



*Politecnico di Torino*

---

*Un approccio metodologico per l'inserimento  
di nuovi impianti in edifici storici:  
il caso studio di una particella dell'Îlot Farel a Marsiglia*

---

*Tesi di Laurea Magistrale in  
Architettura per il restauro e la valorizzazione del patrimonio*

*Maria Luisa Sclafani*

*Relatrice: Ilaria Ballarini  
Corelatrice: Rossella Taraglio*

*a.a. 2020 - 2021*

**Un approccio metodologico per l'inserimento di nuovi impianti in edifici storici:  
il caso studio di una particella dell'Îlot Farel a Marsiglia**

Candidata: Maria Luisa Sclafani

Relatrice: Ilaria Ballarini

Corelatrice: Rossella Taraglio

Corso di Laurea Magistrale in:

Architettura per il restauro e la valorizzazione del patrimonio

Politecnico di Torino

École Nationale supérieure d'architecture de Marseille



### *Abstract*

Questa tesi ha lo scopo di illustrare un approccio metodologico per l'inserimento di nuovi impianti in edifici storici esistenti oggetto di opere di riqualificazione. Il caso studio esaminato è una particella edificata collocata nella città di Marsiglia. Dopo aver analizzato sotto vari aspetti gli edifici presi in considerazione, è stato elaborato un progetto a scala architettonica, che prevede la rifunzionalizzazione del complesso, ora in stato di degrado, attraverso l'introduzione di una nuova destinazione d'uso: l'ampliamento di una scuola primaria preesistente, situata di fronte alla particella. A tale progetto di restauro, viene affiancato lo studio di un approccio metodologico volto a fornire delle linee guida per il progetto degli impianti negli edifici storici, che possa far dialogare le diverse figure professionali e le differenti discipline coinvolte all'interno di un progetto d'architettura. La tesi si presenta dunque divisa in tre parti, di cui la prima ha riguardato il progetto architettonico di riqualificazione degli edifici esistenti, elaborato durante l'anno di studio a Marsiglia; la seconda invece ha trattato a livello teorico la metodologia riguardante gli impianti, che è stata adottata per il caso francese nell'ultima sezione. Lo studio ha approfondito l'applicazione del progetto dell'impianto termico e dell'impianto di illuminazione; in generale la tesi afferma che la metodologia si può estendere al progetto di altre tipologie di impianto, nel contesto del progetto di restauro degli edifici storici.

## **Indice**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Introduzione</b>  | <b>9</b>   |
| <b>Capitolo I</b>  | <b>21</b>  |
| <b>La scuola traversante - progetto di riqualificazione di edifici siti nella città di Marsiglia</b> |            |
| 1.1 Analisi territoriale   | 23         |
| 1.2 Inquadramento del sito   | 32         |
| 1.3 Analisi storica – All’origine dell’ilot Farel  | 41         |
| 1.4 Rilievo dello stato attuale  | 46         |
| 1.5 Il progetto  | 54         |
| 1.5.1 Studio della strategia   | 55         |
| 1.5.2 Lo sviluppo e gli esiti del progetto della "Scuola traversante"                                | 63         |
| 1.5.3 I temi   | 77         |
| 1.5.4 Le strutture ex novo   | 89         |
| <b>Capitolo II</b>   | <b>97</b>  |
| <b>Metodologia per l'inserimento degli impianti negli edifici storici</b>                            |            |
| 2.1 Cenni storici sulle tecnologie impiantistiche  | 98         |
| 2.2 Approccio metodologico per l'inserimento degli impianti negli edifici storici                    | 103        |
| 2.2.1 Progetto termico   | 116        |
| 2.2.2 Progetto illuminotecnico   | 118        |
| 2.3 Normativa di riferimento sui requisiti di qualità dell'ambiente interno                          | 123        |
| <b>Capitolo III</b>  | <b>135</b> |
| <b>Applicazione dell’approccio metodologico al caso studio</b>                                       |            |
| 3.1 Quadro delle esigenze e dei requisiti  | 137        |
| 3.2 Progetto termico   | 151        |
| 3.2.1 Calcolo del carico termico di progetto invernale   | 161        |
| 3.3 Progetto illuminotecnico   | 167        |
| 3.3.1 Verifica con software del progetto illuminotecnico   | 181        |
| <b>Conclusioni</b>   | <b>193</b> |
| <b>Bibliografia</b>  | <b>197</b> |

## *Introduzione*

Questo studio si è concentrato su un progetto di riqualificazione di una particella edificata collocata nella città di Marsiglia.

In particolare si è posta l'attenzione sulla sensibilità di rifunionalizzazione di edifici con un'importanza storica e architettonica, e per questo motivo soggetti a tutela. Il progetto intende dare nuova vita a edifici, che in questo momento non sono fruibili, attraverso sia opere finalizzate alla conservazione e valorizzazione, sia all'introduzione di una nuova funzione. Inoltre si è stato studiato un approccio metodologico volto all'inserimento di impianti all'interno di tali edifici.

Le motivazioni che hanno spinto ad approfondire tale tema e la dedizione a questo progetto hanno una duplice natura.

In primo luogo vi è l'interesse sviluppato per la disciplina del restauro architettonico che ha portato alla scelta di intraprendere il biennio di laurea magistrale con indirizzo in "architettura per il restauro e valorizzazione del patrimonio".

La seconda ragione che ha incentivato la scelta della tematica della riqualificazione di edifici marsigliesi è stata l'esperienza del programma in doppia laurea ripartita tra il Politecnico di Torino e l'École Nationale Supérieure d'architecture di Marsiglia, in cui è stato frequentato l'ultimo anno del percorso accademico. Studiando e vivendo in questa città che risulta un melting pot di culture diverse e costumi provenienti da qualsiasi parte del mondo, non si è potuto fare a meno di venire catturati dal fascino dalla sua complicata trama urbana formata dalle stratificazioni delle popolazioni più diverse che ci abitano.

Camminando all'interno della città infatti è possibile trovare edifici e luoghi appartenenti alle più svariate tipologie: si passa dalle case tipiche a "tre finestre marsigliesi" nel quartiere storico del Panier, ai palazzi haussmaniani in rue de la République che sfocia sul vecchio porto, al suk nel quartiere di Noailles, alle ville col giardino a Malmousque, alle piccole abitazioni dei pescatori alla Madrague.

Gli edifici presi in analisi in questo studio risultano di interesse culturale e protetti in quanto facenti parte della storia della comunità svizzera che si è insediata nella *ville phocéenne* (altro nome per la città di Marsiglia) a partire dal XVIII secolo.

L'obiettivo di questa tesi è quello di affrontare un duplice approccio di riqualificazione, incentivato dal programma di doppia laurea. Dunque, da un lato vi è quello del progetto architettonico affrontato nell'ambito dell'università francese discusso alla fine di gennaio 2021 e dall'altro vi è l'analisi di tipo metodologico riguardante l'inserimento di impianti all'interno del progetto sopracitato, supportato dallo studio italiano.

Nell'ottica di una progettazione integrata, la fase progettuale architettonica è stata svolta tenendo conto dei processi volti all'inserimento dei sistemi impiantistici, nonostante la disposizione del testo che vede il trattamento di questi studi in maniera separata in appositi capitoli.

Prima di illustrare nel dettaglio il caso studio, è necessario effettuare un breve excursus riguardante l'importanza della conservazione.

Occorre innanzitutto spiegare cosa si intenda per *bene culturale* in architettura e perché di esso sia importante, appunto, la conservazione. Secondo l'articolo 10 del *Codice dei beni culturali e paesaggistici*, "sono beni culturali le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà". Questa nozione di "bene culturale" riprende quella contenuta nella Prima Dichiarazione della Commissione Franceschini e segna il passaggio da un criterio estetico ad uno storico. La concezione prevalente fino agli anni 50 del secolo scorso era invece quella di riconoscere il carattere di bene culturale solo ai beni di pregio o di rarità eminenti. La Commissione Franceschini venne istituita su proposta del Ministero della Pubblica Istruzione nel 1964 e operò fino al 1967 a favore della tutela e della valorizzazione del patrimonio storico, archeologico, artistico e del paesaggio. La Commissione emanò ottantaquattro Dichiarazioni a seguito di un lavoro di indagine riguardante il censimento e la condizione dei beni culturali italiani. La prima di queste dichiarazioni contiene la nozione di "bene culturale": "*tutto ciò che costituisce testimonianza materiale avente valore di civiltà*". Le dichiarazioni denunciavano lo stato di degrado, di abbandono e la scarsa valorizzazione del patrimonio culturale italiano.

Nell'art.10 sono elencate inoltre le categorie e le specie di beni culturali. Vale il principio della tipicità e tassatività delle categorie di beni ascrivibili alla nozione di bene culturale. Ne consegue che solo ed unicamente i beni appartenenti alle categorie indicate nell'art.10 possono essere dichiarati di interesse culturale dagli organi pubblici che sono preposti alle funzioni di tutela e valorizzazione. È stato sottolineato che la nozione di bene culturale è una nozione "liminale" (si parla di nozione liminale quando la normativa giuridica non dà una propria definizione, ma opera mediante un rinvio ad altre discipline non giuridiche). Il significato di bene culturale non può, infatti, prescindere da quello del concetto di cultura, che dipende a sua volta dalla coscienza di un popolo in un determinato momento storico. Dunque, un edificio che può essere classificato come di particolare interesse si tratta di un bene di eccezionale valore culturale, che si contraddistingue per determinate caratteristiche costituite dall'epoca di costruzione, dal valore architettonico, dalle tecniche costruttive impiegate, dalle decorazioni che ne attribuiscono una certa aulicità o dall'essere stati utilizzati come sedi di importanti eventi storici.

In la *Teoria del restauro* di Cesare Brandi, 1963, l'autore fornisce diverse definizioni della conservazione in sé, in particolare osserva che "essa si snoda su una gamma infinita che va da semplice rispetto del corpo di fabbrica fino all'intervento più radicale. La conservazione si impone sia come imperativo categorico che morale". Stabilisce, allora, l'esistenza di due assiomi fondamentali su cui basare gli interventi di restauro che hanno come fine ultimo la conservazione del bene. Il primo assioma specifica che "si restaura solo la materia dell'opera d'arte", mentre il secondo stabilisce che "il restauro deve mirare al ristabilimento della unità potenziale di essa, purché ciò sia possibile senza commettere un falso artistico o un falso storico, e senza cancellare ogni traccia del passaggio dell'opera d'arte nel tempo". E' necessario specificare che per Brandi l'opera d'arte non è solo quella che può essere definita da un punto di vista artistico, ma anche un edificio con valore architettonico può essere assimilato in tale concetto. Dunque Brandi, con questi due assiomi, vuole sottolineare "l'importanza dell'istanza estetica definita dalla materia che stabilisce il tempo e il luogo del restauro, che assicura l'immagine originale dell'opera senza la quale quest'ultima non può che essere definita come un relitto; e l'istanza storica che possiede un valore dicotomico, divisibile in atto della creazione, cioè il momento, contesto in cui l'opera è stata generata, e la sua esistenza e persistenza nel presente, con le superfetazioni che si sono aggiunte con il tempo". Egli parla di patina, ovvero come il sedimentarsi del tempo ha un impatto sull'opera stessa, specifica l'importanza della conservazione degli stati precedenti al restauro che rappresentano la traslazione del corpo nel tempo. Occorre però distinguere nel trattamento della patina caso per caso, mai a dispetto dell'istanza estetica. In questa sede verrà però esaminata in particolare l'importanza della conservazione dell'istanza storica, prevalente negli edifici studiati che posseggono tale valore per la città di Marsiglia.

Secondo il *Dizionario del restauro* (a cura di Cristina Giannini), 2010, la *conservazione* è un "atto responsabile che comprende l'insieme delle misure e degli interventi programmati e mirati a mantenere integra la condizione fisiologica contestuale dei materiali costituenti il manufatto artistico monitorandone il naturale declino". La conservazione è dunque lo scopo della disciplina del restauro.

Infine, il dispositivo dell'art. 29 del *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (parte seconda, titolo I, Capo III, Sezione II), stabilisce che "la conservazione del patrimonio culturale debba essere assicurata mediante una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro. Di cui per prevenzione si intende il complesso delle attività idonee a limitare le situazioni di rischio connesse al bene culturale nel suo contesto.

Per manutenzione si intende l'insieme delle attività e degli interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene e delle sue parti; mentre per il restauro è l'intervento diretto sul bene attraverso un complesso di operazioni finalizzate all'integrità materiale ed al recupero del bene medesimo, alla protezione ed alla trasmissione dei suoi valori culturali. Nel caso di beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale".

Per quanto concerne invece il codice francese che riguarda la valorizzazione del patrimonio e la protezione degli edifici storici, l'articolo L1 del *Code du Patrimoine* definisce il patrimonio culturale come « l'ensemble des biens, immobiliers ou mobiliers, relevant de la propriété publique ou privée, qui présentent un intérêt historique, artistique, archéologique, esthétique, scientifique ou technique ». Quindi si può dire che il concetto sia lo stesso per entrambe le nazioni.

Inoltre, l'articolo L642-1 del *Code du Patrimoine* enuncia che l'area di valorizzazione dell'architettura e del patrimonio (AVAP, servizio di utilità pubblica) fa riferimento di comuni o di un'istituzione pubblica di cooperazione intercomunale in materia di elaborazione di un piano locale di urbanistica su uno o più territori che presentano un interesse culturale, architettonico, urbano, paesaggistico, storico o archeologico. Questo articolo ha come oggetto la messa in valore del patrimonio costruito e degli spazi nel rispetto di uno sviluppo duraturo nel tempo. Tale promozione si fonda sulla diagnostica architettonica, patrimoniale e ambientale. Tiene in conto diversi aspetti del progetto, che siano adatti al piano locale garantendo una qualità architettonica delle costruzioni esistenti e degli spazi adiacenti. Tali AVAP hanno rimpiazzato, nel 2015 le ZPPAUP, zone di protezione del patrimonio architettonico, urbano e paesaggistico, create attraverso le leggi di decentralizzazione del 1979. Queste definivano, in accordo tra lo Stato e le collettività, le diverse modalità di gestione del settore urbano di interesse patrimoniale.

Affinché si possa applicare una giusta opera di restauro, che garantisca la conservazione dei luoghi che sono testimonianza di civiltà e la loro tutela, occorre applicare una corretta progettazione, in cui si possano incontrare diverse discipline. I progettisti architettonici devono dialogare con quelli tecnici, con i responsabili della tutela e i gestori delle attività.

Ognuno avrà il compito di mettere a disposizione la propria conoscenza, con lo scopo comune di valorizzare e rendere fruibili questi edifici che custodiscono una memoria importante per la collettività. Di un edificio considerato di particolare interesse devono essere conservati tutti gli elementi che sono parte integrante della sua testimonianza. Fra i vari elementi che compongono un edificio troviamo anche gli *impianti* contenuti all'interno. Anche questi sono beni da tutelare in quanto, come da definizione per il *Codice dei Beni culturali e del paesaggio*, nell'articolo 2, comma 2, sono beni culturali sia le cose immobili che quelle mobili che presentano un interesse di tipo culturale. I sistemi impiantistici infatti riflettono un'epoca storica e descrivono il processo evolutivo di una società attraverso il suo progresso in campo tecnologico. Dunque anche per questi motivi devono essere tutelati, in quanto documento che attesta valore storico.

L'elaborato risulta così diviso in due sezioni principali, articolate su tre capitoli:

il primo riguarda il progetto architettonico di recupero di tali edifici che si trovano nel sesto arrondissement di Marsiglia, soggetti a un concorso istituito dal Comune per l'ampliamento di una scuola elementare situata di fronte a una delle costruzioni soggette a studio. Dopo un'indagine in loco per verificare la fattibilità del progetto, l'obiettivo è stato quello di rendere fruibili gli ambienti in modo da poter accogliere funzioni didattiche per gli allievi della scuola esistente e una nuova biblioteca accessibile al quartiere.

Il secondo capitolo tratterà una metodologia che fornisce un *modus operandi* per l'introduzione di nuovi impianti in edifici storici.

Infine, la terza parte sarà di tipo applicativo, con enfasi sul masterplan dell'impiantistica nel progetto e con una fase di calcolo e integrazione con attenzione alle normative per la riqualificazione energetica degli edifici storici.

Grazie a questo lavoro di progettazione è stato possibile analizzare alcuni importanti fattori legati alla riqualificazione e rifunzionalizzazione di edifici storici attraverso differenti approcci, risultati che saranno esposti nelle conclusioni finali.



*Il mercato di Noailles - agosto 2019*



*Rue d'Aubagne - agosto 2019*



*Rue de la Republique - febbraio 2020*



*Panorama da Notre Dame de la Garde - maggio 2020*

# I

*La scuola traversante - progetto di riabilitazione di edifici siti nella città di Marsiglia*

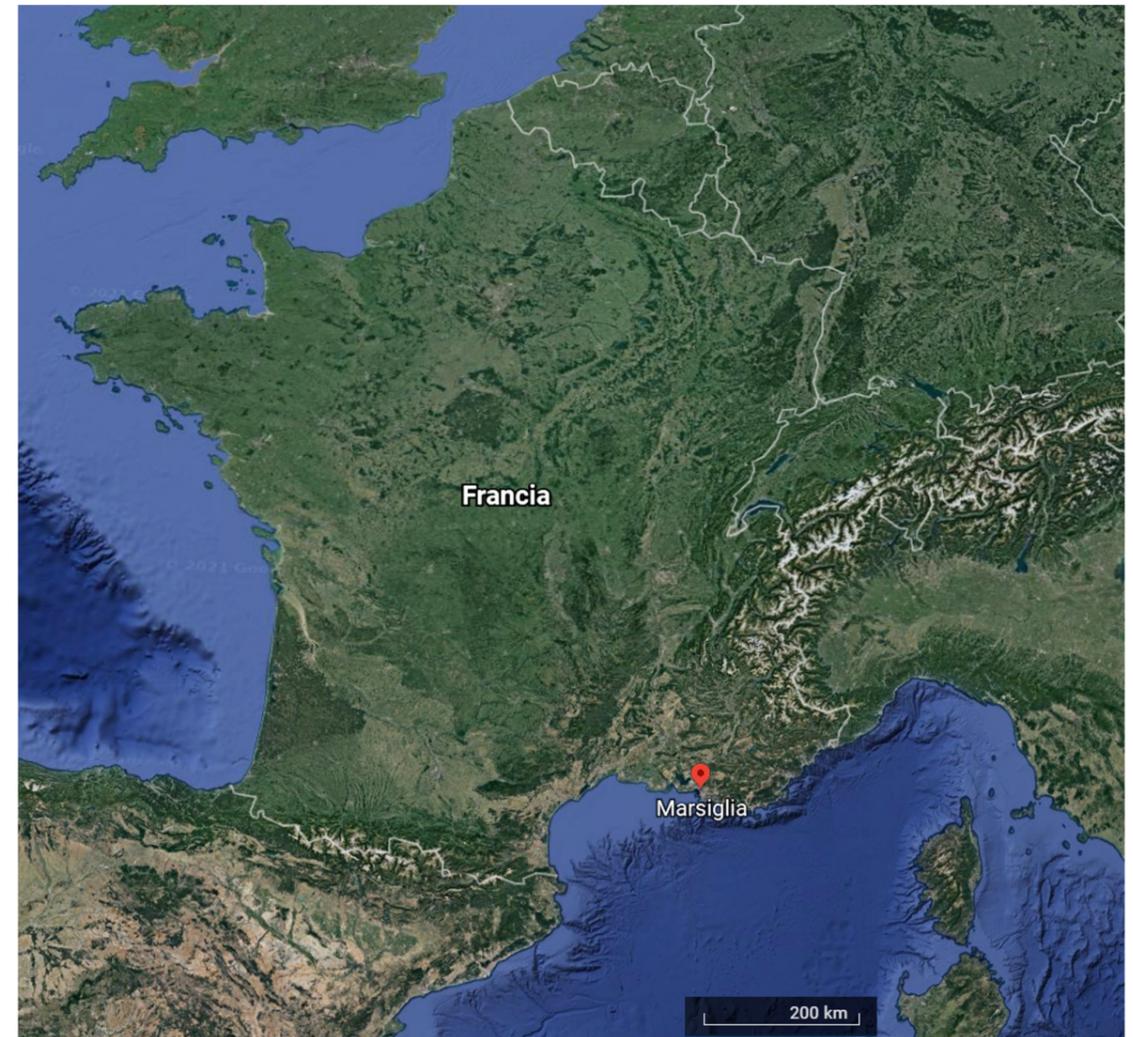
In questo capitolo verrà trattato il progetto architettonico svolto per la laurea francese avvenuta il 21 gennaio 2021 che ha permesso il conferimento del “Diplôme d’État d’architecte”.

