sulla copertura rivolta verso sud (*Fig. 70*). Per evitare costi ingenti nell'installazione di un impianto totalmente integrato, verranno inseriti i pannelli in silicio policristallino sulle lamiere grecate della copertura preesistente tramite specifici ancoraggi con la potenza pari a 80 KWp e inclinazione di 20°. Dai calcoli effettuati è sorto che serviranno 30 metri quadri per alimentare il complesso producendo 97.700 KWh annui (*Fig. 71*). Attualmente vengono consumati 166.663 KWh annui, ma si prevederà un minor consumo da parte di tutti gli apparecchi di illuminazione poichè sostituiti con lampade a LED ne consegue un miglioramento energetico complessivo. Sarà compito di un esperto energetico provvedere all'installazione di sistemi intelligenti come lo spegnimento automatico degli apparecchi elettronici non utilizzati per ridurre al meglio i consumi. L'impianto pensato è il *Grid Connected* che permette sia l'utilizzo dell'energia solare sia di rimanere collegato alla rete elettrica locale, utilizzandola qualora la richiesta di energia sia superiore di quella prodotta.

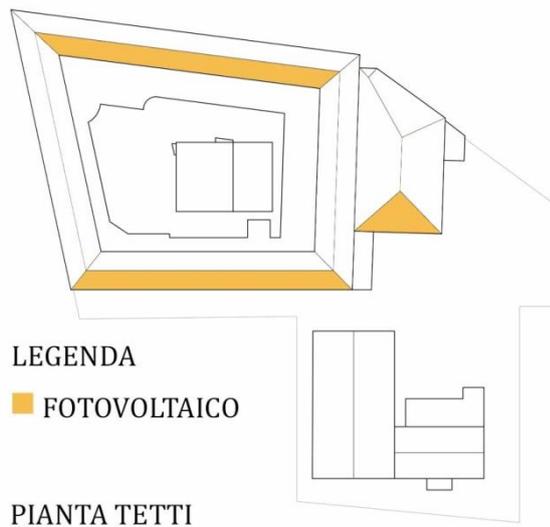


Fig. 70 - Distribuzione fotovoltaico.

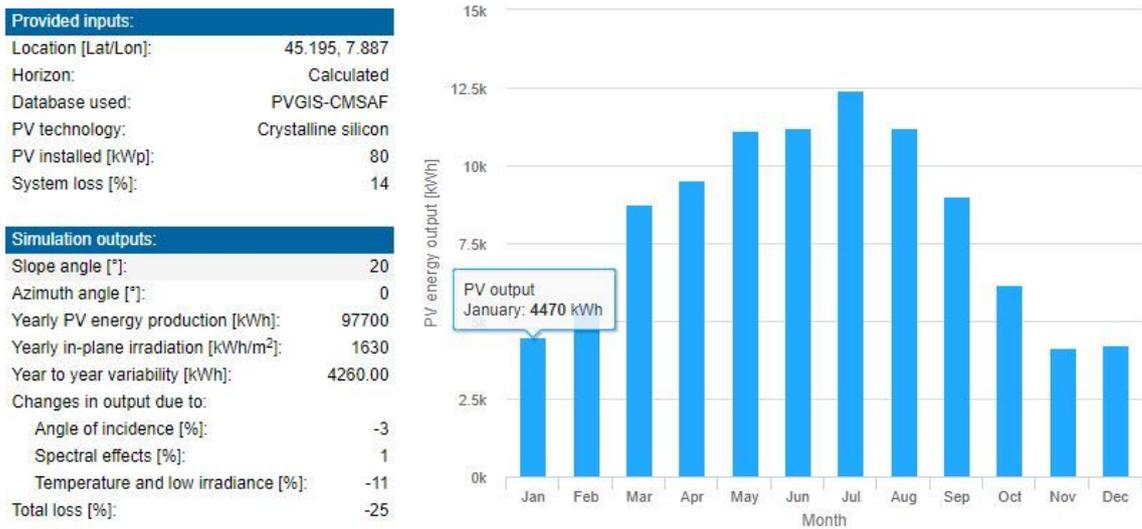


Fig. 71 - Calcolo producibilità fotovoltaico. Fonte: re.jrc.ec.europa.eu

Solare Termico

Nel progetto i collettori solari termici verranno installati sulle coperture delle palestre, utilizzate anche per attività extrascolastiche, fornendo così l'opportunità di limitare i consumi di metano nelle caldaie per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. I pannelli verranno installati sulla falda rivolta a sud con inclinazione di 20° poichè si andranno ad accostare all'attuale copertura (Fig. 72). L'impianto prevede la tipologia a circolazione naturale perchè il fabbisogno termico è limitato. È stato stimato un impianto di 50 metri quadri per soddisfare le esigenze delle utenze (Fig. 73). Il solare termico oltre ad offrire un risparmio economico permette di avere un minor impatto sull'ambiente, limitando le emissioni di CO₂.

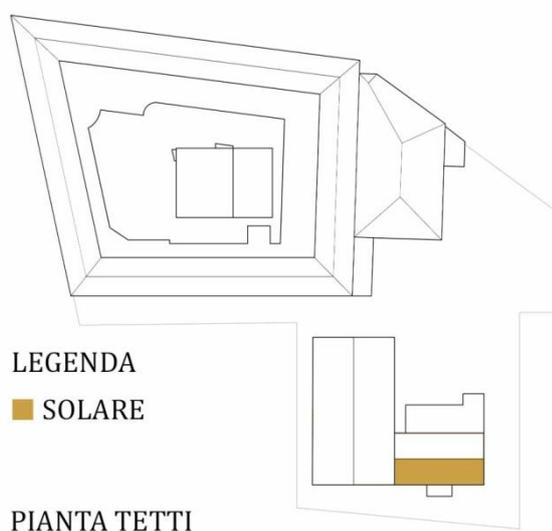


Fig. 72 - Distribuzione solare termico.

Funzioni	Carico termico KWh termici/ giorno procapite	N° persone	KW termici mensili	KW termici mensili totali	Sovraddimensionamento impianto (20%)	m2 collettore solare termico
scuola	0,192	229	1319	2927	3512	50
palestra	1,34	40	1608			

Fig. 73 - Predimensionamento collettore solare.

Ventilazione meccanica dell'aria

L'impianto che si vuole inserire nel progetto ha la funzione di migliorare la qualità dell'aria che ogni utente respira all'interno del fabbricato attraverso un sistema di condizionamento con degli appositi filtri. L'obiettivo è dunque quello di eliminare la presenza di fattori che potrebbero mutare lo stato psicofisico degli individui. In una scuola la concentrazione è molto importante e la presenza di un'aria "viziata" potrebbe alterare le capacità degli studenti o insegnanti.

La centrale di trattamento d'aria è formata da moduli componibili autoportanti realizzati con pannelli sandwich in zinco e isolante in poliuretano. Vi sono anche dei contenitori in lega di alluminio e magnesio per la raccolta della condensa. Ogni modulo è dotato di un comparto apribile che ne facilita la manutenzione. Il sistema è composto dalla filtrazione biocida che garantisce l'eliminazione degli agenti microbiologici presenti nell'aria. Inoltre questo filtro è dotato di una tecnologia innovativa per cui riesce ad auto-decontaminarsi. È particolarmente indicato nelle scuole.

Le unità di trattamento dell'aria possono essere installate sia internamente che esternamente. In questo caso ne verranno installate quattro sulle coperture piane della scuola con funzione di trattare la sola qualità dell'aria poichè due anni fa è stato installato il teleriscaldamento per la parte della gestione del calore mentre sarà inserita un'altra unità nel locale tecnico posto al centro della corte che fungerà da impianto di climatizzazione per il nuovo edificio(*Fig. 74*).

Sono stati effettuati dei calcoli preliminari rispettando i valori presenti nella UNI 10339 del 1995 che vanno a identificare sia la sezione iniziale della canalizzazione (*Fig. 75*) sia la portata d'aria per valutare la grandezza della macchina che dovrà essere installata (*Fig. 76*).

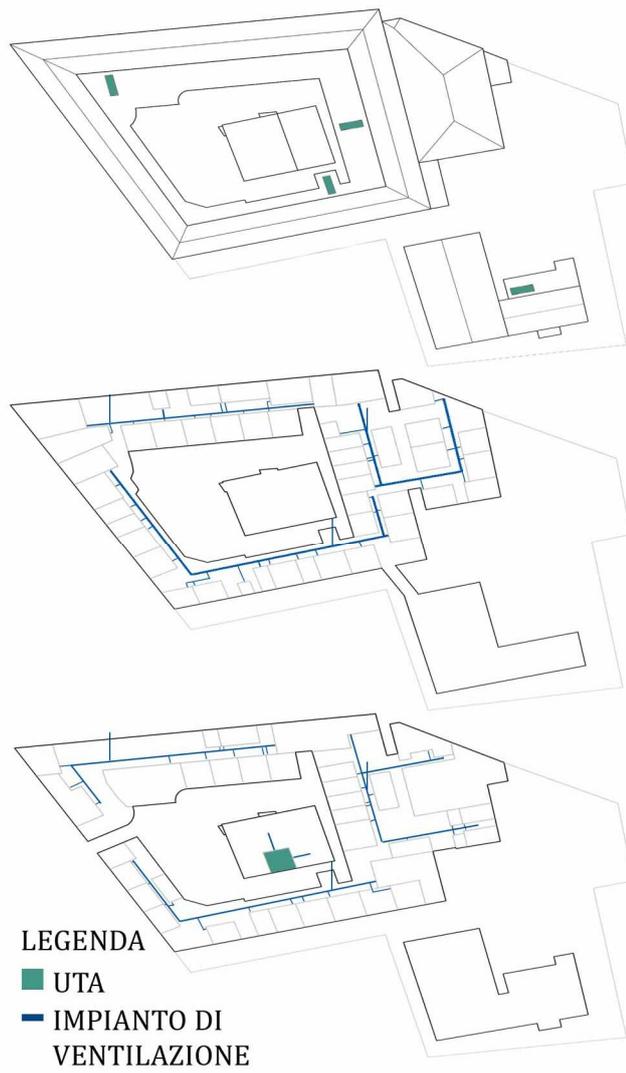


Fig. 74 - Distribuzione UTA.