Il progetto ha come soggetto degli edifici storici collocati all'interno della città di Marsiglia.

### *1.1 Analisi territoriale*

Marsiglia è la città più grande del sud della Francia. Fa parte della regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra e del dipartimento delle Bocche del Rodano. E' il primo porto della Francia. Fondata dai Greci nel 600 a.C., è una delle più antiche città francesi.

Considerando il numero di abitanti risulta la seconda città della Francia, dopo Parigi.



*1.1 Collocazione della città di Marsiglia, immagine aerea - da earth.google.com*

*Coordinate: 43°17'51"N 5°22'38"E*

*Altitudine: 12 m s.l.m.*

*Superficie: 241 km<sup>2</sup>*

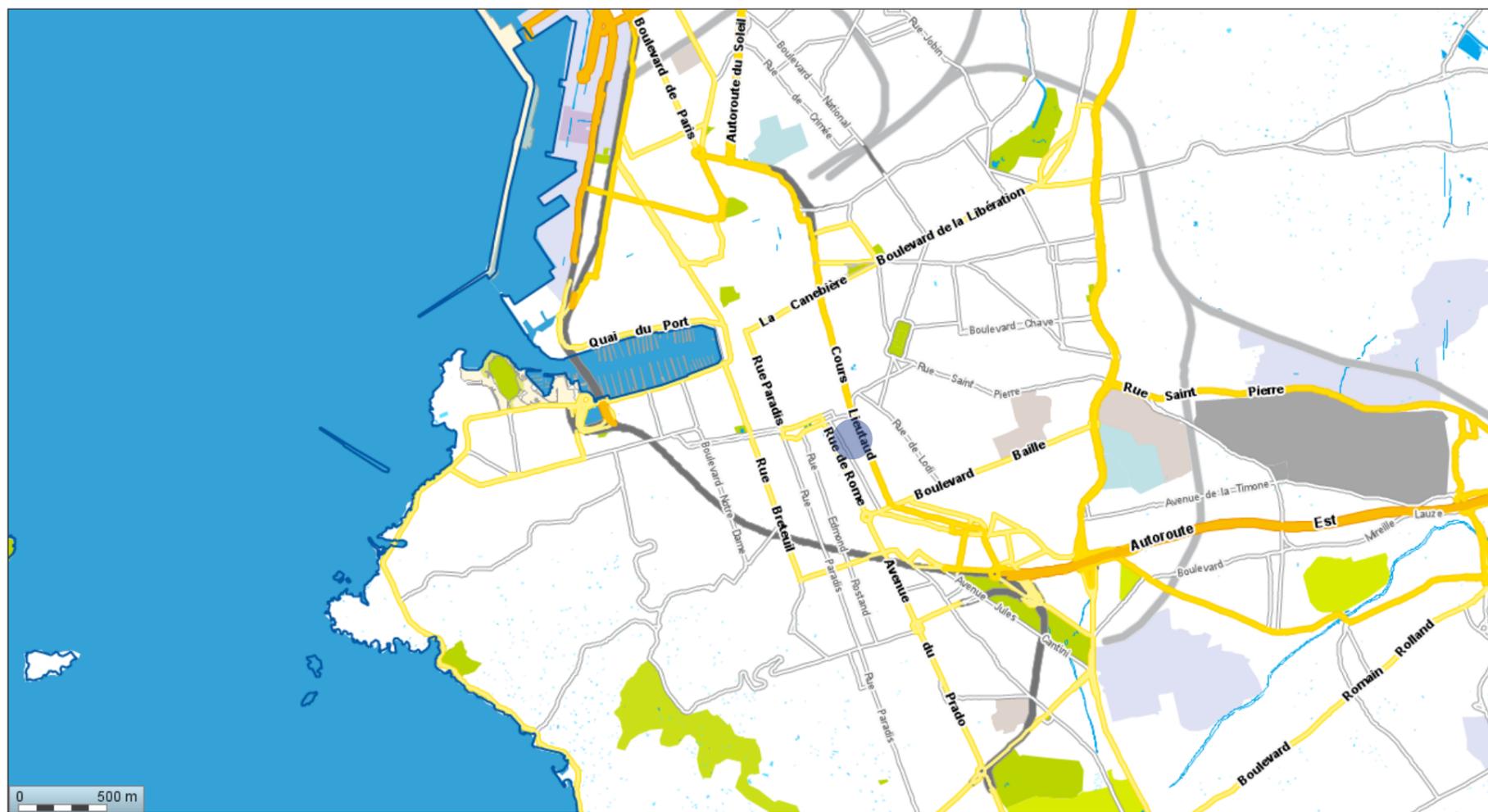
*Abitanti: 869 815*

*Densità: 3 609,19 ab./km<sup>2</sup>*

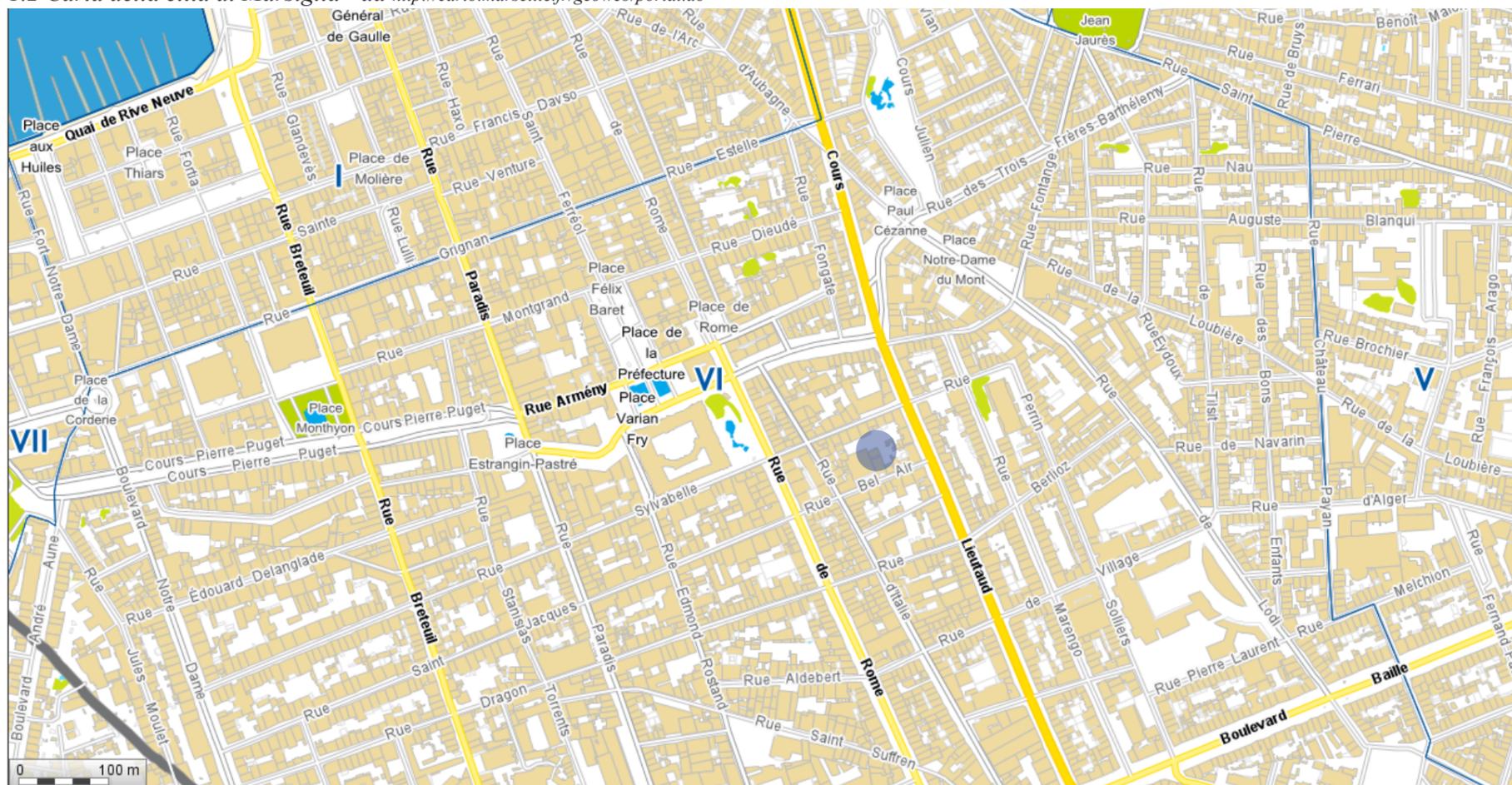
*Nome abitanti: marsigliesi (it) marseillais (fr)*

*Dati estrapolati dal sito [www.insee.fr/fr/statistiques/](http://www.insee.fr/fr/statistiques/)*

*il numero degli abitanti si riferisce al 2015*



1.2 Carta della città di Marsiglia - da <http://carto.marseille.fr/geoweb/portal.do>

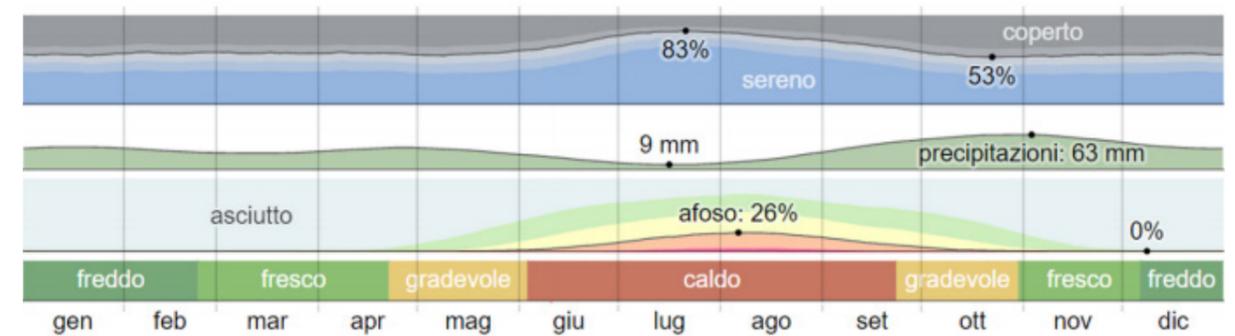


1.3 Carta della città di Marsiglia - da <http://carto.marseille.fr/geoweb/portal.do>



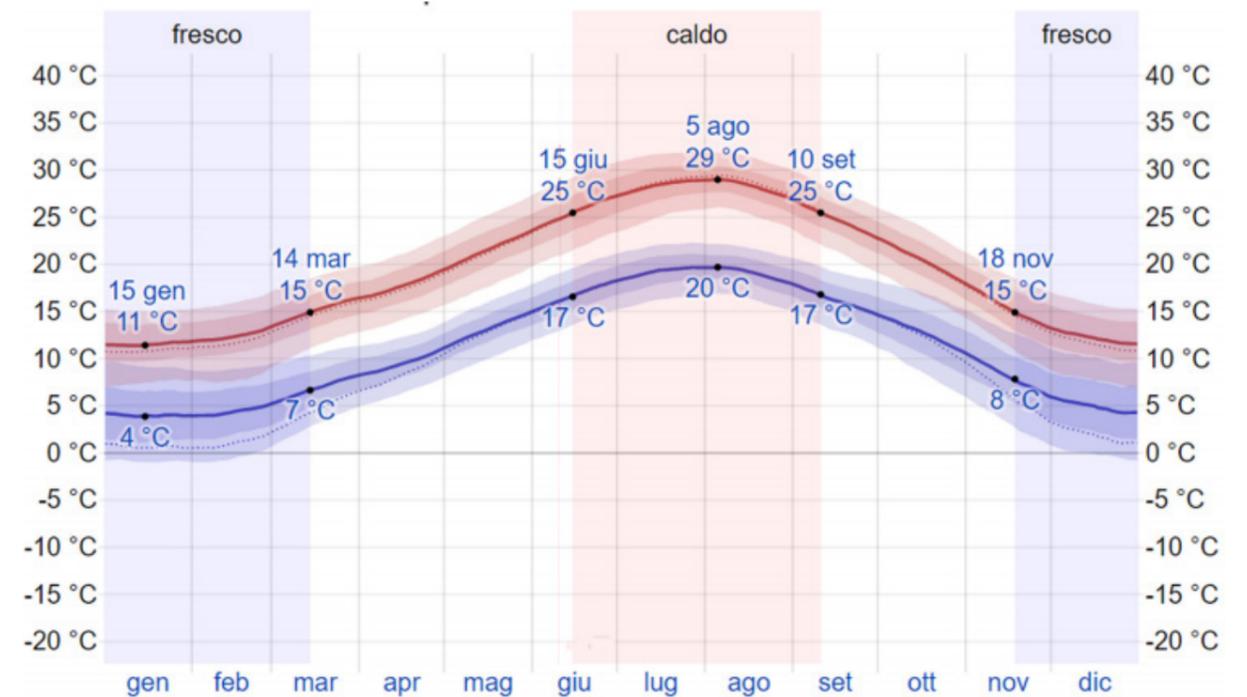
Tra gli studi preliminari, occorre inserire un'analisi climatica del sito preso in esame in modo da effettuare delle scelte progettuali che siano adeguate anche all'aspetto climatico del luogo.

Nella località francese di Marsiglia, le estati sono brevi, calde e prevalentemente asciutte e serene. Gli inverni invece lunghi, freddi e spesso nuvolosi. Tutte le stagioni sono caratterizzate da episodi ventosi. Durante l'anno la temperatura varia dai 4°C ai 29°C. Raramente si superano i 32°C e la temperatura scende al di sotto del -1°C.



#### 1.4 Sommario climatico annuale della città di Marsiglia

Mapa estrapolata dal sito [it.weatherspark.com](http://it.weatherspark.com) che riporta i dati ottenuti da National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA, e iPC

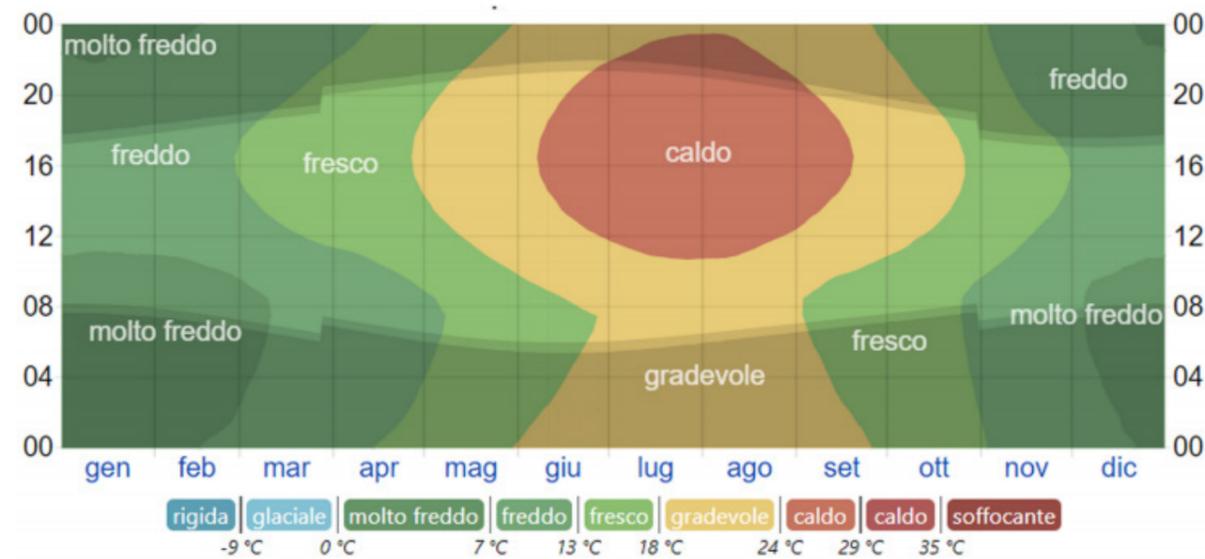


#### 1.5 Temperature massima e minima media a Marsiglia

Mapa estrapolata dal sito [it.weatherspark.com](http://it.weatherspark.com) che riporta i dati ottenuti da National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA, e iPC

Il suddetto grafico mostra le temperature massima e minima media a Marsiglia. La curva blu identifica la temperatura minima giornaliera media durante un intervallo di tempo di un anno, mentre la curva rossa segnala la temperatura massima giornaliera media. Le linee puntinate invece indicano le temperature medie percepite.

Da tale grafico si evince che la stagione calda dura circa tre mesi, da metà giugno alla prima settimana di settembre, con una temperatura giornaliera registrata superiore a 25°C. Il periodo di freddo invece ha una durata di circa quattro mesi, dalla metà di novembre a quella di marzo, con una temperatura giornaliera inferiore a 15°C.



### 1.7 Ore di luce diurna in un anno

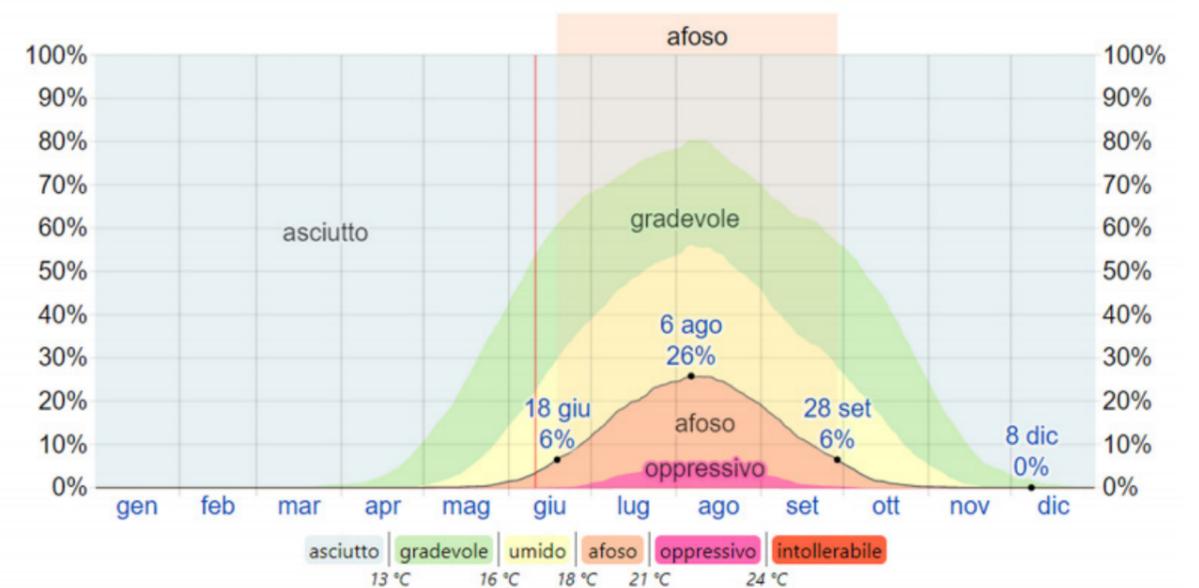
Mappa estrapolata dal sito [it.weatherspark.com](http://it.weatherspark.com) che riporta i dati ottenuti da National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA, e iPC

Il grafico qui riportato mostra le ore di luce diurna durante un anno. La curva nera rappresenta il numero di ore in cui il sole è visibile. La lunghezza del giorno a Marsiglia varia in modo significativo durante il corso dell'anno.

### 1.6 Temperature medie orarie a Marsiglia annualmente

Mappa estrapolata dal sito [it.weatherspark.com](http://it.weatherspark.com) che riporta i dati ottenuti da National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA, e iPC

Tale grafico rappresenta le temperature medie orarie per tutto l'anno. Le ascisse mostrano il periodo dell'anno, mentre le ordinate sono le ore del giorno. La scala cromatica identifica la temperatura media secondo l'orario.



### 1.8 Comfort relativo all'umidità

Mappa estrapolata dal sito [it.weatherspark.com](http://it.weatherspark.com) che riporta i dati ottenuti da National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA, e iPC

L'immagine 1.8 riporta uno schema che individua i livelli di comfort relativi all'umidità. Tale livello di comfort si basa sul punto di rugiada, che determina lo stato oltre il quale si verifica l'evaporazione per variazione di temperatura e pressione. Punti di rugiada inferiori danno una percezione più asciutta, rispetto a quelli superiori che invece provocano una sensazione di umidità. Marsiglia subisce alcune variazioni stagionali di umidità percepita.

## 1.2 Inquadramento del sito

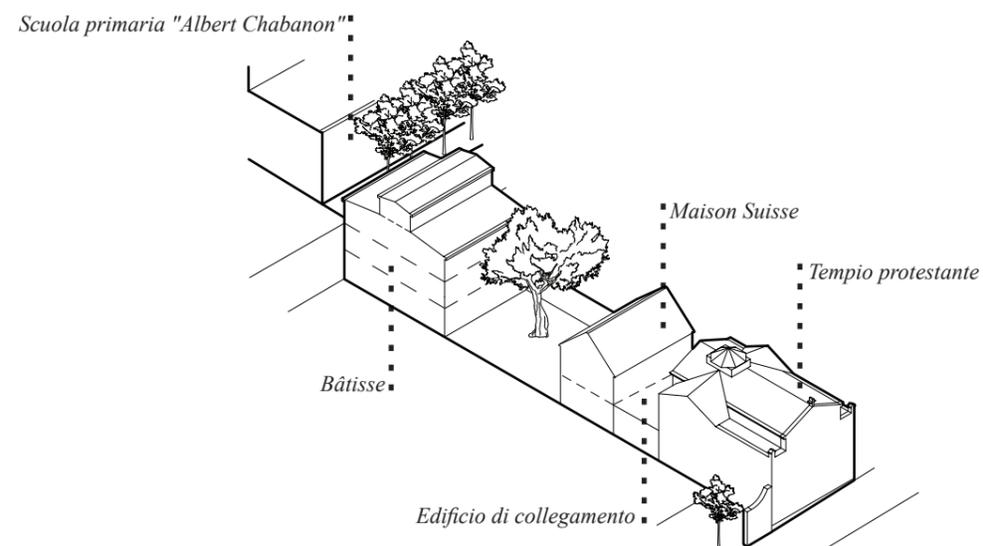
Il progetto ha come punto di partenza un concorso indetto dalla città di Marsiglia per l'ampliamento della scuola primaria "Albert Chabanon" sita al 23 di rue Albert Chabanon, nel sesto arrondissement di Marsiglia. Tale concorso richiedeva l'inserimento di 5 nuove classi per gli allievi, aule polivalenti e altri servizi dedicati alla didattica.

"Ilot Farel" è il nome dell'isolato di cui la particella caso studio fa parte.

L'intenzione principale del progetto è stata quella di trasformare dunque la particella esistente, presa in esame dal concorso, attraverso l'introduzione di nuove funzioni annesse alla presenza della scuola necessitante di ampliamento.

Gli obiettivi principali sono stati quelli di valorizzare il patrimonio architettonico rimarcabile e protetto nella sua composizione; di rinnovare e creare dei luoghi adatti alle esigenze; di creare un percorso continuo che potesse legare tutti gli spazi esistenti e quelli ex novo; infine di evidenziare le qualità dello spazio aperto.

La particella è composta da quattro edifici (come si evince dall'immagine 1.9) : la *Bâtisse*, edificio principale di fronte alla scuola esistente su rue Chabanon, la *Maison Suisse*, costruzione in stile elvetico all'interno della corte e un *edificio di un piano* di recente costruzione che collega la *Maison Suisse* al *tempio protestante* posto su rue Bel Air.



1.9 Schema assonometrico degli edifici che compongono il lotto



1.10 Collocazione spaziale del lotto di progetto (giallo) e della scuola Albert Chabanon (azzurro)

da earth.google.com

La particella può essere definita "traversante" in quanto le due facciate sono poste su due vie parallele (rue Chabanon e rue Bel Air). La superficie totale è di 778 m<sup>2</sup>. Gli edifici sono situati in una zona ritenuta dalla città di Marsiglia come da preservare e valorizzare perché si trovano in un'area storica e con un'importanza architettonica significativa. Il quartiere in cui essi sono locati è delimitato da rue Albert Chabanon, rue Bel Air, rue d'Italie e Cours Lieutaud. In particolare, il caso studio considerato è limitato da rue Bel Air 15 e rue Albert Chabanon 14.

Il complesso è composto da tre edifici principali e una corte interna. A sud si trova l'antico tempio protestante, mentre nel cuore del sito vi è la corte su cui si affaccia un'antica costruzione di due piani di tipo casa indipendente, detta *Maison Suisse*, e un edificio di tipo residenziale chiamato *Bâtisse*. Quest'ultimo ha la facciata d'ingresso su rue Chabanon e presenta tre piani più un quarto livello in attico e le cantine.

Connaissances Historiques Classement ou  
labellisation

Les protestants eurent un grand rôle dans la vie économique, politique et intellectuelle de Marseille au XIXe siècle. Outre les grandes familles de banquiers et de négociants, deux groupes se distinguèrent : les Vaudois du Piémont (venus pour les grands travaux) et les Suisses, domestiques, horlogers ou pâtisseries-confiseurs. Ce sont les Suisses de langue allemande qui furent à l'origine de l'église de la rue Bel-Air. C'est un bel exemple de style romano-byzantin et il témoigne de l'histoire des protestants de Marseille. (Texte fiche PLU Tome 3 Modifié (prescription du 9 oct. 2014) par DC CU MPM du 21/12/15-modification 2).

## Description de l'état actuel

Typologie : temple de style néo-roman organisé sur un plan en croix latine / Matériaux : pierre, enduit / Façade décomposée en trois registres horizontaux : une entrée en retrait précédée par une galerie de deux colonnes, surmonté d'une corniche et d'un triplet de larges baies inscrit dans un grand arc plein cintre saillant surmonté d'une petite galerie d'arcades rampante plaquée sur le pignon brisé / Couverture : toit à deux versants, tuile. (Texte fiche PLU Tome 3 Modifié (prescription du 9 oct. 2014) par DC CU MPM du 21/12/15-modification 2).

Le porche d'entrée est fermé par des grilles d'origine. Les éléments de décor, mosaïques des écoinçons du péristyle, galerie de huit colonnettes évoquent la galerie naïve des églises ottoniennes ou l'art roman du nord de l'Italie.



## Adresse

BEL AIR (rue) 15

13006

N° Parcelles  
827 B 84

## Date enquête

27/05/2016

## Intérêt patrimonial

- HISTORIQUE
  - URBAIN
  - ARCHITECTURAL
  - DECORATIF
  - TYPOLOGIQUE
  - PAYSAGER
- Témoignage d'une vie culturelle particulière du quartier. Bel exemple d'architecture Néo-roman.

## Lien avec le rapport de présentation

Livre 1 : Chapitre 5 - L'espace bâti, Chapitre 5.3.8 - Un patrimoine singulier au milieu du XIXe siècle à 1943

## Dénaturations

Immeuble à l'abandon faisant l'objet d'une déclaration de travaux.  
En rez-de-chaussée, des menuiseries récentes ont été posées. Leur dessin n'est pas adapté à la nature de l'édifice.



## État du rez-de-chaussée

## CONSERVATION

Conservation de l'intégrité de l'immeuble, des volumes, des façades, des toitures, des compositions et ordonnancements, des matériaux, des modénatures et ornements qui qualifient sa valeur patrimoniale.

- Surélévation interdite
- Modification de façade interdite
- Modification de toiture interdite
- Suppression des dénaturations afin de retrouver le caractère originel.

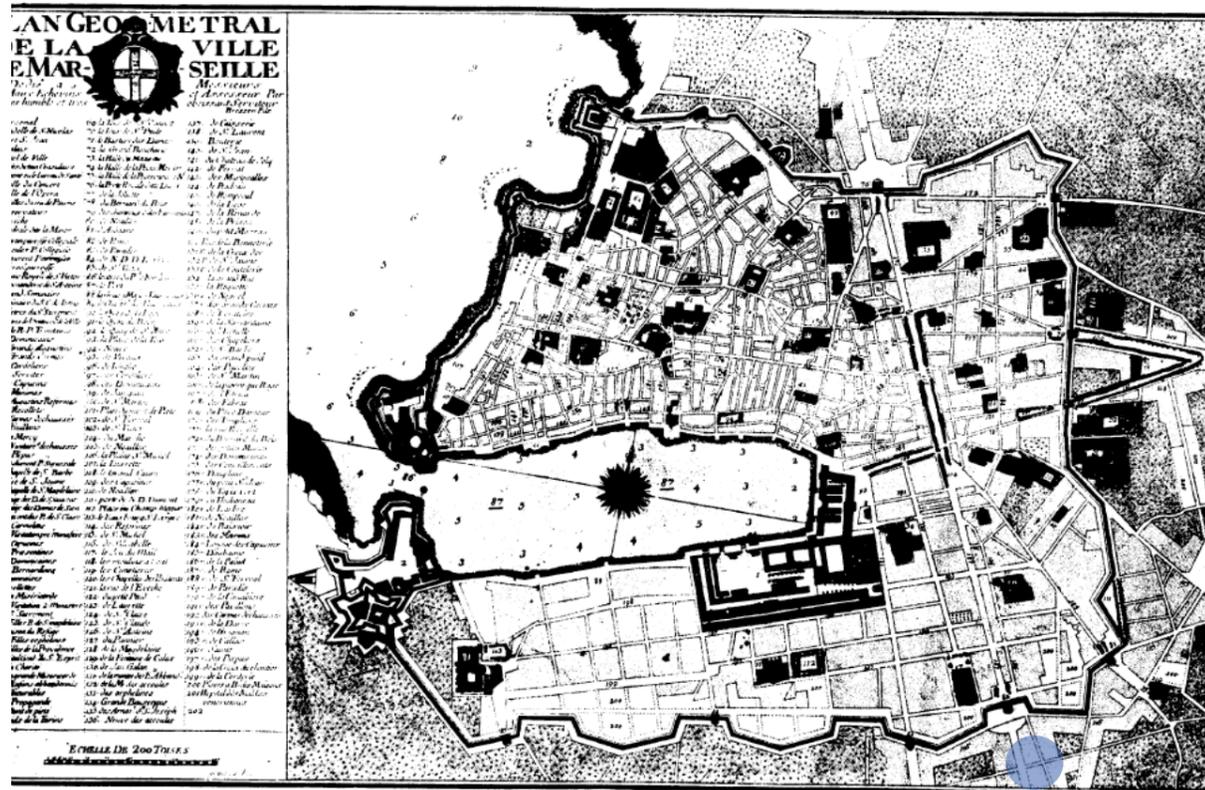
## Attentions particulières

In particolare il tempio protestante su rue Bel Air è stato classificato dall'AVAP (aire de valorisation du patrimoine) come elemento patrimoniale da conservare. L'organizzazione ha redatto un documento (immagine 1.11) contenente le prescrizioni particolari che descrivono tutte le specificità architettoniche e storiche di questa costruzione. Spiega inoltre i lavori che sono permessi e quelli che sono vietati.

Il tempio fu costruito nel XIX secolo dalla comunità protestante proveniente dalla Svizzera. L'edificio dunque rappresenta la testimonianza della presenza della religione protestante nella città francese dell'Ottocento e un'importanza architettonica per la sua composizione.

Analizzando le carte storiche (carta 1.14) si può notare che l'isolato inizia ad apparire nella seconda metà del 1700. Infatti esso non era presente nella Carte d'état major del 1720 (carta 1.12) che descrive la città all'interno delle mura. Attraverso l'analisi della cartografia è stato possibile studiare la modificazione e l'evoluzione dell'isolato Farel che si è densamente costruito nel tempo, creando una facciata continua sui quattro lati e mantenendo un vuoto provocato dalle corti interne delle diverse particelle di composizione.

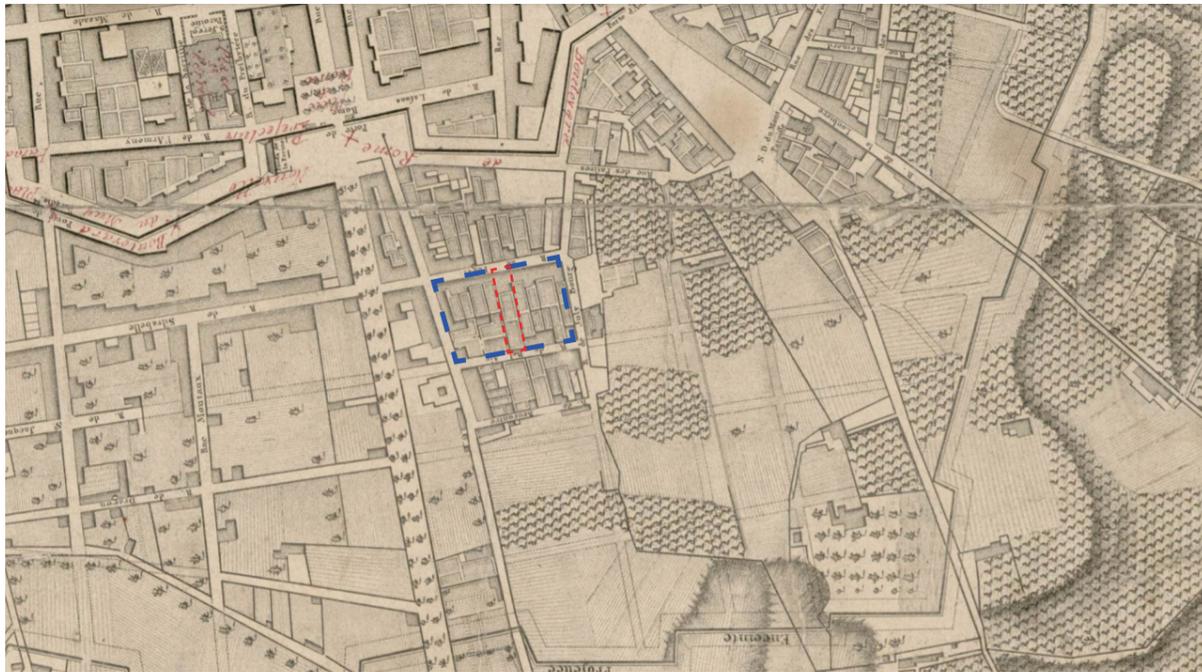
Per mezzo della comparazione tra i documenti di archivio, la carta del catasto napoleonico (1.15) del 1819 e lo stato attuale è stato possibile individuare gli edifici esistenti dalla fine del Settecento, quelli che sono stati aggiunti nell'Ottocento e quelli che sono stati demoliti nello stesso secolo all'interno della particella.



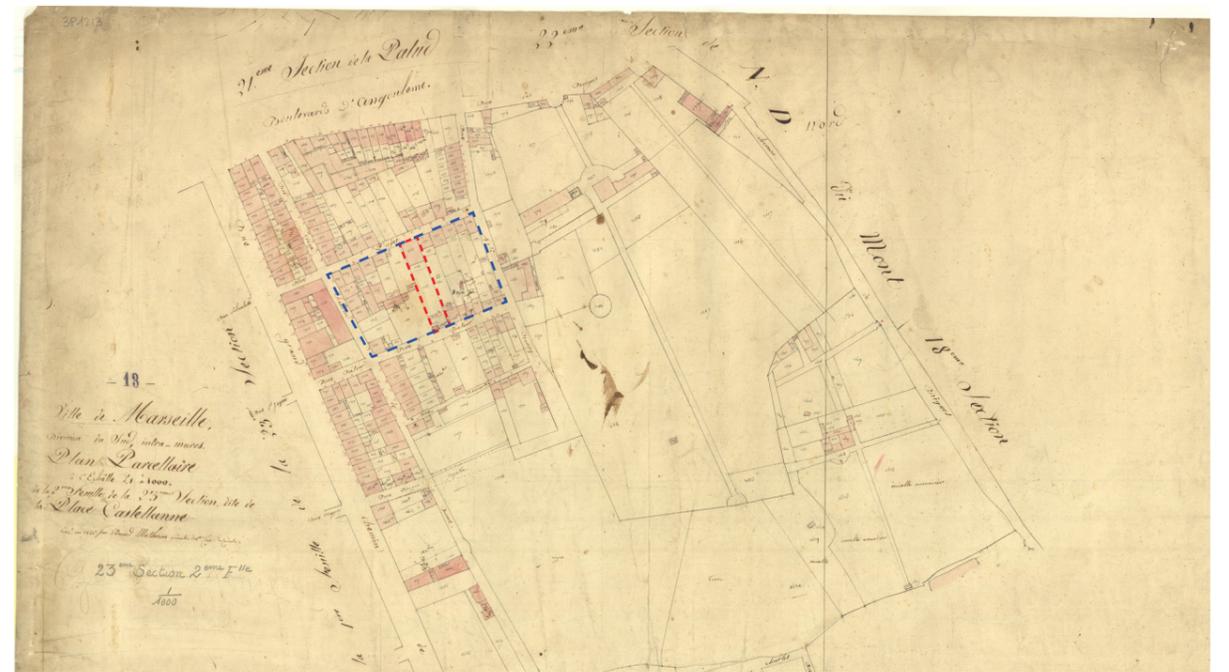
1.12 Carta di Marsiglia - 1720  
da <https://upload.wikimedia.org/>



1.13 Carta de l'état major (1820-1866) ;  
Il lotto nel contesto della città di Marsiglia nel XIX secolo  
da <https://remonterletemps.ign.fr/>



1.14 Pianta della città di Marsiglia  
parte sud (1785)  
da <http://www.archives13.fr/>



1.15 Catasto napoleonico (1819)  
<http://www.archives13.fr/>

### 1.3 Analisi storica – All’origine dell’ilot Farel

All’interno della “*Revue européenne des migrations internationales*” è stato pubblicato nel 1987 un brano di Renée Lopez, in cui vi è una parte dedicata alla presenza della comunità svizzera a Marsiglia intitolata *Les Suisses à Marseille : une immigration de longue durée*. Egli descrive la storia del caso studio composto da edifici costruiti nel XIX secolo all’interno dell’isolato Farel.

In particolare si può dire che i tre edifici sono parte dell’eredità della comunità svizzera presente nella ville phocéenne a partire dalla fine del XVI secolo.

"L’arrivo della comunità svizzera è stato facilitato dalle vie naturali offerte dalla valle del Rodano e dai percorsi alpini che arrivano fino a Marsiglia. All’epoca la città offriva delle possibilità commerciali di cui la comunità, senza sbocchi di tipo marittimi, aveva bisogno. Inoltre, la politica francese favoriva gli scambi e l’accoglienza delle comunità straniere, soprattutto sotto il regno di Enrico IV. Dal XVII secolo, gli svizzeri si installarono nella città provenzale in maniera significativa. Inoltre, la religione protestante era ben accettata e la sua sussistenza era autorizzata nella regione. Il suo insediamento è dovuto anche grazie alla presenza dei ricchi commercianti svizzeri, ai quali era stato accordato il diritto eccezionale di commercio. Era offerta dunque la possibilità di costruire i templi dedicati al culto. Oltre ai commercianti, la popolazione svizzera era composta da attività diversificate: contava di artigiani, carpentieri, incisori e orologiai.

Col passare del tempo però, dopo l’assassinio del re Enrico IV, sotto i regni di Luigi XIII e Luigi XIV, la comunità cominciò a subire dei fenomeni di xenofobia e violenza continui, con l’accusa di concludere più affari di quanti ne effettuasse il paese stesso. Dopo la revoca dell’Editto di Nantes (1629), molti furono obbligati a convertirsi al cattolicesimo e il culto protestante fu proibito. La comunità protestante svizzera continuò a praticare la religione in maniera clandestina, in luoghi segreti. L’intolleranza perse terreno a metà del XVIII secolo e l’Editto di Tolleranza del 1789 mise definitivamente fine ai problemi di carattere religioso. Gli svizzeri presenti nella città lottarono dunque per circa due secoli per mantenere vivo il loro culto a Marsiglia, grazie anche alla loro ricchezza e alla loro posizione sociale.

Dopo la Rivoluzione, in particolare negli anni Trenta dell’Ottocento, si assistette ad una emigrazione

massiva delle comunità d'Alsazia, della Svizzera e della Germania presenti nel territorio francese, verso i loro paesi d'origine. Questi movimenti furono dovuti alle carestie e ai disagi provocati dalle guerre rivoluzionarie e imperiali. Per controllare questa emigrazione, in accordo con le autorità federali e il Consolato, fu creata la Société de Bienfaisance, che deteneva il monopolio delle azioni filantropiche a Marsiglia nel 1841. Gli svizzeri acquisirono all'epoca una reputazione come ottimi lavoratori tale che la maggior parte delle famiglie della ville phocéenne andassero a cercare dei professionisti appartenenti a questa comunità, anche grazie a questa associazione, da ingaggiare e di cui pagarne il ritorno in città.