Liceo I. Newton_Lato nord									
Funzioni	Dimensioni			Portata di aria esterna			Sezione canalizzazione		
	m2	m2 per persona	n° persone	Q _{op} [10 ⁻³ m3/s per persona] (UNI 10339)	vol/h	m3/h	m3/h	m/s	m2
aule	601	4,6	131	7	25	3275	7981	2,5	0,88
bagni	106	4,6	23	2,2	8	184			
laboratori	525	4,6	114	7	25	2850			
biblioteca	104	4,6	23	6	22	506			
sala insegnanti	245	4,6	53	6	22	1166			

Liceo I. Newton_Lato sud									
Funzioni	Dimensioni			Portata di aria esterna			Sezione canalizzazione		
	m2	m2 per persona	n° persone	Q _{op} [10 ⁻³ m3/s per persona] (UNI 10339)	vol/h	m3/h	m3/h	m/s	m2
aule	1430	4,6	311	7	25	7775	9229	2,5	1,02
bagni	136	4,6	30	2,2	8	240			
laboratori	175	4,6	38	7	25	950			
biblioteca	0	4,6	0	6	22	0			
sala insegnanti	55	4,6	12	6	22	264			

Liceo I. Newton_Palestre									
Funzioni	Dimensioni			Portata di aria esterna			Sezione canalizzazione		
	m2	m2 per persona	n° persone	Q _{op} [10 ⁻³ m3/s per persona] (UNI 10339)	vol/h	m3/h	m3/h	m/s	m2
palestra 1	610	4,6	133	6,5	23	3059	5267	2	0,73
palestra 2	440	4,6	96	6,5	23	2208			

Europa Unita									
Funzioni	Dimensioni			Portata di aria esterna			Sezione canalizzazione		
	m2	m2 per persona	n° persone	Q _{op} [10 ⁻³ m3/s per persona] (UNI 10339)	vol/h	m3/h	m3/h	m/s	m2
aule	802	4,6	174	7	25	4358,696	5550	2	0,77
bagni	101	4,6	22	2,2	8	175,6522			
laboratori	120	4,6	26	7	25	652,1739			
biblioteca	0	4,6	0	6	22	0			
sala insegnanti	76	4,6	17	6	22	363,4783			

Europa Unita_Palestra									
Funzioni	Dimensioni			Portata di aria esterna			Sezione canalizzazione		
	m2	m2 per persona	n° persone	Q _{op} [10 ⁻³ m3/s per persona] (UNI 10339)	vol/h	m3/h	m3/h	m/s	m2
palestra 3	283	4,6	62	6,5	23	1415	1415	2	0,19

Edificio corte interna									
Funzioni	Dimensioni			Portata di aria esterna			Sezione canalizzazione		
	m2	m2 per persona	n° persone	Q _{op} [10 ⁻³ m3/s per persona] (UNI 10339)	vol/h	m3/h	m3/h	m/s	m2
bar	390	4	98	11	40	3900	3900	2	0,54

Fig. 75 - Predimensionamento sezione canalizzazione.



Portate aria									
Portata a 1,5 m/s	m³/h	890	1160	1430	1770	2250	2860	3610	4360
Portata a 2 m/s	m³/h	1180	1550	1910	2360	3000	3820	4820	5820
Portata a 2,5 m/s	m³/h	1480	1930	2390	2950	3750	4770	6020	7270
Portata a 3 m/s	m³/h	1770	2320	2860	3550	4500	5730	7230	8730
Portata a 3,5 m/s	m³/h	2070	2700	3340	4140	5250	6680	8430	10180
Dimensioni frontali esterne									
Base	mm	790	875	975	1075	1175	1275	1375	1480
Altezza	mm	520	640	720	720	760	840	840	950

Fig. 76 - Esempio moduli componibili con tabelle dimensioni UTA. Fonte: Rhoos

Raccolta delle acque meteoriche

In questo progetto è stata prevista l'installazione di un sistema di raccolta delle acque meteoriche provenienti dalle superfici di captazione per un uso *outdoor* come il lavaggio delle aree esterne e per la pulizia dell'edificio della corte. La vasca sarà posta sottoterra nei pressi del fabbricato preesistente ad almeno un metro di distanza dal complesso e poggerà su un letto di ghiaia di 20 cm di spessore (*Fig. 77*).



Fig. 77 - Distribuzione raccolta acque piovane.

Il funzionamento consiste nel passaggio dell'acqua meteorica dalle coperture al serbatoio di stoccaggio in polietilene tramite un sistema di tubatura. All'ingresso della vasca è posto un pozzetto di filtraggio e c'è un'elettropompa che permette un facile approvvigionamento del liquido nel momento del bisogno. Quando il serbatoio è completamente riempito un sistema di "troppo pieno" espelle l'eccesso di acqua alla rete di smaltimento centralizzata.

Il calcolo della superficie di raccolta, correlata alla piovosità media del sito, ha dimostrato che il fabbisogno di acqua della struttura verrà sempre soddisfatto, a meno di importanti cambiamenti climatici purtroppo già in atto. (*Fig. 78 - 79*).

QUANTITA' DI ACQUA METEORICA RACCOLTA		
media precipitazioni mensili Piemonte	88,78	litri/m ²
mesi	12	n° mesi
superficie di captazione tetto inclinato	12322	m ²
coefficiente di deflusso	0,9	-
superficie di captazione tetto piano	1652	m ²
coefficiente di deflusso	0,8	-
superficie di captazione totale	12411,4	m ²
quantità tot anno	13222609	litri acqua
	13223	m ³ acqua
ACQUA PER IL GIARDINO		
fabbisogno idrico annuo per giardino (norma DIN 1989-1:2002-12)	60	litri al m ²
superficie	140	m ²
fabbisogno tot annuo	8400	litri acqua
	8400	m ³ acqua
FABBISOGNO TOT IDRICO		
fabbisogno tot annuo	79575	litri acqua
	79,575	m ³ acqua
VOLUME SERBATOIO		
fabbisogno tot annuo	79575	litri acqua
periodo secco medio	21	n° giorni
giorni	365	n° giorni
volume serbatoio	4578,288	litri acqua

PERCENTUALE DI FABBISOGNO SODDISFATTA						
mesi	litri/m ²	sup captazione	n° mesi	litri	m ³	% fabbisogno
gennaio	26	12411	1	322686	322,686	405,5117813
febbraio	32	12411	1	397152	397,152	499,0914232
marzo	40	12411	1	496440	496,44	623,864279
aprile	75	12411	1	930825	930,825	1169,745523
maggio	85	12411	1	1054935	1054,935	1325,711593
giugno	60	12411	1	744660	744,66	935,7964185
luglio	41	12411	1	508851	508,851	639,460886
agosto	50	12411	1	620550	620,55	779,8303487
settembre	68	12411	1	843948	843,948	1060,569274
ottobre	74	12411	1	918414	918,414	1154,148916
novembre	72	12411	1	893592	893,592	1122,955702
dicembre	33	12411	1	409563	409,563	514,6880302
tot(media)	54,66667	12411	12	8141616	8141,616	10231,37418

Fig. 78 - Predimensionamento raccolta acque piovane.



Articolo	Modello	Capacità lit	Lungh. cm	Largh. cm	Ø cm	H cm	Ø E-TP mm	Ø U mm	Ø coperchio cm	Coperchio	Prolunga	Pompa
SIR5015		5000	242	192	-	210	125	63	63	TAP710	PP77	PI80/15M

Fig. 79 - Schema funzionamento raccolta delle acque piovane con tabelle dimensioni. Fonte: rototec.it

7.2.3. Analisi preliminare dello stato di progetto

Uno studio preliminare ha chiarito quale sia lo spessore minimo di isolante per parete e copertura (Fig. 80) per ottenere un abbattimento dell' 84% delle dispersioni attraverso l'opaco e del 30% tramite le parti trasparenti rispetto ai dati iniziali (Fig. 81).

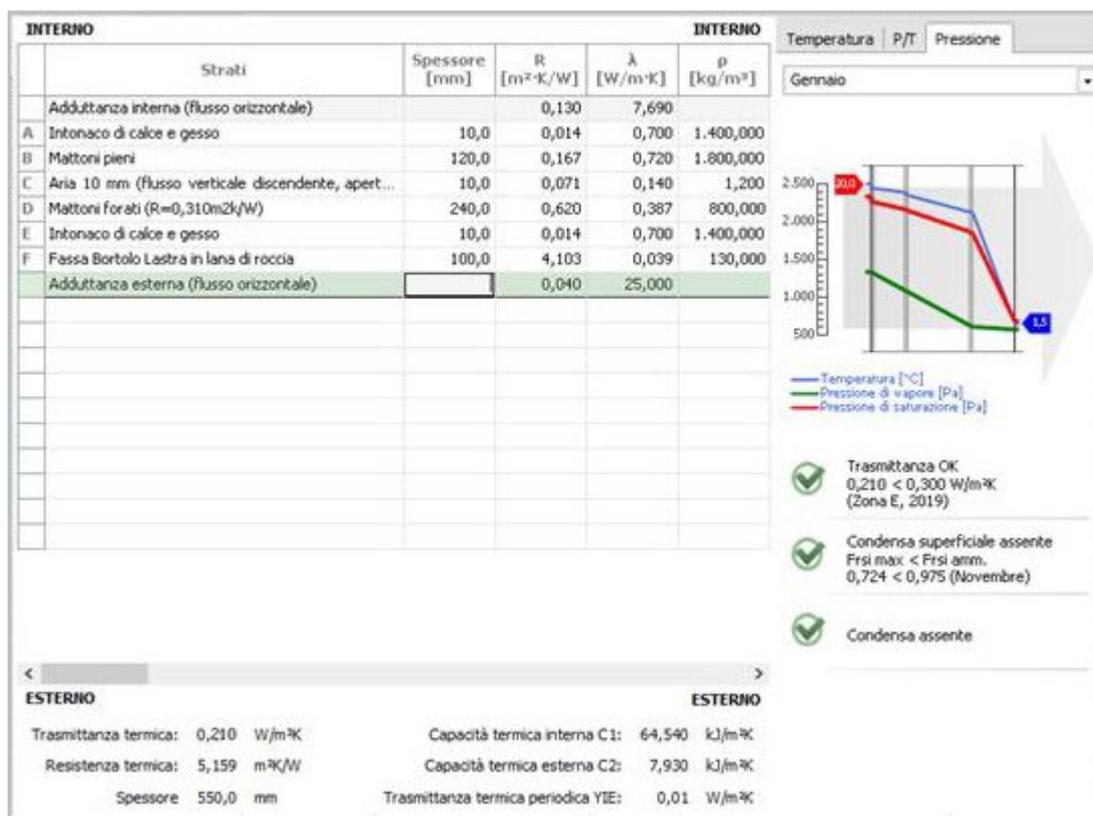


Fig. 80 - Esempio calcolo trasmittanza termica di una parete del Liceo dopo l'intervento.