Occorre dire che l'attitudine della popolazione svizzera presente sul territorio marsigliese era caratterizzata da un forte patriottismo e dal senso di solidarietà, caratteristiche identificative. Essi infatti a partire dalla seconda metà del 1800, fondarono numerose associazioni destinate all'assistenza e a stimolare questi sentimenti. Delle biblioteche e dei luoghi di ritrovo sono stati creati per organizzare la vita associativa della comunità.

È in questo quadro che è possibile identificare la costruzione di case che potessero accogliere quei membri della collettività svizzera che avessero bisogno di sostegno. Ad esempio di ciò, su rue Bel Air si eresse una casa per l'accoglienza di giovani donne bisognose.

La religione protestante giocava in questo un ruolo fondamentale. Nel 1846, venne creata una chiesa riformata germanofona, in accordo con la città e il Comitato centrale dei protestanti. Durante questo periodo di attività culturale intensa, nel 1862, una società immobiliare civile comprò un immobile, nella stessa via, che potesse essere destinato all'educazione dei bambini. Operazione che però fu interrotta dalla guerra del 1870, che fece abbandonare l'idea dell'edificazione di una scuola. Quegli stessi locali furono poi trasformati nel 1896 e destinati ad un centro di accoglienza per ragazze.

Nel 1872, uno degli edifici facenti parte dell'Ilot Farel posto su rue Bel Air mise a disposizione i suoi locali per le attività della Société de Bienfaisance e ne divenne membro effettivo nel 1876; il governo federale gli delegò i servizi di assistenza del consolato.

Nel frattempo, il patrimonio della chiesa protestante a Marsiglia si arricchì tanto che permise la costruzione di un tempio nel 1888 su rue Bel Air. La sua realizzazione fu garantita dalle numerose donazioni dei protestanti presenti nella regione e evitò la minaccia di un'interruzione dovuta alla

separazione tra la Chiesa e lo Stato all'inizio del XX secolo.

Infine, verso il 1913, con lo scopo di migliorare e ingrandire il suo patrimonio, la comunità fece abbattere il vecchio edificio in stile provenzale che ospitava la scuola e la casa per costruirne uno nuovo in stile elvetico (la Maison Suisse). Durante la prima guerra mondiale il complesso è stato utilizzato come ospedale militare, allo stesso tempo la chiesa fu anch'essa usata per la celebrazione di altri culti. Nel 1919, i locali si trovavano in uno stato di profonda degradazione, ma con l'aiuto della città di Marsiglia, l'anno seguente l'attività religiosa riprese. Si conclusero degli accordi per cui la società civile che si era incaricata di gestire la ripresa cambiò il nome in "Associazione civile della Chiesa protestante svizzera a Marsiglia". Dunque si passò a un sistema nazionale per sostenere la comunità elvetica. Il culto si celebrava in tedesco, ma i pastori dovevano essere bilingue. Tuttavia, ciò non bastò per ricominciare pienamente l'attività come precedentemente: la casa destinata alle ragazze giovani bisognose iniziò ad essere usata come rifugio per i numerosi immigrati del post guerra.

La particella non ritornò ad avere la sua funzione antica di scuola e luogo di accoglienza per le donne, a causa del declino irrimediabile che subì la comunità. Nel 1980, i beni di essa sono stati lasciati all'associazione familiare G.Farel che donerà il suo nome all'intero isolato".

Per quanto riguarda gli edifici facenti parte del caso studio, tenendo conto del loro periodo di costruzione e della loro composizione formale e morfologica, è stato supposto che la loro struttura sia composta da muratura e travi in legno per le due case (la Batisse e la Maison Suisse), mentre il tempio potrebbe essere costruito totalmente in muratura e in particolare mostra al suo interno quattro pilastri a base circolare in ghisa.

La pavimentazione della Batisse è in tomette, piastrelle esagonali in terracotta tipiche della città di Marsiglia, mentre quella della Maison Suisse è caratterizzata da cementine.

Le due case fanno parte di un tipo costruttivo tipico marsigliese: i due principi di costruzione del tetto e dei solai sono sostenuti dai muri "mitoyens", ovvero i due muri portanti laterali che sono condivisi con gli edifici adiacenti. I solai sono costituiti da travetti in legno portati da quest'ultimi, su di essi sono poggiate delle assi lignee, ricoperte da un composto a base di gesso che permette la disposizione delle tomette.

La copertura è composta da assi di legno, travetti perpendicolari, pannelli quadrangolari in terracotta, malta e tegole.



*1.16 Batisse su rue Chabanon, prima metà del XX secolo*  
*Immagine ottenuta dal sito [www.delcampe.net](http://www.delcampe.net)*



*1.17 Batisse su rue Chabanon, oggi*



1.18 La Batisse su rue Chabanon



1.19 La Batisse vista dalla corte



1.20 Il platano



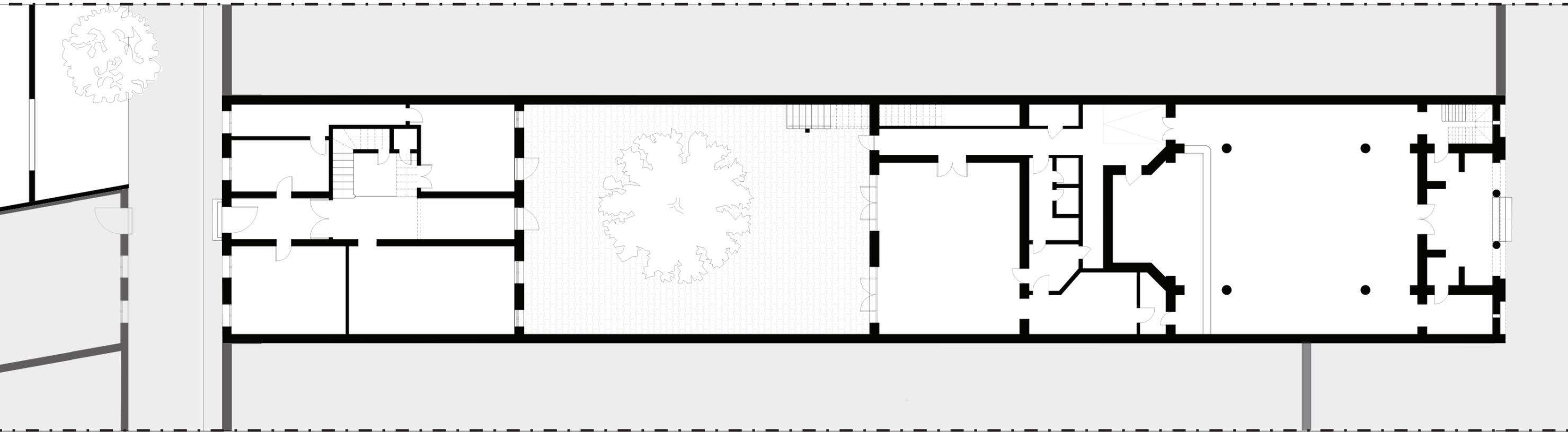
1.21 La Maison Suisse dalla corte



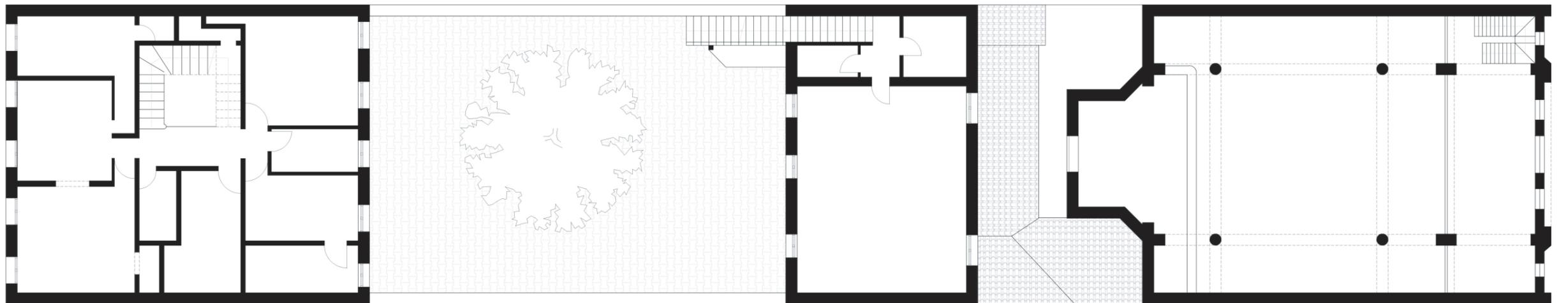
1.22 Particolare delle lucarne



1.23 Il tempio protestante visto da rue Bel Air

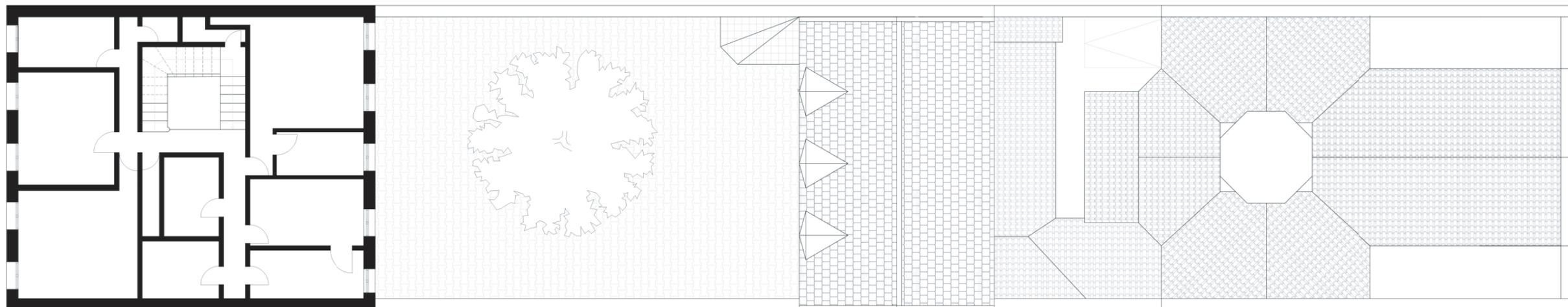


1.24 Stato di fatto  
Piano terra  
Scala 1:200

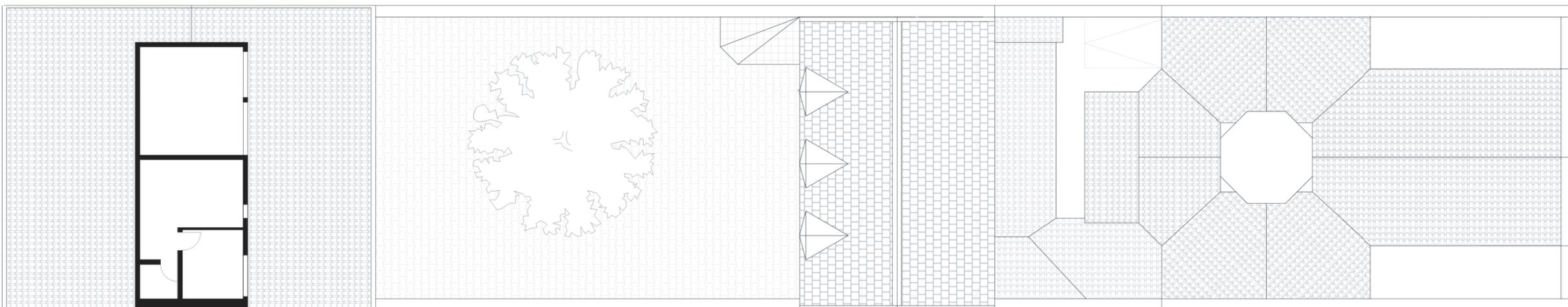


1.25 Stato di fatto  
Piano primo  
Scala 1:200



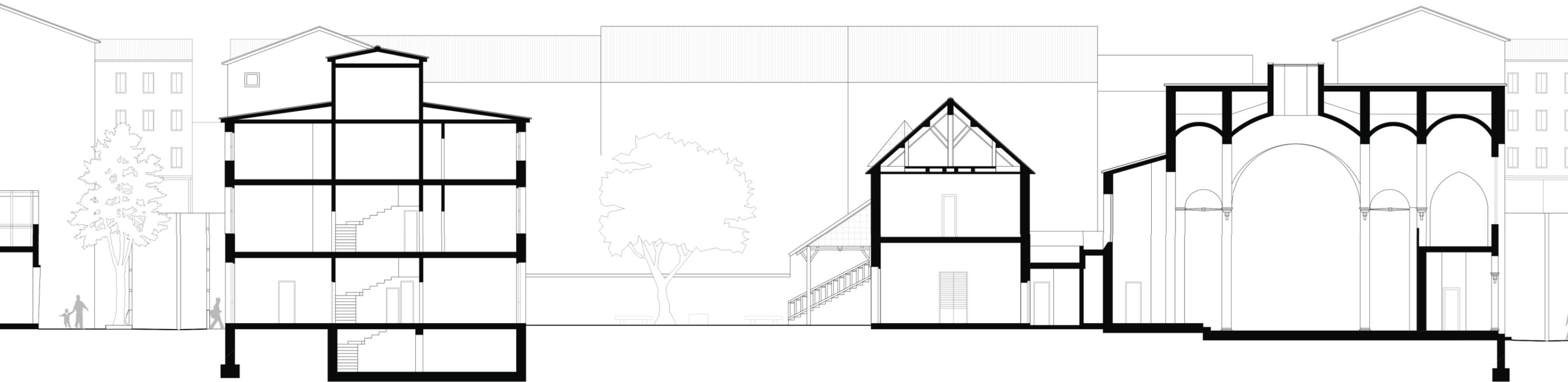


1.26 Stato di fatto  
Piano secondo  
Scala 1:200

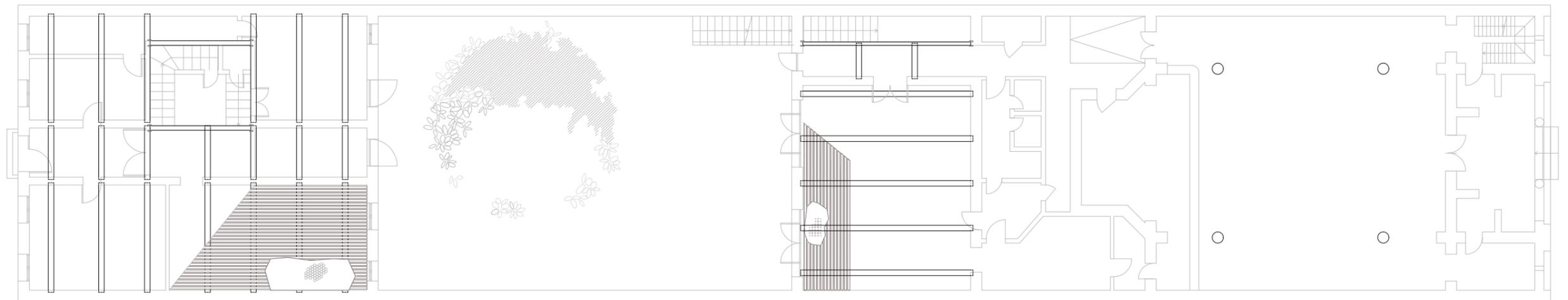


1.27 Stato di fatto  
Piano attico  
Scala 1:200





1.28 Stato di fatto  
Sezione longitudinale  
Scala 1:200



1.29 Stato di fatto  
Ipotesi strutturale  
Scala 1:200

Tenendo conto del loro periodo di costruzione e della loro composizione formale e morfologica, è stato supposto che la loro struttura sia composta da muratura e travi in legno per le due case (la Batisse e la Maison Suisse), mentre il tempio potrebbe essere costruito totalmente in muratura e in particolare mostra al suo interno quattro pilastri a base circolare in ghisa. La pavimentazione della Batisse è in tomette, piastrelle esagonali in terracotta tipiche della città di Marsiglia, mentre quella della Maison Suisse è caratterizzata da cementine.

Le due case fanno parte di un tipo costruttivo tipico marsigliese: i due principi di costruzione del tetto e dei solai sono sostenuti dai muri “mitoyens”, ovvero i due muri portanti laterali che sono condivisi con gli edifici adiacenti. I solai sono costituiti da travetti in legno portati da quest’ultimi, su di essi sono poggiate delle assi lignee, ricoperte da un composto a base di gesso che permette la disposizione delle tomette. La copertura è composta da assi di legno, travetti perpendicolari, pannelli quadrangolari in terracotta, malta e tegole.

## *1.5 Il progetto*

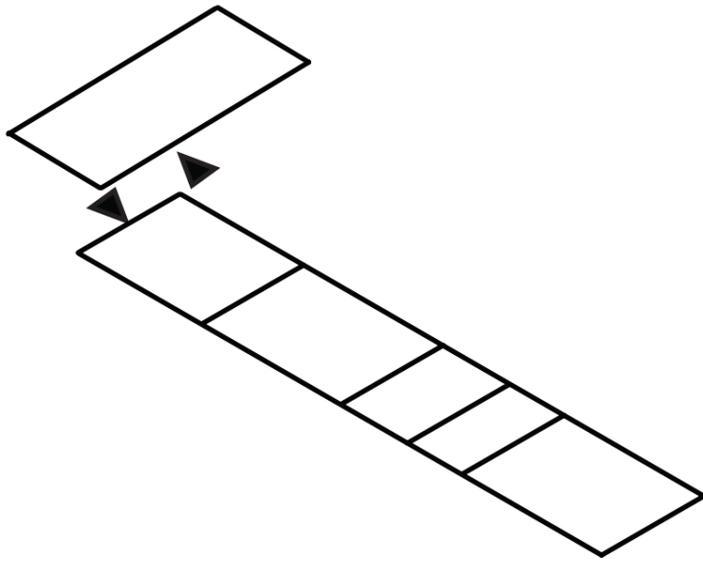
### *1.5.1 Studio della strategia*

Il programma è stato stabilito in funzione della necessità di ingrandire il complesso scolastico d'origine, situato davanti la particella di studio.

Partendo dalle funzioni di base di cui una scuola primaria ha bisogno, sono state determinate le altre e la loro disposizione all'interno degli spazi. Ci si è dunque interrogati riguardo le esigenze degli utilizzatori a cui il progetto è rivolto. In primo luogo, la necessità di ingrandire lo spazio esterno. A questo scopo ci si è serviti delle zone del sito che non avessero un particolare interesse architettonico, ovvero l'edificio recente di collegamento tra il tempio e la Maison Suisse. E' stato ricreato al suo posto una seconda corte, rispetto all'esistente, da valorizzare e proteggere. Allo stesso tempo si è pensato ai modi attraverso cui utilizzare gli spazi a disposizione per apportare più luce possibile agli ambienti.

Nell'evoluzione di questo progetto ci sono stati diversi limiti: prima di tutto occorre dire che non è stato possibile procedere con un regolare sopralluogo dall'inizio della fase di concezione progettuale a causa delle restrizioni dovute alla situazione al contorno. E' stato necessario appoggiarsi dunque ai documenti grafici, cartografici e descrittivi per poter produrre un rilievo dello stato attuale che fosse più fedele possibile alla realtà dei luoghi. Quando poi è stato possibile visitare il sito, lo stato di fatto è stato confermato e le parti che non corrispondevano sono state aggiornate, nelle aree in cui l'accesso era autorizzato.

Un limite importante del progetto è stato la presenza del grande platano posto all'interno della corte, che si impone in maniera significativa e decisiva; il progetto della corte è stato dunque realizzato affinché il platano non venisse danneggiato, ma al contrario si è pensato alla sua valorizzazione e al suo rispetto. L'ostacolo stabilito dalla vegetazione è diventato dunque un grande pregio del luogo, il cuore della corte.