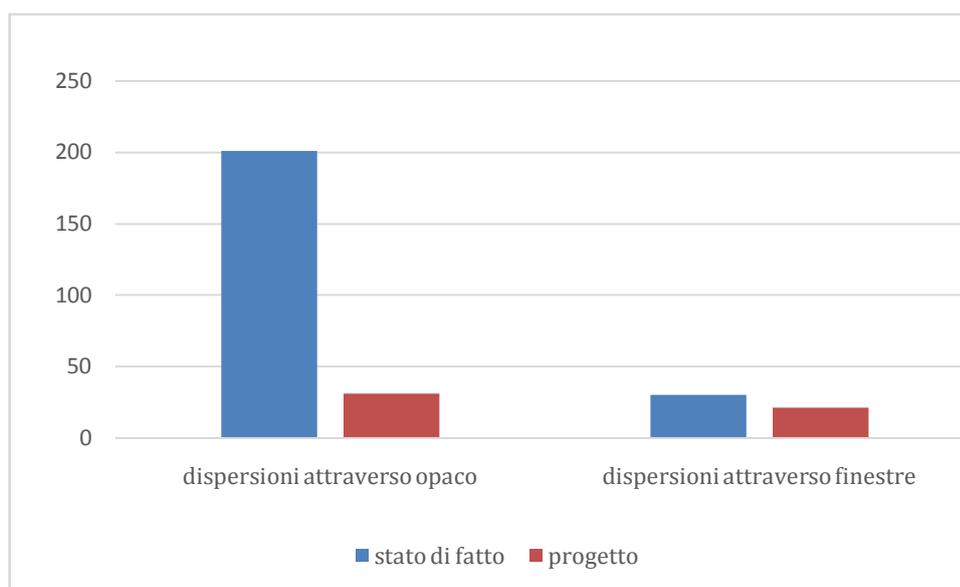


Fig. 81 - Percentuale di abbattimento delle dispersioni termiche dopo l'intervento.

8. Conclusioni

Con questa tesi si voleva verificare come un intervento su edifici energivori possa migliorarne le prestazioni. Come si è potuto constatare la sola installazione di un isolamento a cappotto ha determinato una notevole riduzione degli sprechi. Sono state anche sfruttate le nuove tecnologie per poter migliorare il comfort degli utenti e diminuire l'inquinamento. Quindi strategie come il fotovoltaico, il solare, la ventilazione meccanica e la raccolta delle acque meteoriche possono ridurre il consumo di elettricità e la quantità di acqua potabile prelevata dagli acquedotti. Oltre all'aspetto tecnologico il progetto ha voluto proporre uno sociale: la realizzazione all'interno della corte di un edificio destinato ad un centro civico. Esso potrà essere usato dagli studenti e docenti durante le lezioni e dalla comunità per attività extrascolastiche di modo da poter usufruire maggiormente di uno spazio così importante. Le scuole sono il luogo di formazione delle generazioni future e dovrebbero essere degli spazi su cui investire per poter formare dei centri per le comunità. Questa idea dovrebbe essere utilizzata anche in altri complessi come sta già avvenendo con l'iniziativa "Cortili Aperti" di Torino. Nel capoluogo della Regione Piemonte si è anche avviato un progetto chiamato "Torino fa Scuola" che ha unito due fondazioni, la Compagnia di San Paolo e la Fondazione Giovanni Agnelli, con la Città di Torino per promuovere un nuovo concetto di scuola. L'obiettivo è realizzare una scuola innovativa attraverso la riqualificazione di due scuole, strategia che dovrebbe essere replicata ovunque. Appunto questo progetto rientra nell'idea che si debba investire su un edificio scolastico, arricchendolo per l'intera comunità.

Un altro aspetto fondamentale, evidenziato all'interno della tesi è quello della sostenibilità: tema fortemente sentito dalla popolazione ma che non ha ancora avuto dei riscontri positivi per le strategie di intervento come si evince annualmente sia dai dati della NASA sia direttamente attraverso i cambiamenti climatici. L'Europa si sta mobilitando con la strategia denominata 20-20-20 con l'obiettivo di ridurre del 20% le emissioni, utilizzando il 20% in più di energia prodotta da fonti rinnovabili con un risparmio energetico pari al 20% entro il 2020. Dal momento che gli edifici ad uso civile sono i maggiori consumatori di energia, quasi il 40% rispetto agli altri fattori come pubblicato dall'ENEA e che più del 45% di immobili scolastici è stato valutato in classe energetica G, realizzare interventi che sono poco invasivi e con basso impatto ambientale aiuterebbe nella causa sostenibile. Per questo motivo nel progetto il sistema costruttivo scelto è quello a secco e i materiali sono riciclabili e a minor impatto ambientale.

9. Bibliografia e Sitografia

Tesi

- Aliyari M.; rel. Grosso M.; *Riqualificazione energetica di un edificio residenziale multi piani degli anni '70*; Politecnico di Torino, Torino, Luglio 2013.
- Ando R.; rel. Grosso M., Raimondo L.; *Riqualificazione energetica di un edifici esistenti: metodologia di analisi e progettazione, strategie ed esempi applicativi*; Politecnico di Torino, Torino, Luglio 2009.
- Bastiani A.; rel. Micono C., Giordano R.; *Riqualificazione energetica del patrimonio contemporaneo: il comprensorio Garden palace a Torino*; Politecnico di Torino, Torino, 2017.
- Calabrese A.; rel. Aghemo C., Degiorgis L.; *La riqualificazione energetica degli edifici ad uso pubblico*; Politecnico di Torino, Torino, Febbraio 2015.
- Giammetta S.; rel. Callegari G.; *La riqualificazione energetica del patrimonio edilizio europeo: politiche, strategie e processi di innovazione tecnologica*; Politecnico di Torino, Torino, 2016.
- Giletta G.; rel. Rolfo D., Caneparo L., Azzolino C., Taraglio R.; *Ristrutturazione riqualificazione: analisi energetica di un edificio*; Politecnico di Torino, Torino, 2017.
- Muri L.; rel. Mamino L., Grosso M., Peretti G.; *Saluzzo: recupero di edificio "Liberty" per uso di Scuola Materna*; Politecnico di Torino, Torino, Ottobre 1995.
- Perino L., Sitzia M.; rel. Manni V., Griffa C.; *Progettazione di una scuola per l'infanzia con tecnologia stratificata a secco*; Politecnico di Torino, Torino, Dicembre 2011.
- Piovano R.; rel. Giordano R., Micono C.; *Tecniche di riqualificazione energetica degli edifici residenziali degli anni 60-70: prestazioni fisico tecniche e valutazioni sulla fattibilità costruttiva*; Politecnico di Torino, Torino, Luglio 2015.
- Politano C., Valente F.; rel. Gron S., Manni V.; *Progetto di una scuola per l'infanzia ecocompatibile a Bisseglie*; Politecnico di Torino, Torino, Dicembre 2010.
- Savio V., Valente F.; rel. Pellegrino A., Cammarano S.; *Progetto Green school: la luce naturale come risorsa per il comfort visivi e l'efficienza energetica: Istituto Maxwell*; Politecnico di Torino, Torino, Dicembre 2014.

Testi

- Apter M., *Le nuove tecnologie educative*, Firenze, La Nuova Italia, 1972.
- Associazione tecnologi per l'edilizia, *Guida alla progettazione degli ambienti iterrati e metodi di impermeabilizzazione: conparticolare riferimento a individuazione delle caratteristiche del terreno e della falda, definizione dell'ambiente interno, protezione dalla falda e dagli agenti esterni, prodotti ed esempi applicativi*, Milano, Libreria Clup, 2002.
- Aste N., *Il fotovoltaico in architettura: l'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici*, Napoli, Esselibri, 2002.
- Arbizzini E., *Tecnica e tecnologia dei sistemi edilizi: progetto e costruzione con disegni, schemi funzionali, dettagli costruttivi e immagini di cantiere*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015.

- Ave G. (a cura), *Sostenibilità ambientale e rigenerazione urbana: i programmi di riqualificazione urbana in Emilia Romagna*, Firenze, Alinea, 2003.
- Benedetti C., *Costruire in legno: edifici a basso consumo energetico*, Bozen, Bolzano University Press, 2009.
- Bianchi A., *L'istruzione in Italia tra Sette e Ottocento*, Brescia, Editrice La Scuola, 2007.
- Bini G., *La pedagogia attivistica in Italia*, Roma, Editori Riuniti, 1973.
- Bruno S., *Manuale di architettura per la progettazione bioclimatica e la bioedilizia: per progettare e costruire edifici sani e vivibili*, Milano, Il Sole 24 ore, 1999.
- Ceccherini Nelli L., Sala M. (introd.), Cariello F. (contr.), *Fotovoltaico in architettura*, Firenze, Alinea, 2006.
- Cellai G., *Serramenti e schermature per la riqualificazione energetica ed ambientale: criteri per la riqualificazione energetica ed ambientale*, Roma, EPC Editore, 2013.
- Civiero P. (et al.), *Tecnologie per la riqualificazione: soluzione e strategie per la trasformazione intelligente del comparto abitativo esistente*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2017.
- Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, *Il futuro di noi tutti*, Bompiani, Milano 1988.
- Corbi E., *Scuole e politiche educative in Italia dall'Unità ad oggi*, Napoli, Liguori, 2003.
- De Martino P., (in collaborazione) Imperadori M., Antinori M., Ruscica G., *I pannelli coibentati in acciaio nella progettazione e realizzazione di strutture e involucro: secondo gli Eurocodici e le norme tecniche*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2013.
- Fabbri K., *Guida alla riqualificazione energetica: detrazioni e contributi, esempi di calcolo, relazione asseverata, compilazione delle richieste*, Roma, Dei, 2007.
- Ferrari S., Butera F. M., *Solare termico negli edifici: guida al dimensionamento e alla progettazione degli impianti: energia solare, collettori solari, sistemi impiantistici, componenti dell'impianto, accumulo termico, circuito solare, dimensionamento dei sistemi solari riscaldamento solare per piscine, confronti prestazionali, valutazioni economiche*, Milano, Edizioni Ambiente, 2008.
- Fiorentini P., Zevi B., Hertzberger H., *Herman Hertzberger: spazi a misura d'uomo*, Torino, Testo & Immagine, 2002.
- Gaspari J., *Trasformare l'involucro: la strategia dell'addizione del progetto di recupero: tecnologie per la riqualificazione sostenibile del costruito*, Monfalcone (GO), Edicom Edizioni, 2012.
- Gastaldi M., Pedefferri P., *Introduzione ai materiali per architettura*, Novara (NO), De Agostini, 2006.
- Gorgone J. G., Messina G., Russo F., *Progettare e riqualificare le pareti per l'efficienza energetica: chiusure verticali opache e trasparenti*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015.
- Grecchi M., Malighetti L.E., *Ripensare il costruito: il progetto di recupero e rifunzionalizzazione degli edifici*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2008.
- Hertzberger H., Keuken J., *Herman Hertzberger: six architectures*, Milano, Mondadori Electa, 1985.
- Hertzberger H., Funari M. (a cura), *Lezioni di architettura*, Bari, Editori Laterza, 1996.
- Iovino R., Fascia F., Lignola G. P., *Edilizia scolastica: riqualificazione funzionale ed energetica: messa in sicurezza, adeguamento antisismico*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.
- Isabella F., *Edilizia scolastica in Italia: precedenti e prospettive*, Firenze, La Nuova Italia, 1965.

- Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1974*, Roma , Bulzoni, 1975.
- Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica: vicende, norme, tipi 1949-1985*, Roma , Bulzoni, 1985.
- Lucchi E., *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio: diagnostica e interventi*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2014.
- Melograni C., *Architettura italiana sotto il Fascismo: l'orgoglio della modestia contro la retorica monumentale 1926-1945*, Torino, Bollati Boringhieri, 2008.
- Moneo R., *Inquietudine teorica e strategia progettuale nell'opera di otto architetti contemporanei*, Milano, Mondadori, 2005.
- Oreto P. (a cura), *Edilizia scolastica*, Palermo, Graffill, 2004.
- Pagliaro M., Palmisano G., Ciriminna R., *BIPV il fotovoltaico integrato nell'edilizia: come l'energia solare cambia il futuro delle costruzioni*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2009.
- Perfetto G., Voerzio M., *Piccolo libro solare*, Torino, Levrotto&Bella, 2005.
- Piemontese A., Scarano R., *Energia solare*, Roma, Gangemi, 2003.
- Pocorobba E. (a cura), *L'industrializzazione a Chivasso tra fine Ottocento e Novecento. Ricerche storiche*, Romano Canavese (TO), Ferrero, 2004.
- Ponti G., *La scuola intelligente: dall'edilizia scolastica all'architettura educativa: strumenti ed esempi per la programmazione, la progettazione e la realizzazione di interventi di ristrutturazione, di riqualificazione ed ex novo*, Palermo, Grafill, 2014.
- Raiteri R. (a cura), Catrambone P., Franco G., Giachetta A., Magliocco A., Piccazzo C., Raiteri R., Serafino A. (testi di), *Trasformazioni dell'ambiente costruito: la diffusione della sostenibilità*, Roma, Gangemi Editore, 2003.
- Rava P., *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2007.
- Richarz C., Schulz C., Zeitler F., De Angelis E. (a cura), *Riqualificazione energetica*, Torino, UTET Scienze tecniche, 2008.
- Salustri R., *Solare termico: manuale tecnico per progettisti, installatori, esperti di energie rinnovabili*, Palermo, Flaccovio, 2014.
- Sole M., Crespi M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS, 1995.
- Sole M., Crespi M., *Edilizia scolastica*, Roma, Dei, 2014.
- *Sostenibilità CasaClima: protocolli e realizzazioni*, Torino, Utet Scienze tecniche, 2014.
- Tafuri M., *Teorie e storia dell'architettura*, Roma, Bari, Laterza, 1986.
- Tedesco S., *Riqualificazione energetico ambientale del costruito: edifici scolastici*, Firenze, Alinea, 2010.
- Torricelli M. C., Del Nord R., Felli P., *Materiali e tecnologie dell'architettura*, Roma, Editori Laterza, 2001.
- Thomas Hille R., *Modern Schools: a century of design for education*, Hoboken, Wiley, 2011.
- Weyland B., Attia S., *Progettare scuole tra pedagogia e architettura*, Santarcangelo di Romagna (RN), Guerini scientifica, 2015.

Archivio

- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1925/1963, categoria X, classe 10, faldone 3.
- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1964/1991, categoria IX, classe 3, faldone 159.
- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1964/1991, categoria IX, classe 3, faldone 166.

- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1964/1991, categoria IX, classe 3, faldone 167.
- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1964/1991, categoria IX, classe 3, faldone 168.
- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1964/1991, categoria IX, classe 3, faldone 169.
- Chivasso, Ufficio Archivio, inventario 1964/1991, categoria IX, classe 3, faldone 170.
- Torino, Archivio Città Metropolitana, fascicolo DIA comune Chivasso, 2027, Newton.
- Torino, Archivio Città Metropolitana, concessioni e autorizzazioni Oulx, Luigi Des Amobrois.
- Torino, Archivio Città Metropolitana, concessioni e autorizzazioni Pinerolo, Porporato.

Normativa

- DIRETTIVA EUROPEA 2002/91/CE
- DIRETTIVA EUROPEA 2010/31/EU
- DIRETTIVA EUROPEA 2012/27/UE
- DIRETTIVA EUROPEA 2004/8/CE
- DIRETTIVA EUROPEA 2006/32/CE
- LEGGE n. 373/1976
- LEGGE n. 10/1991
- DECRETO 412/1993
- DECRETO LEGISLATIVO n. 192/2005
- DECRETO LEGISLATIVO n. 28/2011
- DECRETO LEGGE 4 giugno 2013 n. 63
- LEGGE n. 90/ 2013
- LEGGE 23/2002
- LEGGE 13/2007
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 43-11965
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 45-11967
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 46-11968
- DECRETO MINISTERIALE 18/12/1975
- LEGGE n. 10/1991
- DECRETO MINISTERIALE 11/04/2013
- LEGGE 145/2018

Articoli

- ISPRA, *Convenzione quadro sui cambiamenti climatici e protocollo di Kyoto*.
- *I paesi in via di sviluppo "Kyoto non negoziabile"*, La Repubblica, 10 Dicembre 2009.

Siti web

- https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/11/21/scuola_a_ergolding.html, consultato il 23/06/2018.

- <https://www.archdaily.com/448036/the-new-ergolding-secondary-school-behnisch-architekten-behnisch-architekten-and-architekturburo-leinhaupl-neuber>, consultato il 23/06/2018.
- <https://www.dezeen.com/2013/11/10/secondary-school-ergolding-by-behnisch-architekten/>, consultato il 23/06/2018.
- <https://www.fondazioneperlarchitettura.it/concorso/scuola-enrico-fermi-torino/>, consultato il 23/06/2018.
- <https://www.giornalelavoce.it/chivasso-e-morto-giovanni-chiavarino-il-ricordo-41872>, consultato il 20/07/2018.
- https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/12/27/scuola_a_zero_energia.html, consultato il 15/09/2018.
- <http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/zero-energy-school-inaugurata-vicino-parigi-mikou-studio-543/>, consultato il 15/09/2018.
- <https://www.teknoring.com/news/green-building/una-scuola-zero-energia-a-saint-ouen/>, il 15/09/2018.
- <https://3xn.com/project/orestad-college>, consultato il 20/09/2018.
- <https://www.dezeen.com/2007/10/19/orestad-college-copenhagen-by-3xn-architects/>, consultato il 20/09/2018.
- <https://www.archdaily.com/office/3xn>, consultato il 20/09/2018.
- https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/ecosistema_urbano_2017_dossier.pdf, consultato il 25/10/2018.
- <https://www.greenpeace.org/italy/tag/inquinamento/>, consultato il 06/12/2018.
- <http://www.energiaenergetica.enea.it>, consultato il 06/12/2018.
- https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/ecosistema_scuola_2018.pdf, consultato il 25/01/2019.
- <https://www.lifegate.it/persone/news/la-storia-delle-conferenze-sul-clima>, consultato il 28/02/2019.
- <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>, consultato il 28/02/2019.
- <https://www.infobuild.it/progetti/casa-da-100-ke-sostenibilita-nellarchitettura/>, consultato il 10/03/2019.
- <https://www.woodlab.info/dettagli-costruttivi/fondazione-a-platea-e-a-trave-rovesciata-differenze-tra-le-due-tipologie/>, consultato il 10/03/2019.
- <https://www.refin.it/gres-porcellanato/sistema-autoposante-set-in/>, consultato il 10/03/2019.
- <https://www.edilizaroscini.com/isolanti-impermeabilizzanti/isolanti-termici/856-xdur-300-s-pannello-termoisolante.html>, consultato il 10/03/2019.
- <http://www.steelmax.it/progetto-ecosostenibile.html>, consultato il 10/03/2019.
- <https://www.celenit.com/it/celenit-ab-a2.php>, consultato il 10/03/2019.
- [http://www.knauf.it/backoffice/userfiles/files/documentiAllegati/713/\[9129\]Aquapane%20Outdoor.pdf](http://www.knauf.it/backoffice/userfiles/files/documentiAllegati/713/[9129]Aquapane%20Outdoor.pdf), consultato il 10/03/2019.

- [http://www.betonwood.com/pdf/sistemi-edili-solaio/Scheda tecnica sistemi solaio-btw-su-lamiera.pdf](http://www.betonwood.com/pdf/sistemi-edili-solaio/Scheda_tecnica_sistemi_solaio-btw-su-lamiera.pdf), consultato il 10/03/2019.
- <https://www.archdaily.com/891819/urban-bloom-aim-architecture-plus-urban-matters>, consultato il 14/03/2019.
- <http://www.torinofascuola.it/>, consultato il 28/03/2019.
- <http://www.comune.torino.it/circ7/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/3950>, consultato il 29/03/2019.
- <https://www.lds.org/>, consultato il 19/04/2019.