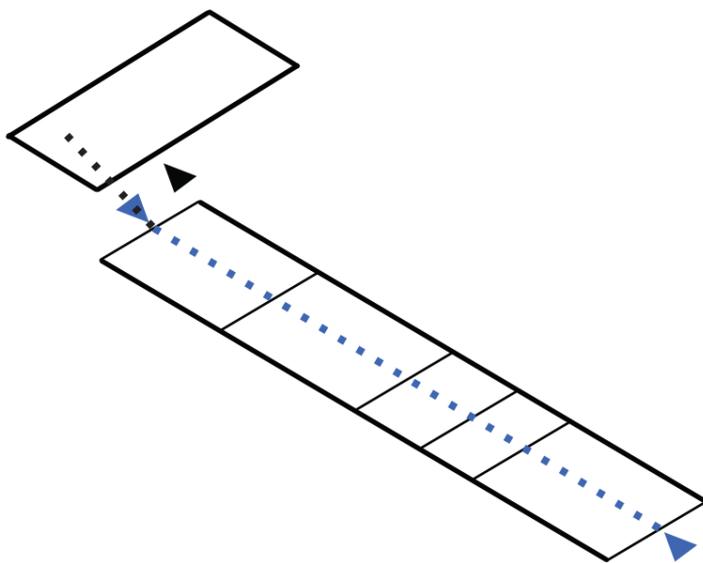


1.30 Accessibilità attuale

Lo scopo del progetto, come accennato, è quello di collegare l'attuale scuola Albert Chabanon, posta di fronte al lotto preso in esame, all'istituto scolastico di nuova progettazione.

Attualmente non vi è che un link visivo tra gli ingressi dei complessi.

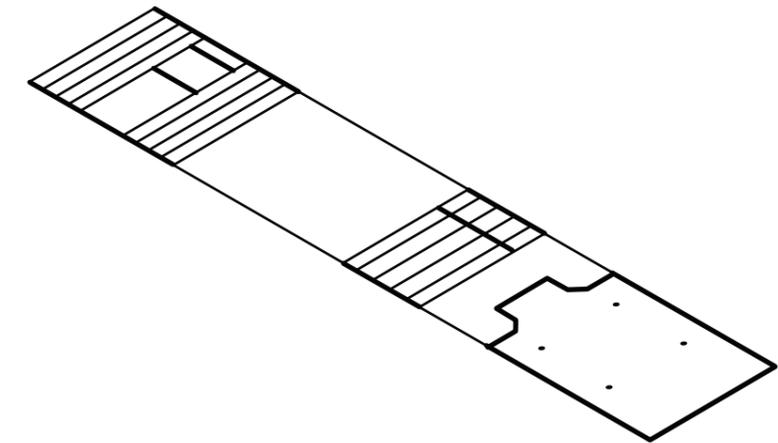
La fruibilità non è garantita anche dal fatto che, l'unico edificio appartenente alla particella a cui si può accedere è la Batisse, gli altri versano in condizioni di degrado e chiusi a qualsiasi tipo di passaggio.



1.31 Accessibilità d'intenzione

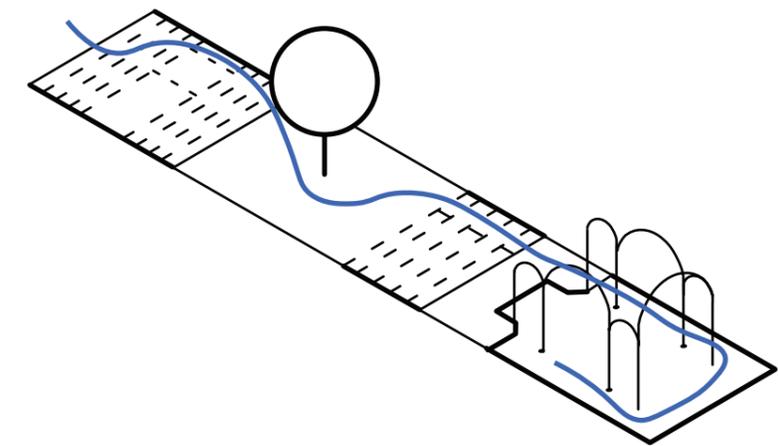
L'intenzione di progetto è dunque quella di unire la scuola primaria esistente al nuovo complesso e rendere tutta la particella veramente traversante. Ciò è possibile mediante percorsi diretti che congiungano le due entrate poste sulle vie parallele, che fanno da confine alla particella di studio posta all'interno dell'Ilot Farel.

Per ottenere un collegamento diretto tra i diversi edifici, in alcuni casi occorrerà effettuare delle scelte di tipo architettonico che in parte andranno a modificare l'involucro dei fabbricati. Tuttavia, come principio a cui attenersi c'è l'intenzione di preservare le strutture originarie, che sono disposte secondo una gerarchia strutturale. Lo scheletro dell'edificio non verrà dunque modificato.



1.32 Schema delle strutture

Preservando le strutture dei corpi di fabbrica che compongono il complesso, verranno dunque a ricrearsi dei percorsi quasi spontanei. Si passerà attraverso edifici sorretti da travi in legno, per poi raggiungere una corte con il platano posto al centro a riparare, con la chioma il suolo di essa, per arrivare infine in un edificio coperto da cupole.



1.33 Circolazione interna

Per studiare la composizione formale degli edifici, sono stati analizzati dei progetti in cui sono stati applicati i principi di restauro e di dialogo tra l'antico e il nuovo. In particolare i progetti degli architetti italiani Carlo Scarpa e Aldo Rossi con l'attenzione all'utilizzo dei materiali per la valorizzazione dell'esistente. Nello specifico è stato volto interesse al Museo Castelvechio di Scarpa e alla scuola Broni di Rossi, progetti che sono sembrati compatibili con il caso studio.

La seconda fase ha riguardato la necessità di rispondere alle esigenze del sito, per cui è stato fondamentale porsi delle domande:

*- Quale tipo di linguaggio architettonico bisogna usare per le nuove costruzioni in un contesto in cui gli edifici sono già presenti, soprattutto se viene imposto il loro valore storico?*

*- Quali funzioni possono essere compatibili con gli edifici esistenti e quali possono essere introdotti nei nuovi corpi di fabbrica?*

Prima di procedere dunque con lo studio dettagliato e preciso per mezzo degli strumenti informatici specifici, si è deciso di ricercare le forme e le strategie mediante il disegno manuale e la costruzione di modelli fisici che potessero suggerire diverse ipotesi.

Attraverso il disegno a mano, si è studiato come agire sugli edifici esistenti. Inizialmente si è pensato di progettare uno spazio per la nuova corte tra la Maison Suisse e il tempio protestante.

Per quanto riguarda la costruzione principale su rue Chabanon, si è modificato la parte ad attico posta all'ultimo piano, ingrandendola e trasformandola in modo che potesse essere visibile dalla strada; di questo edificio è stata modificata poi la facciata interna alla corte per approfittare degli spazi delle cantine, che attualmente hanno un'altezza interna tale che non permette il loro utilizzo.

Per quanto riguarda la Maison Suisse, si è pensato di creare delle aperture sul tetto a doppia falda a grande pendenza e di ricreare delle aperture, simmetriche alle esistenti, al piano terreno per modificare lo spazio in modo da legare le due corti.

Infine il tempio è stato sottoposto ad un progetto urbano, creando una apertura su lato strada su uno spazio attualmente cieco, in modo da apportare più luce possibile all'interno dell'edificio che in questo momento risulta poco illuminato.

Per quanto riguarda la sua rifunzionalizzazione, esso è stato convertito in biblioteca il cui accesso è possibile sia dall'interno della trama del sito, sia direttamente da rue Bel Air, ripristinando l'ingresso ora murato, in accordo con il documento redatto dall'AVAP.

Per preservare l'architettura dell'edificio senza alterarne il valore da conservare, si è deciso di operare con un intervento minimale, che non interferisca con il corpo stesso. Si è pensato di introdurre una struttura autoportante e smontabile che serve come sala lettura. I libri sono accessibili al piano inferiore e sostengono la struttura stessa.

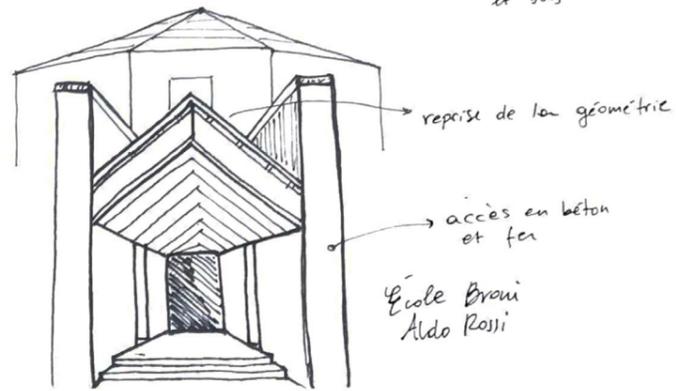
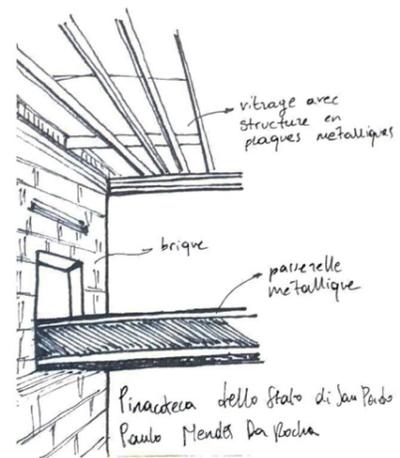
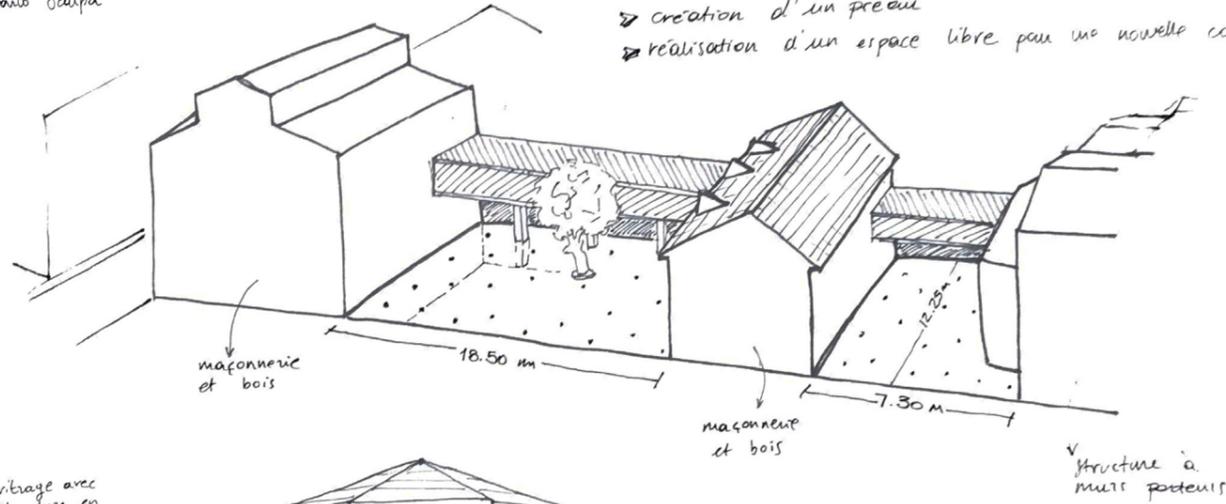
Successivamente è stato analizzato l'edificio situato sull'altra estremità della particella: la Batisse. Per questa, si è pensato di sfruttare lo spazio delle cantine inserendo la funzione di mensa. Questo perché collocandola in questo spazio è possibile avere un accesso quasi diretto dalla strada, in modo che le forniture per la mensa possano avere la giusta accessibilità al locale. Inoltre, il piano attico è stato ampliato e sono state aggiunte delle aperture vetrate per creare uno spazio didattico luminoso.

Per quanto riguarda la nuova costruzione da porre nel cortile, si è studiata la sua forma in funzione della presenza del platano. Si tratta di una struttura smontabile e leggera, come la sala lettura sopraccitata, in legno e vetro, che ha aperture tra i pilastri per far entrare la luce naturale, in modo da illuminare le opere degli allievi disposte su pannelli verticali all'interno della struttura che assume quindi le funzioni di passaggio, collegamento e galleria d'esposizione.

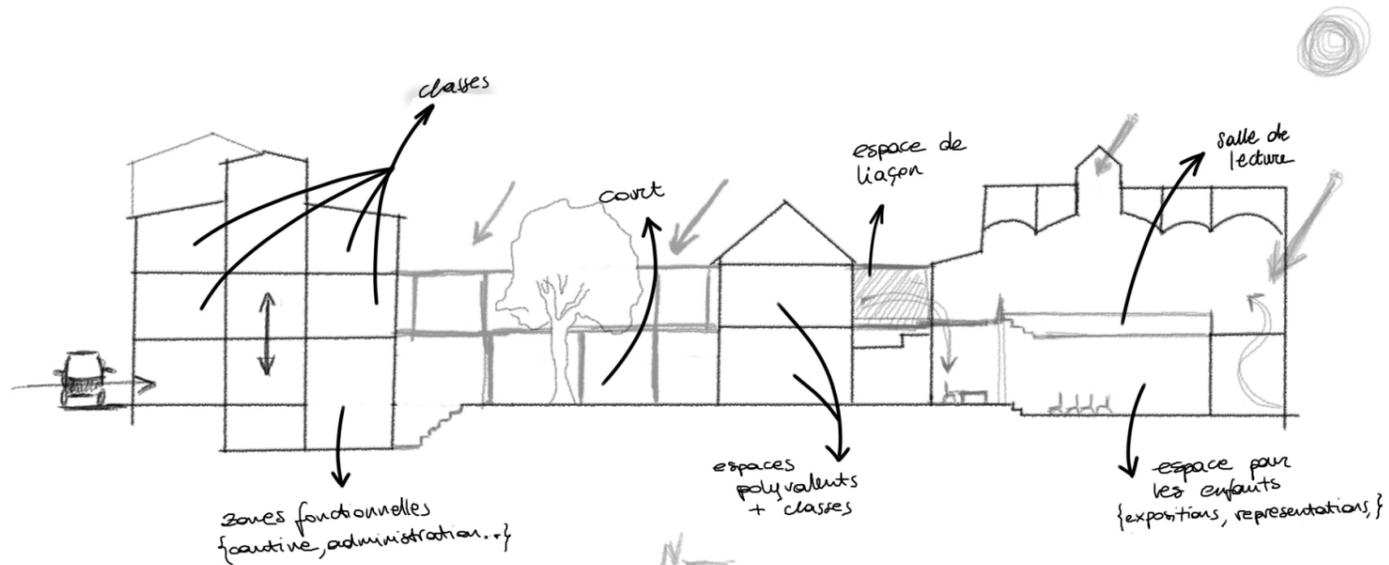


Exigences dans l'application de la passerelle :

- ▷ langage sobre pour ne pas cacher l'importance historique et architecturale des bâtiments existants
- ▷ fonction de liaison entre les bâtiments
- ▷ passage couvert
- ▷ création d'un préau
- ▷ réalisation d'un espace libre pour une nouvelle co.



1.34 Schizzo di studio preliminare



1.35 Schizzo di organizzazione spaziale

### 1.5.2 Lo sviluppo e gli esiti del progetto della "Scuola traversante"

A seguito di questa prima analisi e concezione, si è proceduto con la fase progettuale di disegno. Il progetto della particella si situa all'interno di un blocco densamente costruito nella città. Si articola intorno a una corte, cuore della particella stessa. Visto lo spazio ridotto occupato dalla zona esterna, come detto, se ne è aggiunta una nuova che potesse aumentare l'area all'aperto. In quella esistente si è recuperato lo spazio delle cantine che allo stato attuale non permettono il loro utilizzo. Lavorando lo spazio della corte, occorre smantellare la pavimentazione d'origine che risulta degradata in parte. Tutto ciò che può essere riutilizzato serve alla progettazione dello spazio sottostante la passerella, sia nella corte originaria che in quella creata ex novo tra la Maison Suisse e la biblioteca. Si è voluto seguire il pensiero esposto dall'*Atlante della Riqualificazione*, "gli edifici che necessitano di un risanamento hanno subito visibili processi d'invecchiamento, tra cui alcuni con un notevole valore estetico costituito dalla cosiddetta patina. Al momento della riqualificazione e utilizzando una modalità particolare di <recycling>, sarebbe opportuno conservare, per quanto possibile, la maggior parte dei componenti della struttura in virtù di una progettazione nuova e sostenibile, orientata al risparmio e alla valorizzazione culturale".

Un forte collegamento visuale sta nel disegno delle scale, che è stato concepito in modo da non danneggiare le radici del platano, protagonista della corte. Le scale che collegano le cantine, pensate come nuova mensa per la scuola, all'esterno hanno una doppia rampa per garantire la sicurezza dei bambini.

Un altro aspetto caratterizzante il complesso è che ogni sala posta al pian terreno non accoglie una funzione didattica canonica, ma delle sale polivalenti per attività curriculari annesse, affinché le lezioni in classe non vengano disturbate da queste attività. Nel primo piano fuori terra infatti si trova lo spazio di accoglienza, la mensa, una sala dedicata alla pittura che può fungere anche da corte coperta, che lega le due all'aperto, e una sala per conferenze ed esibizioni all'interno della biblioteca.

Per il titolo del progetto "la scuola traversante" si è fatto riferimento alla continuità apportata al sito. Se si prendesse una matita per tracciare un percorso interno che parta dall'entrata dell'edificio esistente e che arrivi fino all'ingresso della biblioteca posto all'estremo opposto, il tratto della grafite non subirebbe alcuna interruzione. Inoltre la particella stessa potrebbe essere definita traversante, in quanto le due facciate principali danno su due vie parallele.

In questo percorso continuo orizzontale sono disposti dei collegamenti verticali all'interno dei tre diversi edifici che formano il complesso. Le scale infatti sono dei punti che si interpongono al percorso e che permettono di raggiungere i diversi livelli; in aggiunta la passerella sottolinea un ulteriore passaggio continuo sopraelevato disposto al primo piano.

Entrando nello specifico delle funzioni dei vari locali, al piano interrato troviamo la mensa in doppia altezza con relativi spazi annessi al servizio di somministrazione alimentare, come la dispensa e il luogo dove riscaldare i pasti, inoltre vi è uno spogliatoio per gli addetti, i servizi igienici e l'accesso alla corte.

Al piano terreno, come già accennato, nella Batisse è situato l'ingresso alla scuola con luogo di accoglienza e accesso diretto alla mensa per gli addetti al trasporto degli alimenti, la corte del platano, attraverso cui si raggiunge la sala polivalente della Maison Suisse, che in alternativa può essere utilizzata come corte coperta, da cui si accede al secondo spazio aperto di nuova creazione; infine all'interno della biblioteca troviamo una sala conferenze o per esibizioni, sul cui perimetro sono disposti gli scaffali contenenti i libri, che a causa del peso non possono essere disposti al piano superiore. Facente parte del progetto urbano, troviamo un bow window dedicato a zona lettura dei quotidiani.

Il primo piano ospita sale didattiche e un luogo di ricreazione da cui si accede direttamente alla passerella, usata come galleria espositiva per i lavori artistici degli allievi. Questa porta direttamente all'aula posta all'interno della Maison Suisse e illuminata da nuove aperture sul tetto. In linea assiale con la passerella, ve ne è una seconda, più corta, che congiunge l'edificio con la sala lettura della biblioteca. Questo spazio è stato creato con lo stesso principio della passerella, su un passaggio in legno smontabile supportato da pilastri paralleli a quelli esistenti in ghisa.

Il secondo piano della Batisse è dedicato ad altre due aule didattiche e ad uno spazio di collegamento che porta al piano attico in cui sono poste due aule polivalenti dedicate ad attività musicali.

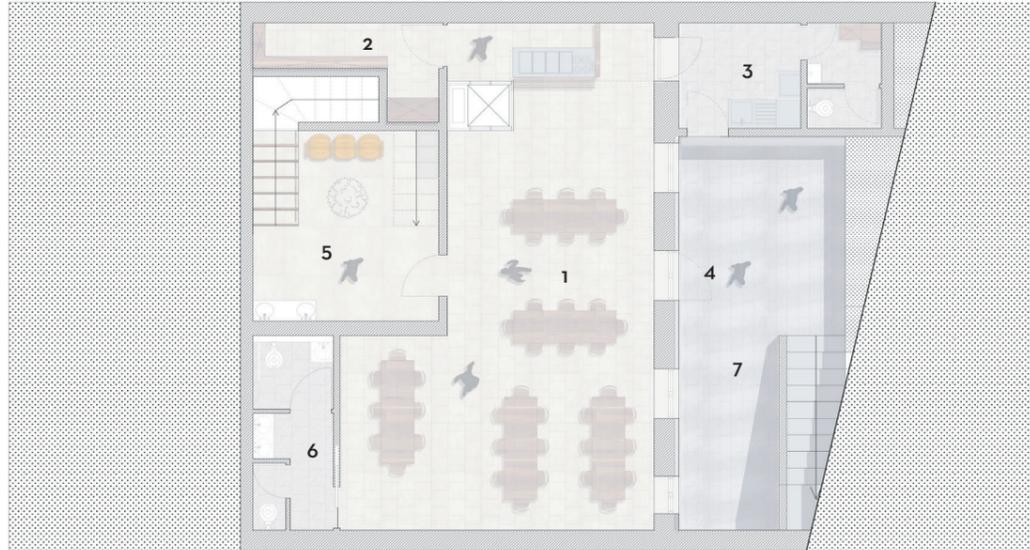
Il fatto che il percorso sia continuo è facilmente visualizzabile nei documenti che mostrano la sezione longitudinale del sito. Il progetto è stato infatti definito "un projet-coupe", ovvero "progetto-sezione", perché risulta chiaramente leggibile sotto questa chiave.