Siti immagini

- Fig. 1, pag. 10: <http://milanoalquadrato.com/index.php/2018/02/01/milano-che-crea-e-distruge-ascendenze-e-dna-del-palazzo-di-giustizia/>, consultato il 05/10/2018.
- Fig. 2, pag. 10: <https://ilgiardinodilory.com/giuseppe-terragni-asilo-infantile-como/>, consultato il 05/10/2018.
- Fig. 3, pag. 11: <https://web.uniroma1.it/archiscuole/sites/default/files/lupoII.pdf>, consultato il 05/10/2018.
- Fig. 14, pag. 31: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 15, pag. 32: <https://www.footprintnetwork.org/>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 16, pag. 33: <https://www.footprintnetwork.org/>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 17, pag. 34: <https://www.footprintnetwork.org/>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 18, pag. 35: <http://www.ridopuntoenergia.it/2018/06/21/rapporto-annuale-sullefficienza-energetica-2018/>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 19, pag. 36: <http://www.ridopuntoenergia.it/2018/06/21/rapporto-annuale-sullefficienza-energetica-2018/>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 20, pag. 37: <https://www.ingenio-web.it/18951-ecobonus-tutte-le-novita-introdotte-dalla-finanziaria-2018-con-la-tabella-riassuntiva>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 21, pag. 40: <https://www.promozioneacciaio.it/cms/it5515-perche-costruire-in-acciaio.asp>, consultato il 28/02/2019.
- Fig. 22, pag. 54: <http://www.consulente-energia.com/fotovoltaico-vari-tipi-modelli-pannelli-solari-fotovoltaici.html>, consultato il 08/03/2019.
- Fig. 23, pag. 56: <https://www.energyexpert.it/impianto-solare-per-produzione-energia-termica/tipologie-di-collettori-solari-termici>, consultato il 08/03/2019.
- Fig. 24, pag. 58: <http://www.nuovalariotecnica.it/pdf/Catalogo-RHOSS-trattamento-aria-Nuova-ARIO-Tecnica-min.pdf>, consultato il 08/03/2019.
- Fig. 25, pag. 59: <https://www.tes.com/lessons/G02xCbCj3lwtiA/le-forme-del-paesaggio-create-dalle-forze-esogene>, consultato il 08/03/2019.

- Fig. 26, pag. 60: https://www.youreporter.it/foto_bomba_d_acqua_su_rivalta_di_torino/, consultato il 08/03/2019.
- Fig. 27, pag. 51: <http://www.giardinaggiofullgarden.it/lavori-giardinaggio-jesi-monsano-chiaravalle-senigallia-ancona/recupero-acque-piovane/>, consultato il 08/03/2019.
- Fig. 28, pag. 63: <https://www.pineroloindialogo.it/blog/2013/04/il-liceo-porporato-attraverso-gli-scambi-e-sempre-piu-proiettato-verso-leuropa/>, consultato il 25/03/2019.
- Fig. 29, pag. 64: <https://www.liceoporporato.edu.it/struttura/>, consultato il 25/03/2019.
- Fig. 30, pag. 65: <https://www.desambrois.it/desaweb09/virtualtour/index.asp>, consultato il 25/03/2019.
- Fig. 31, pag. 67: <http://www.indire.it/2013/03/12/orestad-gymnasium-una-scuola-senza-carta/>, consultato il 25/03/2019.
- Fig. 54, pag. 119:
https://www.campustore.it/media/wysiwyg/cataloghi/2018/01_arredoinnovativo.pdf, consultato il 10/04/2019.
- Fig. 56, pag. 122: <https://www.edilizaroscini.com/isolanti-impermeabilizzanti/isolanti-termici/856-xdur-300-s-pannello-termoisolante.html>, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 57, pag. 123: <http://www.knauf.it/soluzioniScheda.aspx?id=18>, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 58, pag. 124: http://www.betonwood.com/pdf/sistemi-edili-solaio/Scheda_tecnica_sistemi_solaio-btw-su-lamiera.pdf, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 59, pag. 124:
https://www.campustore.it/media/wysiwyg/cataloghi/2018/01_arredoinnovativo.pdf, consultato il 10/04/2019.
- Fig. 68, pag. 131: <https://www.qualenergia.it/articoli/20180212-cappotto-termico-istruzioni-l-uso/>, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 69, pag. 132: <https://it.aluk.com/it/prodotti/finestre-e-porte/67iw>, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 71, pag. 133:
<https://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe>, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 76, pag. 139: https://www.archiproducts.com/it/prodotti/rhoss/unita-integrata-di-trattamento-dell-aria-adv-next-air-01-16_288062, consultato il 20/04/2019.
- Fig. 79, pag. 142: http://www.rototec.it/aspimg/img/1501201895910_Schedatecnica-ManualeStazioniIrrigazioneSIR-rev.02.pdf, consultato il 20/04/2019.

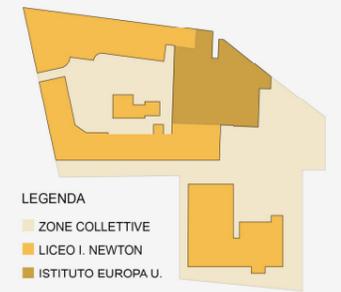
10. Allegati

PIANTA PIANO TERRA 1: 250

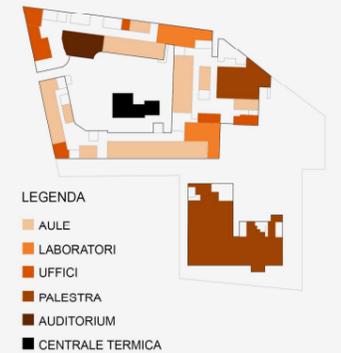


FUNZIONI

IDENTIFICAZIONE SCUOLE



DISTRIBUZIONE SERVIZI



DISTRIBUZIONE SERVIZI

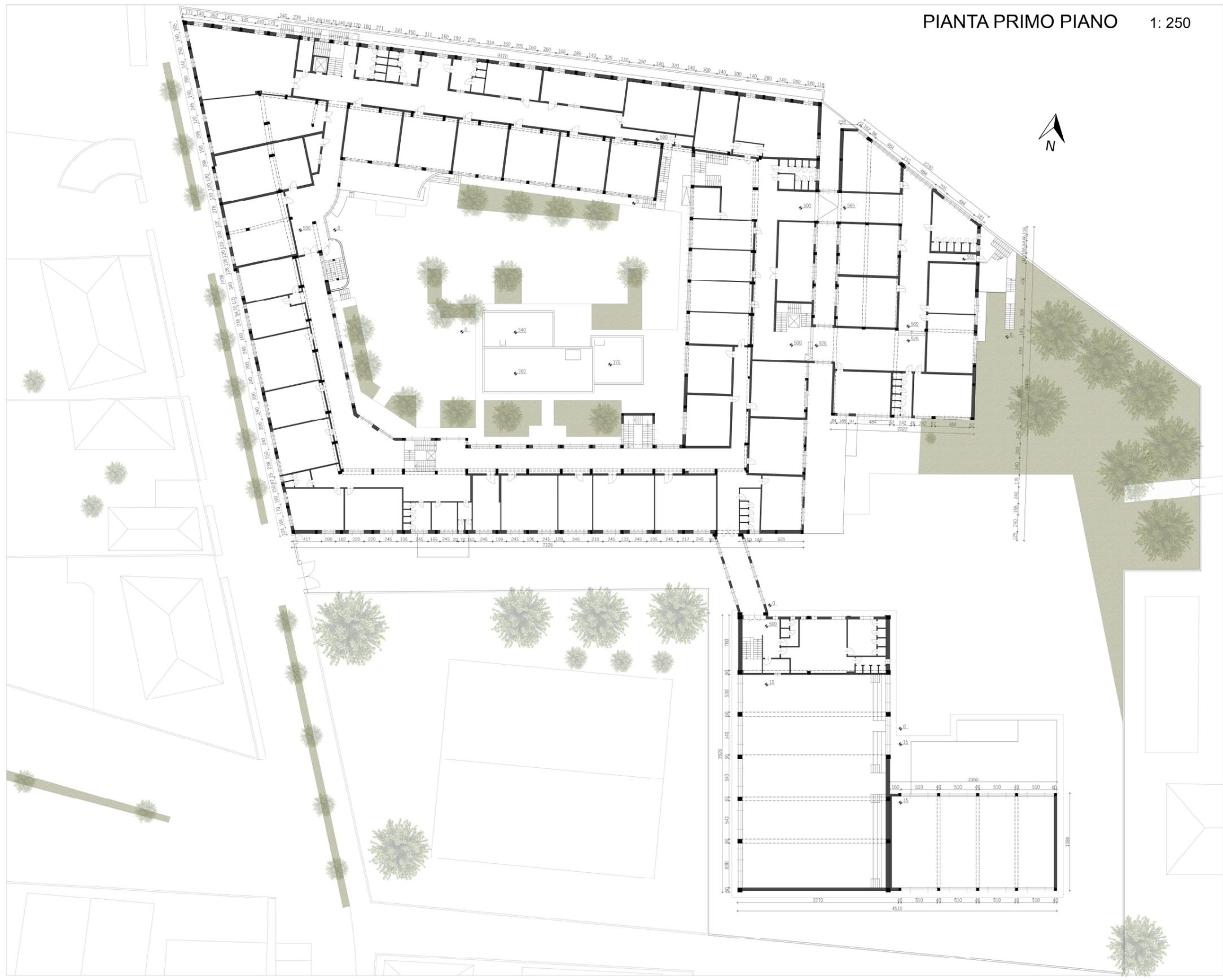


FLUIDITA' CORRIDOI



BARRIERE ARCHITETTONICHE





PIANTA PRIMO PIANO 1: 250

FUNZIONI
IDENTIFICAZIONE SCUOLE



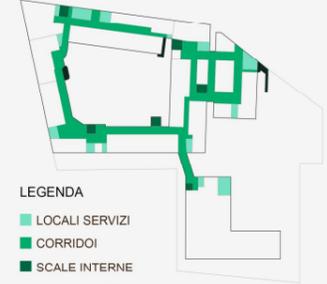
- LEGENDA
- ZONE COLLETTIVE
 - LICEO I. NEWTON
 - ISTITUTO EUROPA U.