Il materiale grafico relativo al progetto è stato diviso in 5 tavole:

1. Tavola di inquadramento
2. Facciate, piante e sezioni generali
3. Piante per ogni piano con relative funzioni
4. e 5. Sezione dettagliata al 20, facciate, sezioni, scenari



1.36 Pianta del piano terra inserita nel contesto urbano



1.37 Funzioni dei locali posti al piano interrato



1.38 Funzioni dei locali posti al piano terra

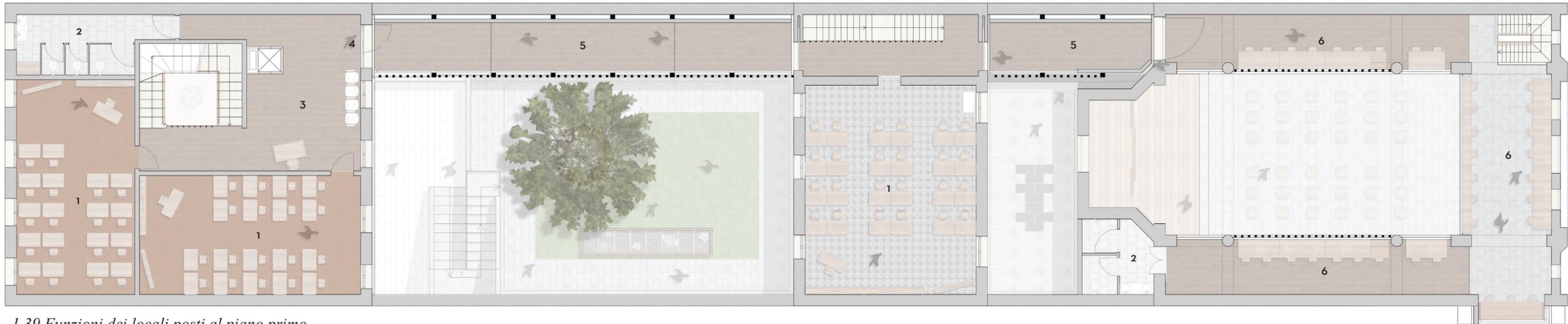
**Piano interrato**

1. Mensa
2. Dispensa
3. Luogo per riscaldare gli alimenti
4. Spogliatoio
5. Accesso alla mensa dal piano terra
6. Servizi igienici
7. Corte

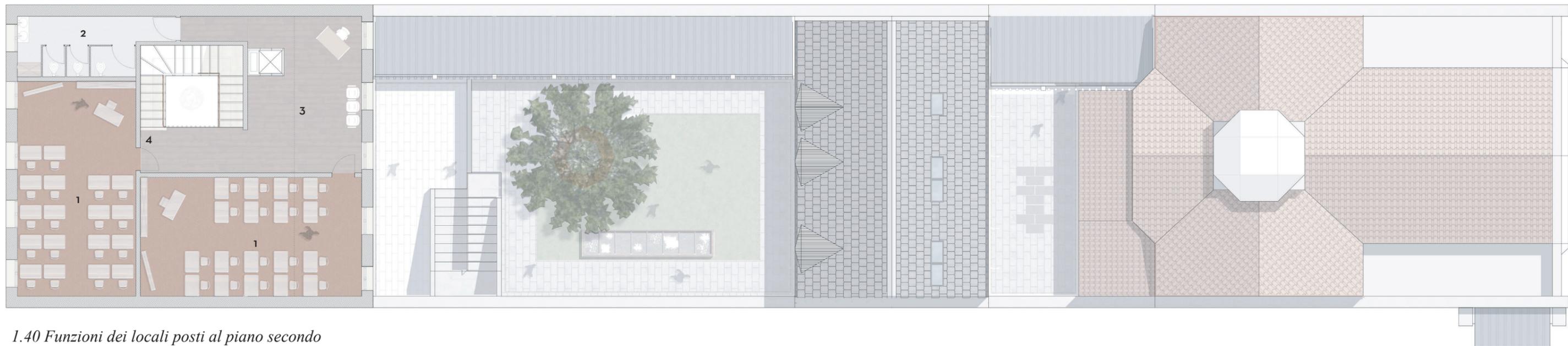
**Piano terra**

1. Accesso da rue Chabanon
2. Accoglienza
3. Accesso per il personale della mensa
4. Mensa in doppia altezza
5. Accesso alla corte
6. Corte
7. Orto
8. Sala polivalente d'arte /corte coperta
9. Cortile coperto
10. Palco
11. Spazio per le conferenze/esibizioni
12. Scaffali
13. Accoglienza della biblioteca
14. Area lettura dei quotidiani
15. Accesso da rue Bel Air
16. Servizi igienici





1.39 Funzioni dei locali posti al piano primo



1.40 Funzioni dei locali posti al piano secondo

**Primo piano**

- 1. Aula didattica / Atelier
- 2. Servizi igienici
- 3. Luogo di ricreazione e collegamento
- 4. Accesso alla passerella
- 5. Passerella/Galleria d'esposizione
- 6. Sala di lettura

**Secondo piano**

- 1. Aula didattica
- 2. Servizi igienici
- 3. Luogo di ricreazione e collegamento
- 4. Accesso al piano attico





1.41 Sezione di progetto inserita nel contesto urbano



1.42 Facciata su rue Chabanon



1.43 Facciata su rue Bel Air



### 1.5.3 I temi

Nel progetto di riabilitazione sono state approfondite quattro tematiche principali: l'importanza del platano, l'utilizzo del legno, la luce e l'accessibilità.

Per quanto riguarda il primo, occorre dire che la corte assume in questo progetto il ruolo di luogo centrale ecologico. Essa assicura la relazione tra le persone e la natura, rappresentata dal *platano* che occupa il punto focale del progetto.

Come spiega Joelle Zask in *Quand la place devient publique, 2018*, il platano è stato un albero amato fin dalla Grecia antica, basti pensare che la parola “place”- “piazza”, “plateia” in greco, condivide le stesse radici del nome dell'albero stesso. In numerosi luoghi pubblici infatti si può ritrovare questo tipo di vegetazione. Il fatto che il piano si trovi spesso vicino corsi d'acqua o che ci sia sovente una fontana nelle vicinanze (come nel caso studio) e la sua longevità ne fanno un luogo di raccoglimento permanente, un punto di incontro accogliente e centrale per la vita comune.

Il luogo ideale per la crescita di un albero diventa lo stesso, in questo caso per quella dell'essere umano, i bambini della scuola primaria. Ci sono diverse ragioni a sostegno di questa argomentazione: innanzitutto è un filtro per l'aria insalubre della città e dona all'ambiente un odore balsamico che contribuisce alla purezza dell'aria e alla sua qualità. Sempre nella Grecia antica si pensava che l'ombra del platano avesse effetti benefici sull'umore e sulla salute. Sotto la sua chioma si pongono le condizioni per ricreare un luogo favorevole alla concentrazione, all'equilibrio e all'armonia, che introduce della natura all'interno di un luogo densamente costruito. Infine, la presenza dell'albero è importante all'interno di una corte di una scuola perché il fogliame isola dall'inquinamento acustico esterno e assorbe i rumori prodotti dai bambini in fase ricreativa.

Per queste ragioni il platano nella corte deve essere preservato e curato come cuore dello spazio che lo circonda.

Per quanto riguarda l'utilizzo del *legno*, occorre precisare che gli interventi che dovevano coinvolgere gli edifici esistenti hanno avuto lo scopo di recuperare lo stato di fatto in maniera duratura. La linea conduttrice è stata quella dell'impiego di questo materiale, che può essere riutilizzabile e che ha poco impatto sul piano della concezione progettuale, allo scopo di integrarlo con i materiali già esistenti in una sinergia costruttiva. Il legno infatti è già presente all'interno degli edifici studiati, nelle strutture

portanti, nell'involucro e nelle finiture. Introducendolo nelle strutture ex novo e nell'esistente ne si vuole conferire una nuova immagine, un nuovo impiego, in modo da far dialogare il costruito con ciò che è "in costruzione".

Il legno è considerato come uno degli materiali edilizi più importanti, per diverse ragioni:

- E' un eccellente isolante, in grado di contenere le dispersioni di calore durante l'inverno e di assicurare all'ambiente il fresco d'estate; questa caratteristica è fondamentale nell'economia energetica del corpo.
- Anche se si tratta di un materiale combustibile, presenta una resistenza elevata al fuoco, visto che la sua combustione è più lenta rispetto a quella di altri materiali come l'acciaio e il cemento armato, con una carbonizzazione che procede alla velocità di 0,6-0,8 mm/min e di conseguenza, il processo di rottura si produce con più ritardo.
- Essendo un materiale leggero e facile da lavorare, si hanno grandi vantaggi di rapidità di realizzazione degli elementi e montaggio, che riducono i tempi e i costi di costruzione.
- Per gli elementi portanti e rigidi vengono impiegate solo quelle varietà di legno che garantiscono un'adeguata capacità portante, che siano facili da reperire e durature.

"Nel Centro Europa vengono utilizzati soprattutto conifere, abete rosso, bianco, americano, pino e larice e, tra le latifoglie, solo la quercia in virtù delle sue elevate capacità portanti e della naturale resistenza a funghi e insetti. Il legno presenta una forte solidità contro un ridotto peso specifico, ha alta elasticità e potere isolante". come specificato dall'*Atlante del Legno*.

Per quanto riguarda i degradi, occorre precisare che il legno è un materiale igroscopico, che assorbe umidità che rilascia all'ambiente. Questa sua capacità di assorbimento fa sì che ci sia una variazione sostanza del volume, che si dilata e si contrae a seconda del grado di umidità dell'ambiente. Queste contrazioni e dilatazioni possono essere ridotte per mezzo diverse soluzioni che vanno dalla ventilazione meccanica controllata per gli interni, ai rivestimenti che limitano l'assorbimento dell'umidità.

Un'altra complicazione nell'utilizzo di questo materiale può essere generata dagli organismi vegetali (funghi) e dai parassiti animali che attaccano il legno e compromettono la sua resistenza, la sua forma, funzionalità, capacità portante.

L'uso di prodotti specifici biologici per la costruzione, come resine speciali e innovative, possono ovviare a questi problemi, proteggendo il materiale e preservandolo nel tempo. Non bisogna però dimenticare la necessità di una manutenzione costante e continua.

Nel progetto è stato usato per il consolidamento delle strutture in legno nell'esistente, in particolare per i solai. Secondo l'*Atlante della Riqualificazione*, nella seconda metà dell'Ottocento "sull'onda dello sviluppo tecnologico, ha inizio un vero processo di sviluppo e approfondimento delle nuove tecnologie elaborate nel corso degli anni precedenti" e di conseguenza vi è una carenza nell'uso del legno nelle costruzioni. Tuttavia "nonostante le possibilità offerte dalle tecniche costruttive massive, il solaio a struttura lignea rimane quello più utilizzato nella costruzione di orizzontamenti, la cui orditura delle travi è quasi esclusivamente ortogonale alla direzione delle murature esterne", come nel caso studio marsigliese.

Come accennato, è stato utilizzato anche per gli elementi di nuova costruzione, come la sopraelevazione della Batisse e la passerella, che risulta essere un intervento reversibile in quanto realizzata interamente in legno ad incastro e dunque facilmente smontabile.

Il materiale è stato usato in elementi orizzontali e verticali per i diversi interventi e le loro dimensioni hanno stabilito il ruolo dell'elemento stesso. Le assi orizzontali sono state utilizzate per rivestire la facciata interna della Batisse, modificata dalla creazione della mensa in doppia altezza e dalle nuove aperture, per alcune pavimentazioni, per i pannelli acustici posti all'interno della biblioteca e per l'arredo. Gli elementi verticali sono stati usati per le strutture ex novo, per le operazioni di consolidamento, per la divisione degli spazi, come brise soleil e come elementi di sicurezza per i bambini.

Si è pensato all'utilizzo del legno di larice perché ha delle caratteristiche adatte sia all'uso esterno che a quello interno. Quella principale di questo legno è l'aver una nervatura compatta, capace di resistere a qualsiasi tipo di sollecitazione. E' resistente alle intemperie, all'umidità, all'acqua e al tempo.



1.44 Collage dello spazio mensa



1.45 Collage dell'atelier nella Maison Suisse

Al progetto architettonico corrisponde il progetto della *luce*. Senza questo che modella lo spazio, architettura stessa non esisterebbe. Lo stesso Le Corbusier, che di Marsiglia ha fatto la sua tela, disse “*L’architecture est le jeu savant, correct et magnifique, de formes assemblées dans la lumière*”.

Secondo quanto emerge dal dibattito contemporaneo, le pratiche di intervento sul patrimonio culturale attraverso un adeguato trattamento dell'illuminazione sono indirizzate a promuovere la valorizzazione, la fruizione e l'ampliamento delle potenzialità comunicative del bene nei confronti di un pubblico che è sempre più vasto e diversificato.

Lo studio di un idoneo sistema di illuminazione per un bene storico-architettonico è finalizzato a dare efficaci risposte alle esigenze della diversa utenza coinvolta, alla fruizione del bene, all'enfasi delle qualità espressive dello stesso di cui si va a migliorare la lettura e a valorizzare il manufatto nel contesto in cui si trova, con strategie volte alla promozione della cultura.

Al pari di ogni altra azione rivolta all'intervento su un bene culturale, il progetto di illuminazione artificiale trae fondamenta e motivazioni dalla conoscenza del manufatto e delle sue condizioni al contorno e concretizza la volontà di dare una lettura all'oggetto secondo diversi scenari e profili di utilizzo. Il progetto può essere occasione per rendere evidenti e leggibili gerarchie e relazioni che sono già esistenti, ma che vengono rese esplicite attraverso un elemento evidenziante. Enfatizzare trame, sottolineare dettagli, tracciare segni sono gli strumenti attraverso cui il progetto illuminotecnico opera indirizzando il fruitore a differenti chiavi di lettura.

Come afferma Armando Ginesi nel saggio *Per una teoria dell'illuminazione dei beni culturali* "la luce artificiale, correttamente e opportunamente progettata, deve consentire di far vedere il bene culturale in assenza di luce naturale". Prosegue nel suo trattato definendo "la luce, non soltanto come materiale specialistico dell'architettura, ma come architettura stessa: essa non solo illumina il messaggio, ma è il messaggio, poiché ci consente di comprendere lo spazio".

Il dibattito sul termine “correttamente” è molto articolato ed esteso e vede coinvolti i principali attori che operano sui beni culturali, funzionari preposti alla tutela, storici dell’arte e dell’architettura, progettisti illuminotecnici, architetti.

Come trattato nelle dispense del corso tenuto dalle docenti Ilaria Ballarini e Rossella Taraglio dal titolo " Atelier Progetto di restauro architettonico A (Tecniche del controllo ambientale e impianti negli antichi edifici)" nell'anno accademico 2018-2019, il progetto della luce in relazione a un bene culturale deve prevedere lo studio dell'illuminazione “funzionale” secondo diverse valenze:

- *luce per vedere*: volta a rendere percepibile il manufatto anche nelle ore notturne, garantendone la

fruibilità dello spazio (in sicurezza) e degli ambienti in relazione alle esigenze dell’utente;

- *luce per identificare*: volta a orientare la lettura del bene e individuarne i caratteri storico-architettonici. La luce diventa strumento per valorizzare: rinunciando al carattere di neutralità, si sfrutta il segno luminoso per porre l’accento su determinati dettagli del manufatto o del contesto territoriale

- *luce per identificare con ruolo didattico filologico*: luce come elemento che coadiuva l’utente nella

- *luce per identificare con ruolo didattico filologico*: luce come elemento che coadiuva l’utente nella lettura didattica del manufatto agevolandone la comprensione; grazie anche all’integrazione con sistemi multimediali, l’illuminazione può “ricostruire” ambientazioni, tessiture, decorazioni per evocare e ricomporre, tramite segni effimeri e reversibili, l’immagine perduta del bene architettonico.

- *luce per identificare con ruolo di guida e orientamento per il fruitore all’interno del bene*, creando connessioni e agevolando l’individuazione dei passaggi.

Nel caso preso in esame il progetto dell'illuminazione artificiale si compone sia della parte naturale che di quella artificiale. Per quanto riguarda l’illuminazione naturale, sono state compiute delle scelte progettuali inserendo delle aperture nell’esistente (come riportato nello schema 1.42). Una delle ragioni che ha suggerito queste scelte progettuali è stato il Fattore medio di luce diurna calcolato sull'esistente che ha riscontrato dei valori ridotti rispetto alla richiesta della normativa vigente, la UNI EN 10840:2007, che stabilisce che il  $F_{dlm}$  per le aule didattiche debba essere maggiore o uguale al 3%.

$$F_{dlm} = \frac{\varepsilon \cdot \tau \cdot \varphi \cdot A_f}{(1 - \rho_m) \cdot A_{tot}}$$

$\varepsilon$  = fattore della finestra  
 (calcolato in base all'altezza da terra, all'altezza della finestra e alla distanza dall'edificio vicino, in base in grafico)  
 $\tau$  = fattore di trasmissione del vetro  
 $\varphi$  = fattore di riduzione dovuto all'incassamento della finestra rispetto al filo parete  
 (calcolato in base all'altezza e alla larghezze delle finestre, allo spessore di incasso, in riferimento al grafico)  
 $A_f$  = Area della superficie vetrata  
 $\rho_m$  = fattore di riflessione medio delle superfici interne  
 $A_{tot}$  = Sommatoria delle superfici interne

Valori calcolati sull'esistente:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| $\varepsilon = 0,25$          |   |
| $\tau = 0,8$                  | → $F_{dlm} = 0,016 = 2,4\%$   |
| $\varphi = 0,3$               | Fattore di luce diurna medio nell'esistente non sufficiente per un'aula didattica |
| $A_{fe} = 2,31 \text{ mq}$    |   |
| (5 finestre 2,2*1,05 m)       |   |
| $\rho_m = 0,9$                |   |
| $A_{tot} = 287,88 \text{ mq}$ |   |

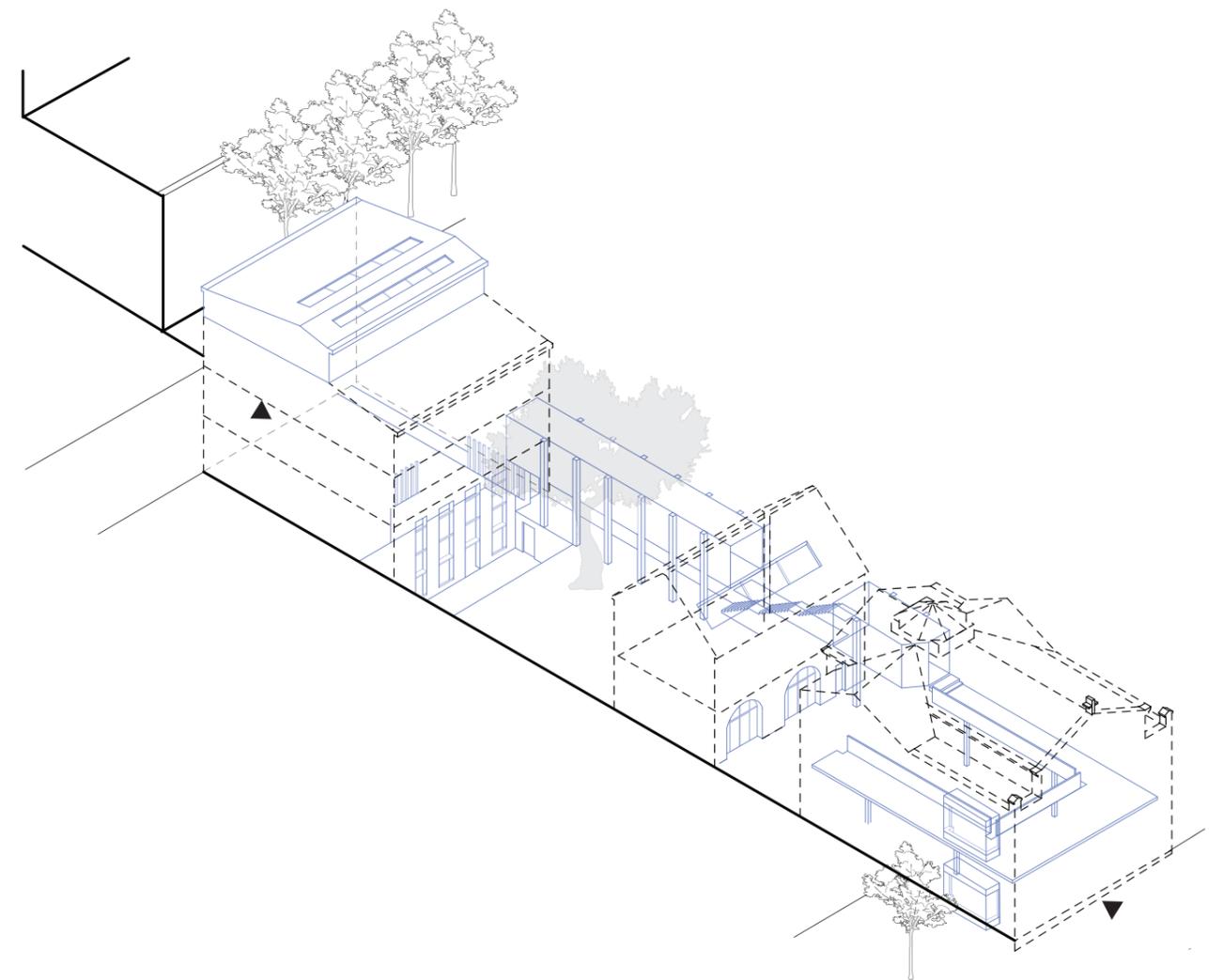
Valori calcolati con l'aggiunta delle finestre a falda:

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| $\varepsilon = 0,75$          |  |
| $\tau = 0,6$                  | → $F_{dlm} = 0,035 = 3,5\%$  |
| $\varphi = 0,3$               | Fattore di luce diurna medio da progetto sufficiente per un'aula didattica |
| $A_{fe} = 2,31 \text{ mq}$    |  |
| (5 finestre 2,2*1,05 m)       |  |
| $A_{fn} = 0,8 \text{ mq}$     |  |
| (5 finestre 1*0,8 m)          |  |
| $\rho_m = 0,9$                |  |
| $A_{tot} = 287,88 \text{ mq}$ |  |

Come riportato dalla figura 1.51 a pagina 91, partendo dall'edificio principale, la Batisse, si è scelto di intervenire sulla facciata interna alla corte, per recuperare lo spazio delle cantine e per sfruttare l'esposizione solare. Sono state inserite delle aperture a tutta altezza con accesso diretto alla corte, che seguono il ritmo della facciata originale. Inoltre è stata ridefinita una sopraelevazione al piano attico in cui sono state inserite delle aperture orizzontali esposte a sud che potessero contribuire all'apporto di radiazione solare all'interno del locale.

Per quanto riguarda la Maison Suisse, come da schema 1.46, sono state riprese le arcate del piano terra, oggi murate, sul lato corte e riproposte sul lato sud. Grazie a queste vetrate corrispondenti, a questo livello l'edificio diventa un legame coperto attraversabile, che lega le due corti aperte. Al piano superiore sono state previste delle aperture sul tetto sulla falda a sud affinché il nuovo atelier fosse ben illuminato e per apprezzare meglio le strutture in legno che compongono la copertura. Tutte le aperture sono dotate di schermature solari che permettono di modulare e controllare i parametri energetici e ottico-luminosi in risposta ai raggi solari diretti.

Per quanto riguarda la biblioteca, la vetrata esistente e quelle presente su rue Bel Air sono state restaurate. L'entrata, oggi murata e inaccessibile, sarà composta da una doppia vetrata che illumini la sala conferenze al piano terra dell'edificio. Inoltre il progetto urbano, posto sull'angolo sud-ovest, oggi cieco, del tempio. Per compensare il supporto dato dal contrafforte in cemento presente, è stata inserita una struttura in legno massiccio che si contrapponga alle sollecitazioni dell'edificio e ne garantisca la stabilità.

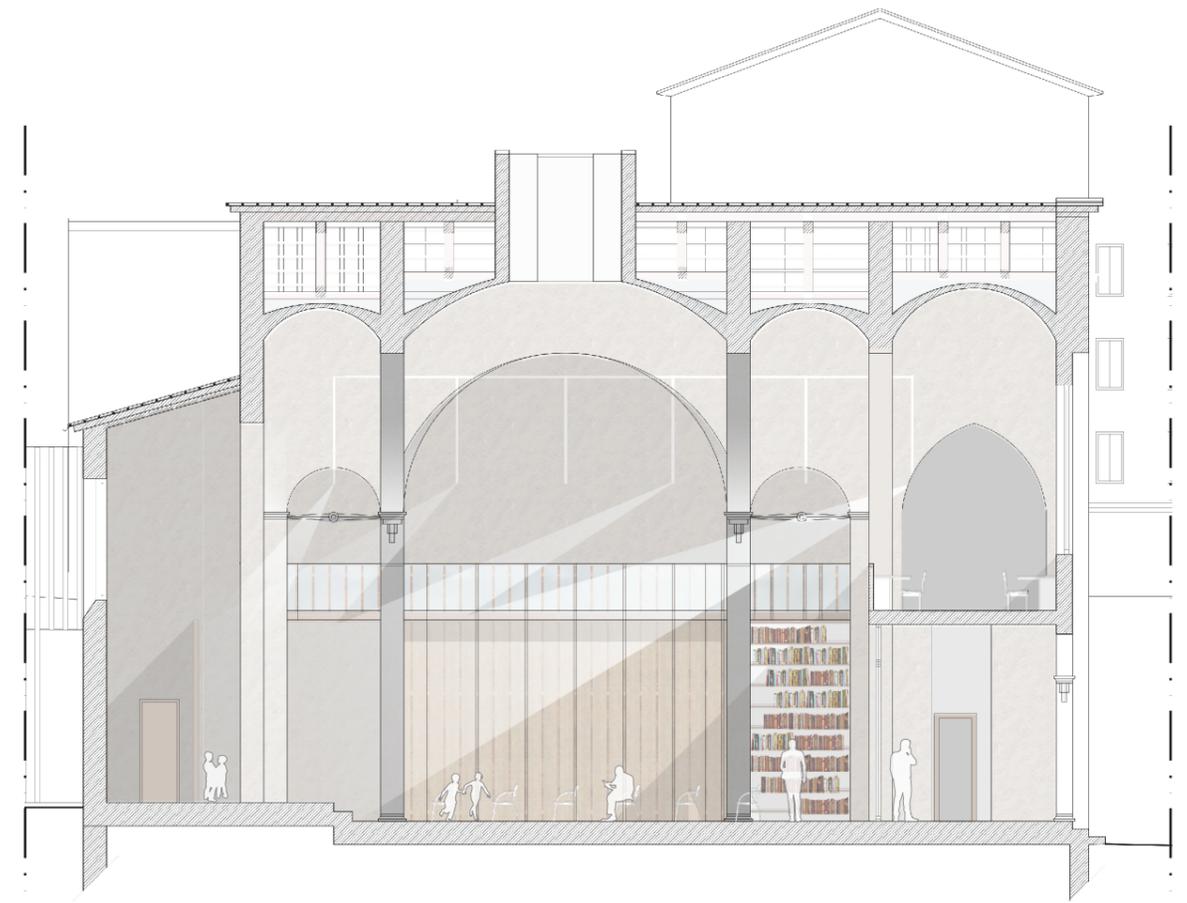


*1.46 Schema con le modifiche apportate sull'esistente (in blu) che evidenzia le nuove aperture progettate*

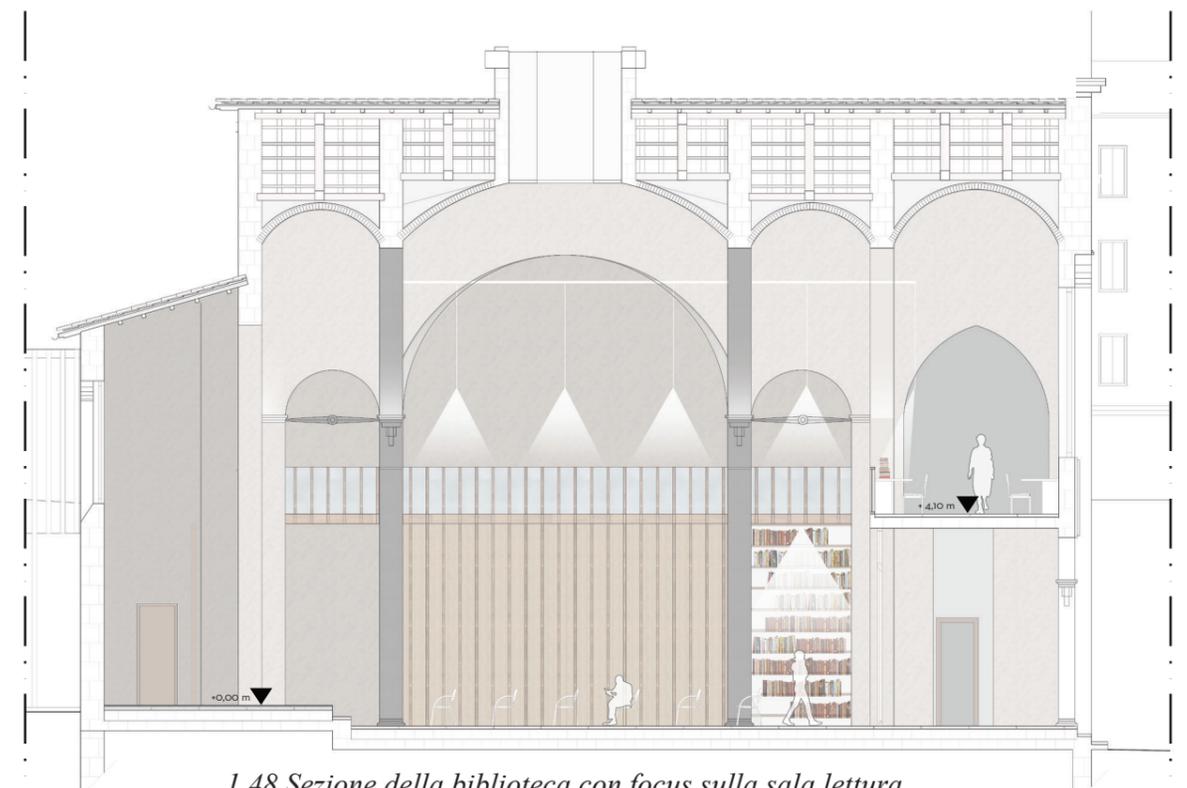
Per quanto riguarda il trattamento della luce artificiale, durante il percorso di Master a Marsiglia, si è presentata l'occasione di svolgere uno stage in un'agenzia specializzata nei progetti di illuminazione. Durante i sei mesi di tirocinio, è stato possibile apprendere l'importanza dell'impiego della giusta illuminazione artificiale nella modellazione degli spazi interni ed esterni. Questa esperienza è stata applicata in questa fase all'interno della biblioteca, per cui sono stati figurati due scenari di luce: uno, riportato nella sezione superiore ( figura 1.47) per quanto riguarda l'utilizzo dello spazio posto al piano terra per le esibizioni o le conferenze, che prevede che l'illuminazione sia concentrata verso il palco; l'altro, rappresentato nella sezione architettonica in basso ( figura 1.48), per la sala lettura situata sulla passerella, con un'illuminazione indirizzata sulla superficie utile dei tavoli e sulle scaffalature per i libri posti al piano inferiore.

All'interno della nuova biblioteca dunque si è figurato un sistema di illuminazione che avesse come funzioni quella di luce per vedere, per percepire la struttura del bene e renderne possibile la fruizione in sicurezza; luce per identificare, in modo che i caratteri architettonici dello spazio siano leggibili e valorizzati con enfasi sui dettagli che lo compongono; e con ruolo di guida e orientamento per il fruitore, evidenziando il percorso che porta alla scaffalatura e alla sala lettura.

Occorre precisare che il progetto dell'illuminazione artificiale previsto per la biblioteca fa parte del processo di progettazione integrata, cui concetto verrà approfondito nei prossimi capitoli. Con quest'ultima si intende la stretta relazione tra il progetto architettonico e quello degli impianti. Infatti, fin dalla definizione del concept, la progettazione architettonica e quella impiantistica devono avanzare in parallelo, con l'obiettivo di ottenere una buona qualità architettonica ed alte prestazioni energetiche e tecnologiche. Trattandosi di edifici esistenti, nell'ottica di una progettazione integrata, l'inserimento dei nuovi impianti si è dovuto sovrapporre ad una trama strutturale consolidata, mentre per le strutture ex novo, essi sono stati progettati simultaneamente all'involucro. Inoltre, ciò che ha contribuito alla definizione degli spazi è stata anche l'elaborazione del quadro delle esigenze e dei requisiti (di cui si tratterà in maniera approfondita nel capitolo successivo) che è stato concepito nella fase iniziale del progetto, ma che in un approccio dialettico si è preferito trattare nei capitoli successivi alla presentazione del disegno architettonico.



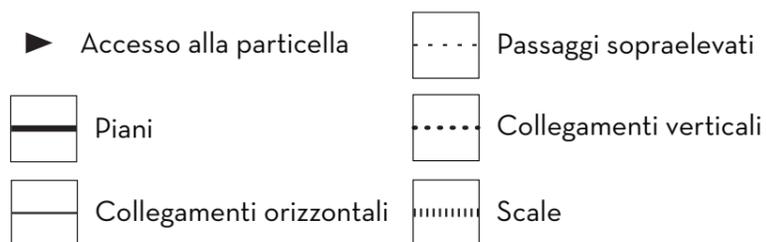
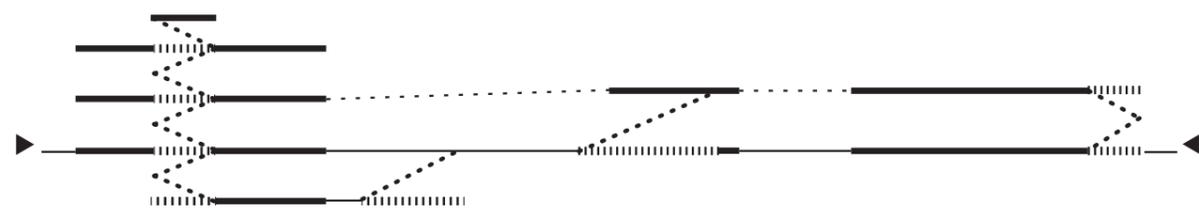
1.47 Sezione della biblioteca in caso di esibizioni



1.48 Sezione della biblioteca con focus sulla sala lettura

Tra i temi principali del progetto, infine, figura quello dei *percorsi*. Lo scopo era quello di collegare tutti gli ambienti in maniera continua e senza interruzioni, in modo da rendere tutti gli spazi accessibili.

Come mostrato nello schema 1.49, l'accessibilità si caratterizza da due livelli che si sovrappongono: i collegamenti orizzontali e quelli verticali. I primi sono composti dai percorsi canonici e dalla presenza della passerella posta al primo piano degli edifici e che li collega fra di loro. Vista l'altezza differente, essa è provvista di una leggera pendenza. Per quanto riguarda i collegamenti verticali, si sono trattate le scale presenti all'interno dei diversi edifici. Esse sono tutte preesistenti, tranne quella della Maison Suisse che è stata ripensata visto il suo stato di degrado. Tutte le rampe sono poste su un asse visivo importante che permette una lettura continua del progetto.



1.49 Schema dei percorsi

#### 1.5.4 Le strutture ex novo

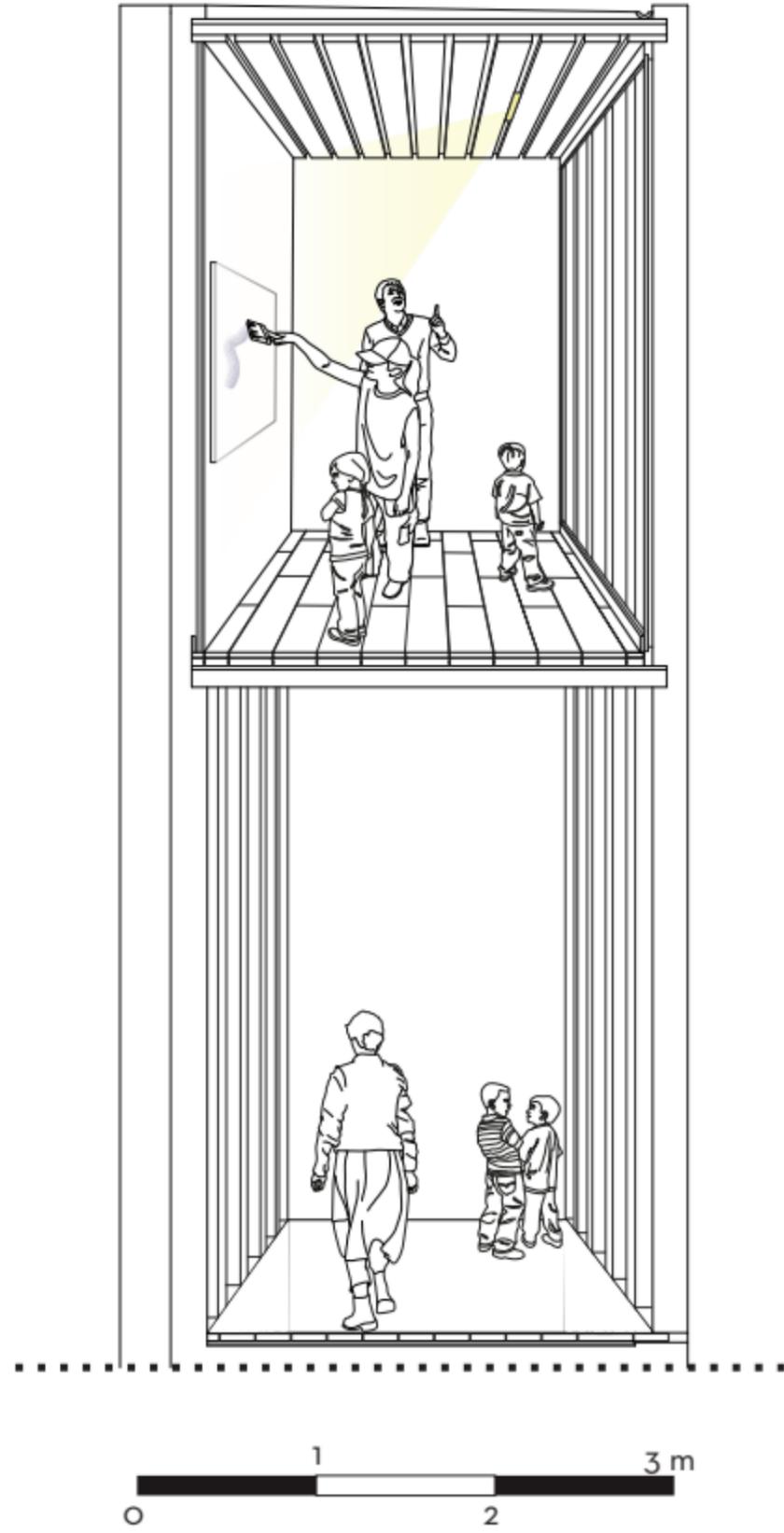
Tra le nuove costruzioni inserite nel progetto preesistente troviamo: la galleria d'esposizione, la sala lettura. Questi nuovi inserimenti sono stati pensati in modo da non intaccare in maniera invasiva la preesistenza. La passerella di collegamento tra gli edifici è costituita da una struttura interamente smontabile e assemblabile in situ in modo da non affettare in maniera permanente le costruzioni adiacenti presenti nella particella.