DISTRIBUZIONE SERVIZI



- LEGENDA
- AULE
 - LABORATORI
 - UFFICI
 - PALESTRA
 - BIBLIOTECA

DISTRIBUZIONE SERVIZI



- LEGENDA
- LOCALI SERVIZI
 - CORRIDOI
 - SCALE INTERNE
 - SCALE ESTERNE

FLUIDITA' CORRIDOI

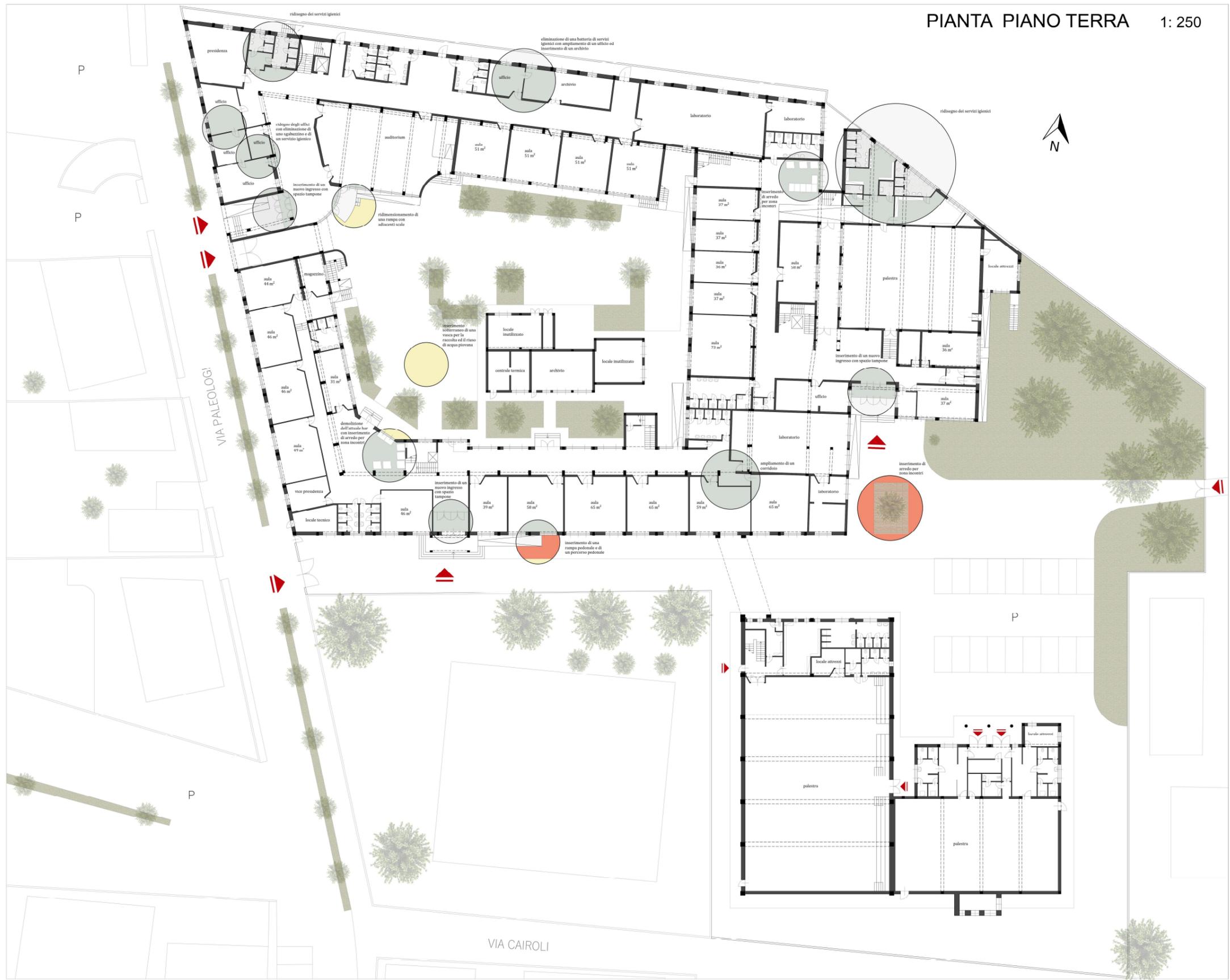


- LEGENDA
- CORRIDOIO LICEO
 - CORRIDOIO ISTITUTO

BARRIERE ARCHITETTONICHE



- LEGENDA
- ASCENSORI INAGIBILI



PIANTA PIANO TERRA 1:250

CARATTERISTICHE LATO NORD ED EST

L'intervento del fronte nord si compone di: rimozione e sostituzione dell'attuale intonaco, inserimento di uno strato di isolante con rasatura. Le parti trasparenti saranno tutte sostituite da infissi composti da telai in alluminio con taglio termico e vetri tripli bassoemissivi. Sulle pareti opache del fronte est sarà inserito uno strato di isolante termico in lana di roccia con rasatura ed intonaco mentre verranno sostituiti tutti gli infissi con telai in alluminio con taglio termico e vetri doppi bassoemissivi.



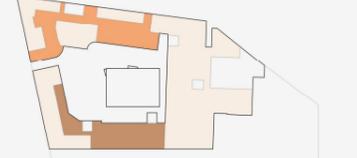
LATO SUD ED OVEST

Il fronte rivolto a sud è quello più soggetto a surriscaldamento. La parete perimetrale verrà soggetta alla rimozione dell'attuale intonaco non traspirante con inserimento successivo di intonaco traspirante, strato isolante e rasatura. Gli infissi saranno sostituiti da telai in alluminio con taglio termico e vetri doppi bassoemissivi. Infine per evitare fenomeni di abbagliamento verranno inseriti degli aggetti fissi orizzontali.

Il fronte ovest potrebbe essere soggetto a moderato surriscaldamento e a venti moderati. Il progetto prevede la sostituzione dell'intonaco non traspirante, inserimento di uno strato di isolante in lana di roccia con finitura esterna. Gli infissi saranno sostituiti con altri aventi telai in alluminio con taglio termico e vetri doppi bassoemissivi. Per evitare eventuali abbagliamenti si consiglia l'installazione di tendaggi interni.

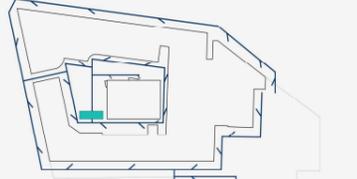


CONTROSOFFITTI



- LEGENDA
- H 3,50 m
 - H 3,75 m
 - H 4,00 m

DISTRIBUZIONE RACCOLTA ACQUA PIOVANA



- LEGENDA
- VASCA RACCOLTA PER USO IRRIGUO
 - RETE RACCOLTA ACQUA PIOVANA DA COPERTURE

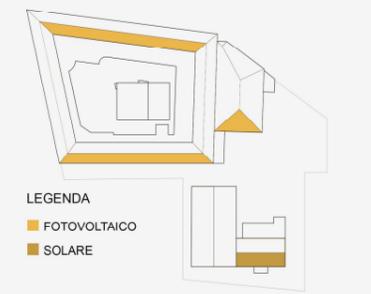
ALTRI INTERVENTI

Come si evince dalla pianta a fianco, il progetto prevede per la scuola altri interventi. Prima di tutto saranno eliminate la maggior parte delle barriere architettoniche attraverso l'inserimento di rampe con pendenza pari all'8% nei luoghi in cui attualmente non sono presenti e la sostituzione delle attuali rampe poiché aventi una pendenza superiore al valore previsto dalla normativa. Tutti gli ascensori verranno sostituiti. Alcuni servizi igienici verranno rimaneggiati per un miglior utilizzo. Nei 3 ingressi principali verrà inserito uno spazio tampone per ridurre le dispersioni termiche.

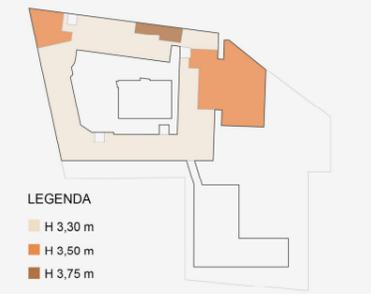


CARATTERISTICHE

FOTOVOLTAICO E SOLARE



CONTROSOFFITTI



VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

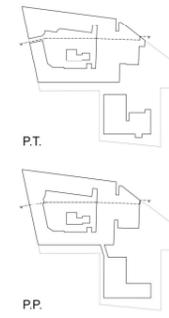


ALTRI INTERVENTI

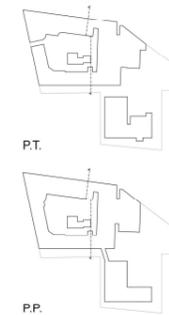
Come si evince dalla pianta a fianco, il progetto prevede per la scuola altri interventi. Per l'inserimento dell'impianto di ventilazione meccanica controllata dell'aria si provvederà con la realizzazione ex novo o l'abbassamento dei controsoffitti in base alle attuali altezze per l'inserimento dei canali. Sia nel piano terra che al primo piano verranno inserite delle zone di incontro-relax con appositi arredi per poter permettere agli utenti di utilizzare i corridoi non solo come luogo di transito, ma anche come luoghi per fermarsi e trascorrere del tempo. Delle aule vedranno un diverso disegno per poter essere usufruite al meglio. Infine la maggior parte delle porte verrà arretrata per una questione di sicurezza e verranno inseriti degli armadietti per gli studenti.

Negli ultimi anni vi è stato un calo di iscrizioni nel liceo classico quindi per attirare maggiori studenti si potrebbe rendere ancora più multimediale il corso inserendo un maggior numero di personal computer in alcune aule.

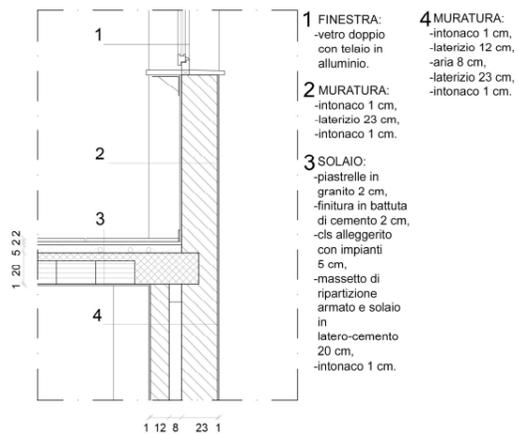
SEZIONE AA' 1:250



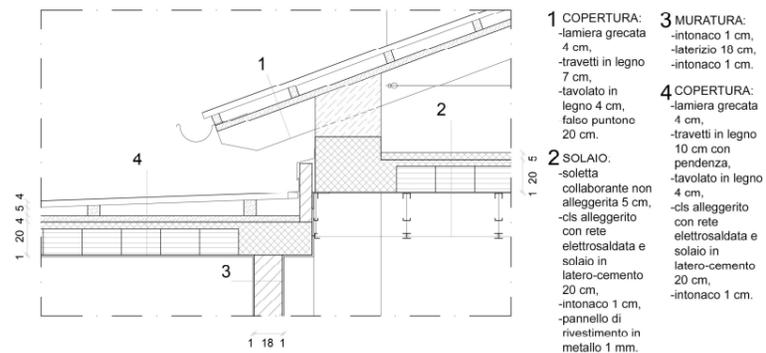
SEZIONE BB' 1:250



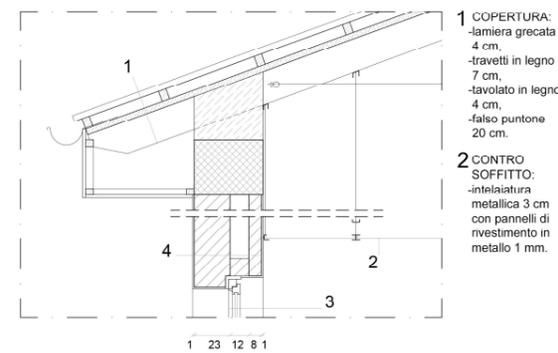
SEZIONE 1_ Stato di fatto 1:20



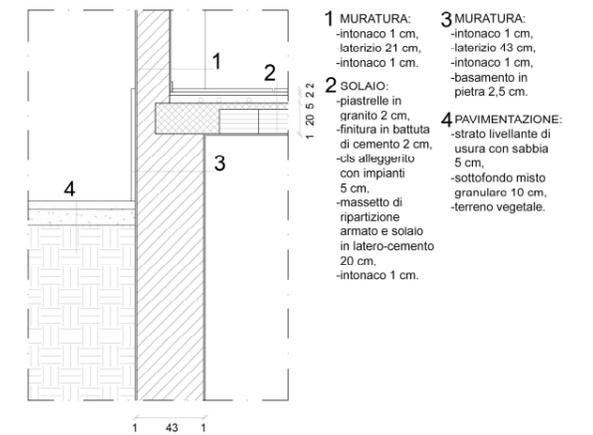
SEZIONE 2_ Stato di fatto 1:20



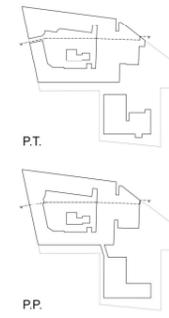
SEZIONE 3_ Stato di fatto 1:20



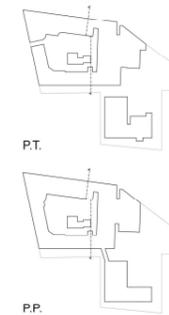
SEZIONE 4_ Stato di fatto 1:20



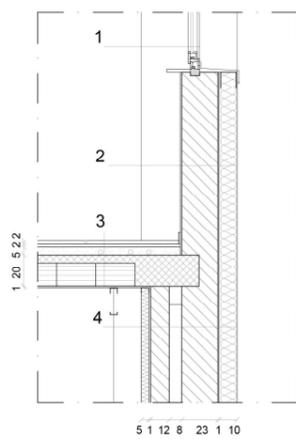
SEZIONE AA' 1:250



SEZIONE BB' 1:250

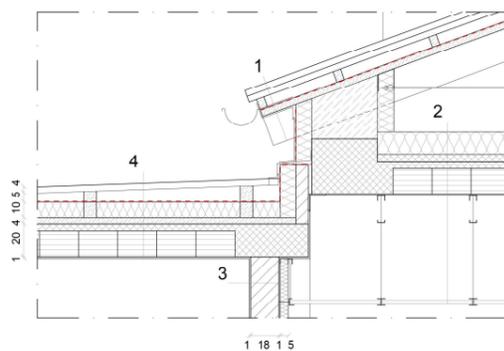


SEZIONE 1_ Stato di progetto 1:20



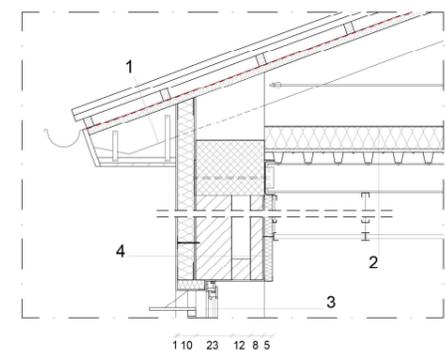
- 1 **FINESTRA:**
-vetro doppio e telaio in alluminio con taglio termico.
- 2 **MURATURA:**
-intonaco 1 cm,
-laterizio 23 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello isolante in lana di roccia 10 cm,
-rasante con rete armata e intonaco 1 cm.
- 3 **SOLAIO:**
-piastrelle in granito 2 cm,
-cls alleggerito con impianti 5 cm,
-massetto di ripartizione armato e solaio in latero-cemento 20 cm,
-intonaco 1 cm.
- 4 **MURATURA:**
-pannello fonoassorbente in lana di legno 5 cm,
-intonaco 1 cm,
-laterizio 12 cm,
-aria 8 cm,
-laterizio 23 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello isolante in lana di roccia 10 cm,
-rasante con rete armata e intonaco 1 cm.

SEZIONE 2_ Stato di progetto 1:20



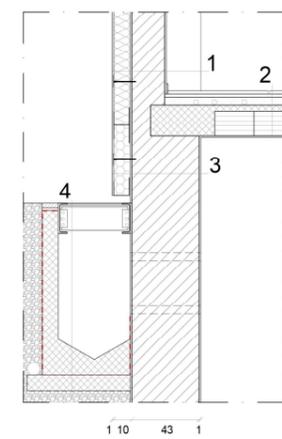
- 1 **COPERTURA:**
-pannello fotovoltaico 4 cm,
-lamiera grecata 4 cm,
-travetti in legno 7 cm,
-guaina impermeabilizzata traspirante 0,65 mm,
-tavolato in legno 4 cm,
-falso puntone 20 cm.
- 2 **SOLAIO:**
-pannello isolante in lana di roccia 14 cm,
-sioletta collaborante non alleggerita 5 cm,
-cls alleggerito con rete elettrosaldata e solaio in latero-cemento 20 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello fonoassorbente in lana di legno 2,5 cm.
- 3 **MURATURA:**
-intonaco 1 cm,
-laterizio 18 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello fonoassorbente in lana di legno 5 cm.
- 4 **COPERTURA:**
-lamiera grecata 4 cm,
-travetti in legno 10 cm con pendenza,
-guaina impermeabilizzata traspirante 0,65 mm,
-travetti in legno con pannelli di isolante in lana di roccia 10 cm,
-tavolato in legno 4 cm,
-cls alleggerito con rete elettrosaldata e solaio in latero-cemento 20 cm,
-intonaco 1 cm.

SEZIONE 3_ Stato di progetto 1:20



- 1 **COPERTURA:**
-pannello fotovoltaico 4 cm,
-lamiera grecata 4 cm,
-travetti in legno 7 cm,
-guaina impermeabilizzata traspirante 0,65 mm,
-tavolato in legno 4 cm,
-falso puntone 20 cm.
- 2 **SOLAIO:**
-pannello fonoassorbente in lana di legno 2,5 cm,
-trave secondaria IPE 180,
-lamiera grecata 7,5 cm,
-tavolato in legno 2 cm,
-pannello isolante in lana di roccia 14 cm,
-intonaco 1 cm.
- 3 **FINESTRA:**
-vetro doppio e telaio in alluminio con taglio termico.
- 4 **MURATURA:**
-rasante con rete armata e intonaco 1 cm,
-pannello isolante in lana di roccia 10 cm,
-intonaco 1 cm,
-laterizio 23 cm,
-aria 12 cm,
-laterizio 8 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello fonoassorbente in lana di legno 5 cm.

SEZIONE 4_ Stato di progetto 1:20



- 1 **MURATURA:**
-intonaco 1 cm,
-laterizio 43 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello isolante in lana di roccia 10 cm,
-rasante con rete armata e intonaco 1 cm.
- 2 **SOLAIO:**
-piastrelle in granito 2 cm,
-finitura in battuta di cemento 2 cm,
-cls alleggerito con impianti 5 cm,
-massetto di ripartizione armato e solaio in latero-cemento 20 cm,
-intonaco 1 cm.
- 3 **MURATURA:**
-intonaco 1 cm,
-laterizio 43 cm,
-intonaco 1 cm,
-pannello isolante in lana di legno mineralizzato 10 cm,
-pannello metallico con microfori 1 cm.
- 4 **PAVIMENTAZIONE:**
-griglia metallica,
-trave IPE 100,
-scannafosso 100 cm,
-muro di contenimento in cls 10 cm,
-membrana impermeabile traspirante 0,65 mm,
-magrone 10 cm,
-ciottolato.





CARATTERISTICHE

La **struttura portante** è un sistema a telaio composto da pilastri in acciaio HEB 220, travi principali IPE 220 e travi secondarie IPE 180. Essa giace su una fondazione superficiale a trave rovescia con vespaio areato.



FONTE:
<https://www.promozioneacciaio.it/cms/69001e-costruzioni-a-secco-el-ementi-costruttivi.asp>

Per la **copertura** è stato pensato un sistema di pannelli metallici coibentati.



FONTE:
<https://www.steelsiderurgica.it/Pannelli-coibentati>

Le **chiusure perimetrali** verranno realizzate con tecnologia a secco utilizzando un triplo strato di isolante sostenuto da montanti e traversi in acciaio. Il rivestimento sarà composto da intonaco colorato. Verranno aggiunte delle listellature in legno nelle murature perimetrali e sulla copertura per mascherare la presenza degli impianti di trattamento dell'aria.



FONTE:
http://www.raosartelli.it/html/italiano/realizzazioni/dettaglio_progetto-arte-colo-58.html

Una parte di edificio andrà ad ospitare il **bar** che attualmente è situato nella manica sud-ovest. Esso sarà dotato di un magazzino con servizi. Inoltre una rampa di scale collegherà il piano terreno con un soppalco che potrà essere utilizzato sia dai consumatori che come sala studio. Dal soppalco due piccoli oggetti fuoriescono dalla struttura o si amalgamano con i prospetti del liceo.



FONTE:
<https://www.arredamento.it>

L'**attuale fabbricato** è diviso in due parti: in quella verso ovest è situato il locale centrale termica mentre l'altra è utilizzata per l'archivio. Nel progetto quest'ultimo viene ricollocato in due stanze all'interno della scuola lasciando vuoto il locale del fabbricato che prenderà la funzione di vano tecnico ospitando l'impianto di unità di trattamento dell'aria.

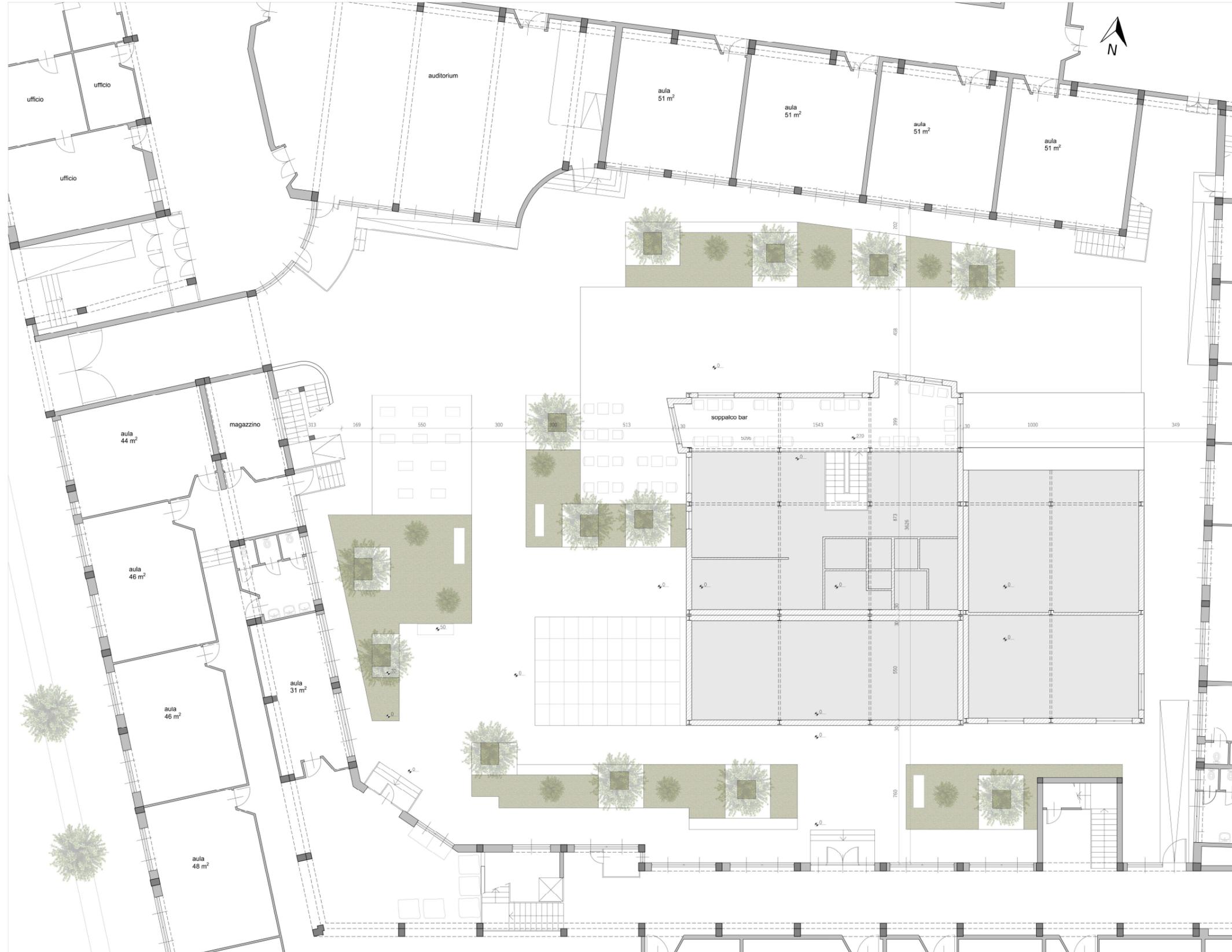


FONTE:
<https://www.amicopolis.com/blog/v/leiw6600il-locaie-tecnico-della-piso-ria>

La **sala polifunzionale** accoglierà diverse attività. Potrà essere usata come luogo di incontri, assemblee, sala studio in collaborazione con la biblioteca di Chivasso. Inoltre potrà ospitare dei corsi serali come avviene nelle Case del Quartiere a Torino.



FONTE:
<https://compagniadisanpaolo.it/ta/Gallerie-Interventi/Casa-del-quartiere-di-San-Salvatore>



CARATTERISTICHE

Calcestruzzo drenante e fonoassorbente ad elevate prestazioni per pavimentazioni permeabili. Vantaggi del prodotto: drenabilità, resistenza, effetto anti-ghiaccio, mitigazione effetto isola di calore, posa ecologica al freddo e minima manutenzione.



FONTE:
<http://www.betonrossi.it/drainbeton/calcestruzzo-drenante>

Pavimentazione antitrauma realizzata al 100% con granuli di gomma riciclata ed agglomerati con resine poliuretatiche, di superficie liscia.



FONTE:
<http://www.dimensionecomunita.it/antitrauma-pavimentazione-antitrauma-drenante-p633001>

Elemento monoblocco con seduta e piano di appoggio. Il sistema prevede oltre ad una tradizionale seduta, una compatta postazione per l'uso di computer portatili. E' realizzato in lamiera di acciaio con trattamento antiossidante e con possibilità di personalizzazione nella colorazione. Il sistema base prevede un fissaggio stabile al terreno mediante tasselli o tirafondi.



FONTE:
<http://www.augspa.com/arruedurban/panchine/203-36sanitwifipanchina-wifi.html>

Sedute in legno.



FONTE:
<http://www.lescapensitalia.com/ingest/verde-urbano-via-repubblica-san-lazzaro-di-savona>

Il Relax è realizzato con materiali riciclati come i pallet di legno. Esso potrà essere modificato in base alle esigenze degli utenti: i pannelli verranno utilizzati come tavoli, sedute o altro.



FONTE:
<https://www.archdaily.com/691819/urban-bloom-aim-architecture-plus-urban-matters>

Tavoli mobili e modulari. Le postazioni versatili permettono agli studenti di collaborare tra loro. Ideali per spazi per l'apprendimento flessibili, questi tavoli si adattano facilmente a qualsiasi tipo di lezione.



FONTE:
https://www.campusstore.it/media/yskyvg/cataloghi/2018/01_arredoinnovativo.pdf

PROSPETTO NORD 1: 100



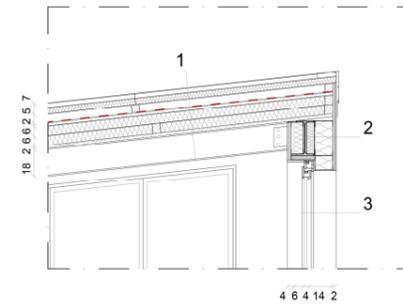
PROSPETTO SUD 1: 100



SEZIONE CC' 1: 100

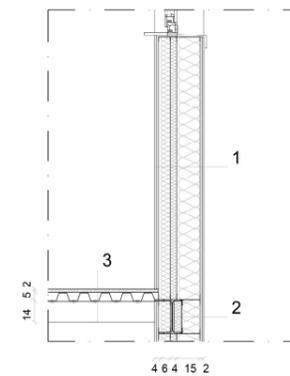


SEZIONE 5 1:20



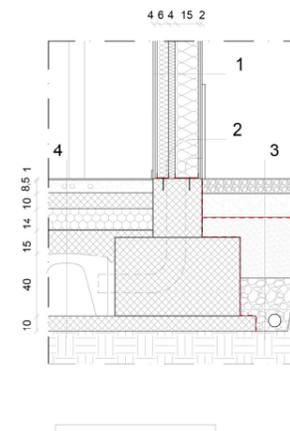
- 1 COPERTURA:**
- pannello metallico coibentato 7 cm,
 - listello di ventilazione 5 cm,
 - guaina impermeabilizzata trasparente 0,65 mm,
 - tavolato in legno in perline di abete 2 cm,
 - pannello isolante in lana di roccia 6 cm con listellatura,
 - pannello isolante in lana di roccia 6 cm con listellatura,
 - barriera al vapore 0,22 mm,
 - tavolato in legno in perline di abete 2 cm,
 - trave IPE 180.
- 2 TRAVE:**
- IPE 220.
- 3 FINESTRA:**
- vetro doppio e telaio a taglio termico in alluminio.

SEZIONE 6 1:20



- 1 MURATURA:**
- rete in tessuto di vetro con strato rasante, impregnante primer esterno e tinteggiatura finale 1 cm,
 - lastra in cemento rinforzato 1,25 cm,
 - barriera al vapore 0,18 mm,
 - strato di isolante in lana di roccia 14 cm con orditura metallica C150,
 - strato di isolante in lana di roccia 4 cm,
 - strato di isolante in lana di roccia 6 cm con orditura metallica C75,
 - doppio strato di lastre in gesso rivestito da 1,25 cm caduno.
- 2 TRAVE:**
- IPE 220.
- 3 SOLAIO SOPPALCO:**
- piastrelle autoposanti in gres porcellanato 1 cm,
 - doppio strato di pannelli in cemento-legno 2 cm,
 - lamiera gracata 5 cm,
 - IPE 140

SEZIONE 7 1:20



- 1 MURATURA:**
- rete in tessuto di vetro con strato rasante, impregnante primer esterno e tinteggiatura finale 1 cm,
 - lastra in cemento rinforzato 1,25 cm,
 - barriera al vapore 0,18 mm,
 - strato di isolante in lana di roccia 14 cm con orditura metallica C150,
 - strato di isolante in lana di roccia 4 cm,
 - strato di isolante in lana di roccia 6 cm con orditura metallica C75,
 - doppio strato di lastre in gesso rivestito da 1,25 cm caduno.
- 2 TUBO DI AERAZIONE**
- 3 PAVIMENTAZIONE:**
- calcestruzzo drenante 10 cm,
 - sottofondo misto di sabbia e ghiaia 15 cm,
 - geotessile non tessuto 3,50 mm,
 - sottofondo granulare 40 cm,
 - strato di pietrisco,
 - terreno vegetale.
- 4 PAVIMENTAZIONE:**
- piastrelle autoposanti in gres porcellanato 1 cm,
 - sottofondo alleggerito con impianti 8,5 cm,
 - strato di ripartizione carichi 10 cm,
 - strato di isolante in polistirene espanso estruso (XPS) 14 cm,
 - soletta di ripartizione carichi 15 cm,
 - vespaio 40 cm,
 - magrone 10 cm,
 - terreno vegetale.

PROSPETTO EST 1: 100



PROSPETTO OVEST 1: 100



ASSONOMETRIA CORTE INTERNA

ESTERNO_CORTE INTERNA

INTERNO_BAR