La nuova struttura si situa a una distanza di dieci centimetri dalle facciate esistenti, al fine di non danneggiare gli edifici storici. Ciò non compromette l'accessibilità alle diverse zone, ma crea una struttura leggera, non comportando interventi invasivi, conformemente all'idea di restauro e di riabilitazione dell'architettura. Essa è costituita da materiali sostenibili come il legno, il vetro e l'acciaio. Gli elementi sono modulabili a secco, permettendo di comporre le diverse parti in modo temporaneo e reversibile.

Studiando la struttura con la realizzazione di un modello in legno e plexiglas, ho pensato ai vari possibili incastri che fosse conveniente a tale scopo. Il nuovo corpo è stato pensato come un delicato mobile apponibile tra le architetture.

L'involucro è composto da una gerarchia strutturale. Vi sono sei doppi pilastri che compongono la struttura principale, a cui si sovrappongono degli elementi verticali che hanno lo scopo di garantire la sicurezza per i bambini al piano terra e creano giochi di luce all'interno della galleria. L'aerazione è garantita in maniera naturale, in quanto la passerella risulta aperta su entrambe le estremità. Tutta la galleria ha una leggera pendenza che parte dalla Batisse e raggiunge l'altezza del primo piano della Maison Suisse. Il passaggio è di 2 metri e 40 centimetri e non danneggia il platano, che divide il ritmo della struttura esattamente al centro.

La seconda passerella posta nella nuova corte assume la stessa struttura di quella principale.



1.50 Passerella con funzione di passaggi al piano terra e di galleria d'esposizione al primo piano



1.51 Sezione della passerella sulla corte verso Batisse



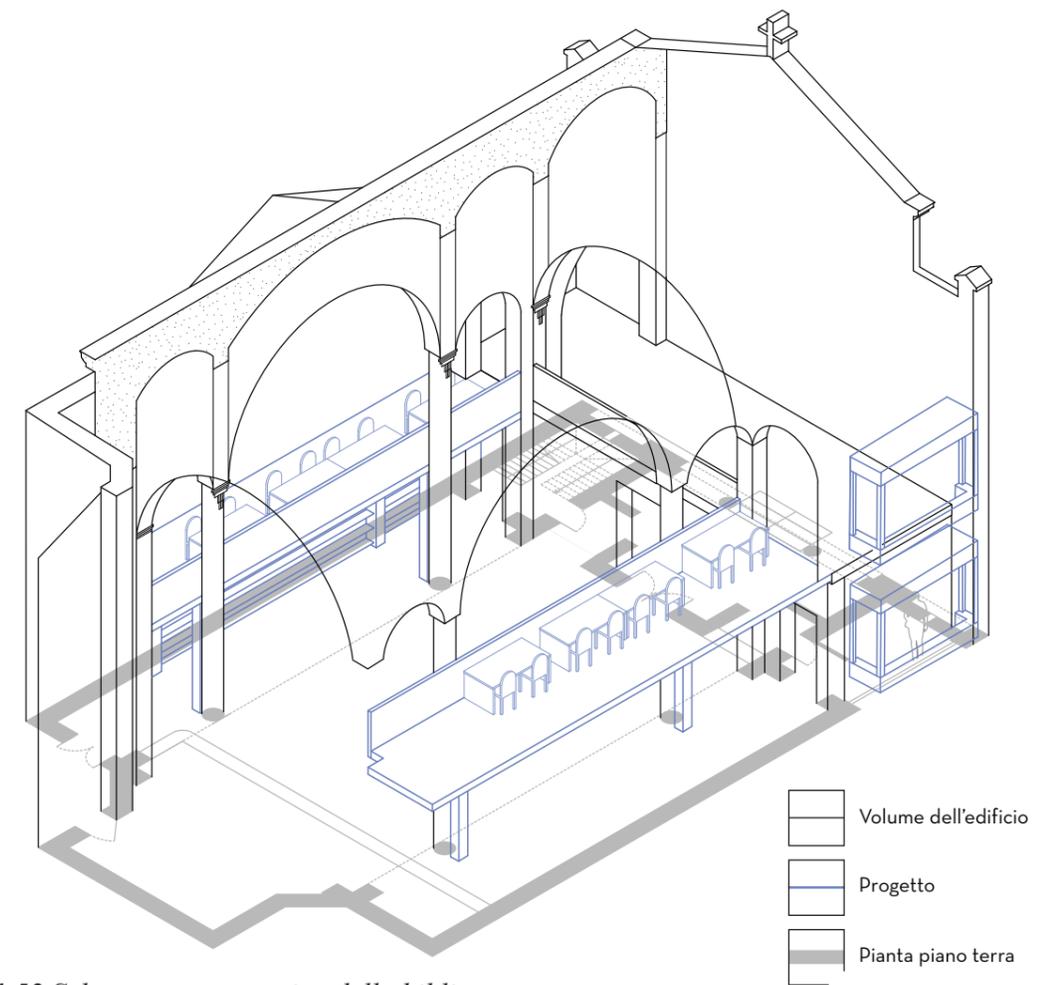
1.51 Sezione della passerella sulla corte verso Maison Suisse

Per quanto riguarda la biblioteca, è il tempio protestante che assume questa nuova funzione. Essa è accessibile agli allievi della scuola e ad utenti esterni, secondo una gestione di orari. I primi avranno accesso direttamente dall'interno della particella, dalla nuova corte, sia dal piano terra che direttamente dalla passerella; mentre i secondi possono accedere alla biblioteca dall'ingresso posto su rue Bel Air.

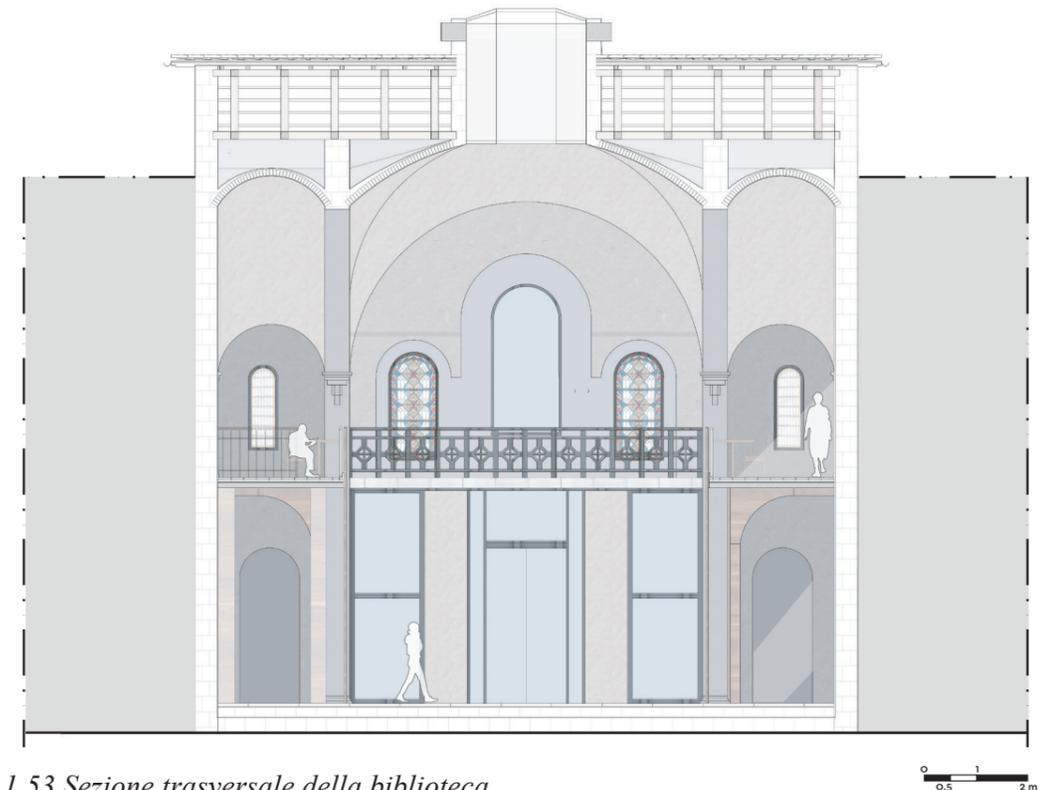
Come la passerella che lega gli edifici, la sala di lettura posta all'altezza del primo piano (come evidenzia il tratto blu nella figura 1.52) ha la stessa struttura smontabile, che non intacca quella esistente del tempio protestante. Infatti, è composta da pilastri in legno posti ad una distanza minima dalle colonne in ghisa esistenti al fine di essere visibili, ma al tempo stesso di non imporre pienamente la loro presenza nella preesistenza.

Un altro paio di pilastri si trova a ridosso del muro perimetrale e ha la doppia funzione di sostegno verticale e scaffalatura per i volumi che non potevano essere situati al piano della sala lettura al fine di non gravare con il loro peso sulla passerella, che ospiterà i tavoli e gli studenti.

Riguardo le installazioni di tipo impiantistico, si procederà con l'utilizzo della metodologia che comporta lo studio del quadro delle esigenze e dei requisiti, per poi procedere con un masterplan e un concept, per infine giungere ad una fase di calcolo e integrazione nel progetto. Si interverrà con un progetto di controllo igrometrico, illuminotecnico e acustico.



1.52 Schema assonometrico della biblioteca



1.53 Sezione trasversale della biblioteca

In conclusione di questo primo capitolo riguardante la fase del progetto architettonico si può dire che, quando si agisce su degli edifici esistenti che hanno un valore, che sia di tipo architettonico o storico, bisogna tenere conto dell'importanza che essi rappresentano. Ci sono numerosi approcci che si possono mettere in pratica: per questo progetto si è deciso di mettere in opera delle modifiche all'esistente senza intaccare completamente le strutture, se non in alcuni casi in cui le trasformazioni applicate sono risultate essenziali per la valorizzazione degli ambienti stessi. Il fatto di riabilitare degli edifici con una certa rilevanza attraverso il loro consolidamento e la riappropriazione dei luoghi dona alle costruzioni una nuova vita e un nuovo modo di apprezzare le loro caratteristiche. Laddove ciò è stato possibile, l'assetto architettonico degli edifici è rimasto invariato e si è agito sul consolidamento per mezzo di materiali compatibili con l'esistente e che potessero rendere le modifiche messe in atto reversibili. Per quanto riguarda le nuove strutture, esse sono state concepite in funzione degli edifici esistenti e del completamento dei luoghi, in modo particolare della corte attualmente poco valorizzata. La riabilitazione può avvenire anche attraverso l'inserimento di una nuova funzione. Questa deve essere compatibile con quella esistente. In questo caso, la storia di questi edifici ha aiutato nella scelta, perché sono sempre stati luoghi di accoglienza, di scambio culturale e di educazione.

L'esperienza di formazione del programma Erasmus presso la Scuola Nazionale Superiore Architettura di Marsiglia mi ha dato l'opportunità di ampliare la mia conoscenza del mondo dell'architettura attraverso l'apprendimento di nuovi metodi e approcci per affrontare la creazione e lo sviluppo di un progetto. E' certo che questi studi, che hanno arricchito il mio bagaglio universitario, influenzeranno positivamente il mio modo di lavorare in questo settore in futuro.



*1.54 Maquette in scala 1:200 del progetto*

## **II**

*Metodologia per l'inserimento degli impianti negli edifici storici*

In questo capitolo verranno trattati i criteri e le linee guida da seguire per l'introduzione di impianti negli edifici storici, attraverso un approccio di tipo metodologico. Verranno analizzate le varie fasi da seguire per definire il progetto impiantistico.

Prima di procedere con lo studio dell'approccio metodologico è necessario cominciare con un breve excursus riguardante le tecnologie impiantistiche negli edifici e come occorre intervenire all'interno di essi con un approccio di tipo multidisciplinare con il fine della tutela.

### 2.1 Cenni storici sulle tecnologie impiantistiche

Sin dai tempi antichi, l'uomo ha concepito gli spazi in cui abitava per proteggersi dai cambiamenti del clima e dagli agenti atmosferici con i mezzi che aveva a disposizione.

Tutte le epoche storiche hanno visto un approccio ad un sempre maggiore e diverso sviluppo delle tecnologie che potessero garantire un miglioramento del modo di abitare. Primi fra tutti gli antichi Romani con i loro sistemi di pavimentazione rialzata per il controllo della temperatura o i loro duraturi impianti idrici.

Ma è verso la metà del *XIX secolo* che si assiste un cambiamento radicale nelle tecnologie che potessero rispondere alle esigenze dell'epoca. Per esempio, come afferma Ginesi per quanto riguarda l'illuminazione, "l'idea di trasformare la notte in giorno incominciò a formarsi nel momento in cui le scoperte scientifiche e le conseguenti innovazioni tecnologiche si ampliarono, rendendo possibile l'incremento quantitativo della produzione della luce" Queste iniziano a crescere, le richieste di aumentare il comfort nelle abitazioni aumentano in conseguenza ad un'industrializzazione sempre più in crescita che richiede un modo di abitare diverso: le città si popolano sempre di più e per far fronte all'aumento della densità abitativa occorre una nuova tipologia abitativa che possa accogliere più lavoratori possibili. L'edificio in sé non è più in grado di soddisfare tali nuove esigenze. Per risposta, le tecnologie impiantistiche iniziano a svilupparsi autonomamente, per fornire nuove soluzioni in grado di rispondere alle domande imposte dalla società che si stava delineando.

Durante questo secolo vediamo l'introduzione di nuovi sistemi impiantistici anche grazie all'applicazione dell'energia elettrica all'interno delle abitazioni come fonte di illuminazione. Il *XIX secolo* vede anche l'introduzione dei primi sistemi di sollevamento, del riscaldamento a vapore, ad aria e infine ad acqua calda e rivoluzioni anche nei sistemi di ventilazione.

Nel *XX secolo* gli impianti tecnici diventano ormai indispensabili. Nella maggior parte dei casi, essi si rivelano a sé stanti rispetto al corpo architettonico, due binari paralleli all'interno della concezione architettonica.

L'inserimento dell'impiantistica all'interno dell'architettura è divenuto centro di dibattito, che è diventato via via sempre più complesso. Un tema di difficile conciliazione in sede progettuale e di realizzazione. La questione da risolvere era quella di trovare un punto di incontro tra il costruito e i sistemi tecnologici di cui ormai non si poteva fare a meno. Questo perché vi era un dialogo spezzato fra le diverse figure professionali che entravano in gioco in un progetto: l'architetto e l'ingegnere specialista che doveva occuparsi delle diverse canalizzazioni richieste. Ciò comportava un distacco tra le diverse intenzioni progettuali: quella dell'architetto che intendeva la qualità architettonica come composizione formale e quella dell'ingegnere e delle altre figure che puntavano ad una qualità tecnologica volta al funzionalismo.

Ad oggi si è trovato un compromesso che è la *progettazione integrata*. Vi è un rapporto di commutazione tra architetti ed ingegneri specialisti, volto all'integrazione tra i vari sistemi che compongono il manufatto e ne garantiscono il funzionamento. Gli impianti condizionano la concezione architettonica e si integrano nella costruzione. Si parla di sistemi passivi ed attivi che diventano sempre più ibridi e coesistono. Per sistemi attivi si intendono gli impianti tecnici, mentre i sistemi passivi sono quelli costituiti dall'involucro architettonico. L'illuminazione naturale collabora con quella artificiale per garantire il giusto comfort visivo; le pareti vetrate e l'involucro della costruzione insieme agli impianti di climatizzazione contribuiscono al comfort termoigrometrico. Non si tratta più a questo punto di binari paralleli, ma linee sovrapposte. Si può dire che gli impianti facciano parte della concezione architettonica e della sua progettazione, non sono un'aggiunta al sistema della costruzione, ma nascono insieme e collaborano operativamente. Il passo in più è compiuto dalle nuove tecnologie che integrano fra loro diversi impianti attivi, come per esempio quelli elettrici con i sistemi di anti-intrusione o con le reti informatiche.

Secondo l'*Atlante della Riqualificazione*, "l'evoluzione delle nuove tecnologie e le loro svariate combinazioni hanno fatto sì che gli impianti tecnici degli edifici invecchiassero più rapidamente degli edifici stessi e che, per tale motivo, lo stesso apparato tecnico assumesse un'importanza sempre maggiore. La manutenzione degli impianti domestici ha un'influenza notevole sul rendimento in termini

economici e sulla conservazione del valore di un edificio . La riqualificazione degli impianti tecnici è tesa a ottenere diversi risultati come il mantenimento dell'efficienza e dell'affidabilità, l'estensione della durata di vita residua degli impianti preesistenti, l'incremento dell'efficienza, il miglioramento del comfort di utilizzo con l'adeguamento alle esigenze attuali. Per raggiungere questi obiettivi è necessario attuare una riqualificazione degli impianti tecnici degli edifici sulla base di un approccio sistematico". Al fine di procedere nella maniera più delicata e sensibile possibile nei confronti del manufatto edilizio, occorre fare affidamento su diverse figure professionali, convogliando diverse discipline in modo da ottenere il miglior risultato auspicabile.

Quando si tratta la rifunzionalizzazione di un edificio storico occorre tenere presente che essa richiede scelte progettuali nel riadattare gli spazi e la morfologia del corpo esistente alle nuove funzioni che richiedono determinate esigenze adatte alla contemporaneità.

Se si studia un'edilizia che è sottoposta a tutela, nel caso in cui si dovessero introdurre dei nuovi impianti, è necessario pensare a soluzioni progettuali e sistemi ad hoc per la gestione del comfort termico, visivo e acustico, in particolare in edifici con scopo pubblico o attività speciali quali uffici, musei, teatri o strutture ricettive ed educative.

All'esigenza di tipo funzionale si accompagna la necessità di soddisfare dei requisiti richiesti dalle normative.

Progettare in un involucro storico significa scegliere l'impianto anche in base all'integrità del manufatto che deve essere preservato: è fondamentale pensare dunque anche alla *compatibilità*.

Per compatibilità si intende in generale la facoltà di coesistenza e accordo. In particolare, secondo M.L. Germana ne *la qualità nel recupero edilizio* 1995, "in architettura tale termine esprime un giudizio di valore sia sulla qualità che gli interventi ex novo apportano all'architettura, sia alle caratteristiche intrinseche (riferibili agli aspetti funzionali, architettonico-formali, materici e statico-costruttivi) degli interventi stessi". Dall'*Abbecedario Minimo* si evince che, in quest'ottica, la nozione di compatibilità si sostanzia in:

- c. operativa: definisce i requisiti di operabilità della modalità di azione nella fase realizzativa;
- c. intrinseca: valuta la qualità propria della modalità di azione e dunque degli elementi di nuova introduzione;

-c. di comportamento: esprime il comportamento dell'intervento rispetto all'esistente in relazione alle esigenze prestazionali;

-c. di durata : definisce l'attitudine della modalità di azione a realizzare interventi che mantengano nel tempo i livelli prestazionali prestabiliti;

-c. di gestione: misura la facilità di gestione dei sistemi realizzati dalla modalità di azione;

-c. di salvaguardia dell'ambiente: valuta le condizioni di impatto della modalità di azione sul contesto ambientale esterno.

"In sostanza, la compatibilità non nega la ricerca compositiva progettuale. La ricerca di soluzioni compatibili, infatti, rovescia semplicemente l'approccio tradizionale che pone in second'ordine l'analisi dell'esistente a favore di una presunta libertà compositiva".

Al concetto di compatibilità è necessario associare in maniera più ampia un comportamento che sia legato sia al non invadere e rivoluzionare la logica propria del corpo (formale-spaziale e materica) dell'esistente, sia alla possibilità di garantire una continuità nel processo vitale dell'architettura stessa. Si introduce quindi il concetto di durabilità. Questo termine designa, secondo l'*Abbecedario minimo Ananke 2017*, "la capacità di resistere agli effetti del tempo, continuando ad essere. A partire dalla seconda metà del XIX secolo con l'intensificarsi dell'applicazione di nuovi materiali quali l'acciaio e il calcestruzzo armato per le strutture e altri strumenti di tipo chimico-fisico, la durabilità è stata considerata come la tendenza ad opporsi al degrado e al dissesto, fenomeni che iniziavano a presentarsi soprattutto nel dopoguerra. A partire dalla seconda metà del XX secolo si è cominciato a sviluppare una conoscenza e una sensibilità nella sperimentazione di materiali per ottenere una ottimale risposta nel tempo del corpo architettonico anche in base alle innovazioni tecnologiche. Dunque tale concetto si definisce come la capacità di un edificio e delle sue parti a conservare le caratteristiche fisiche e meccaniche nel tempo, in modo da garantire il mantenimento dei livelli di sicurezza durante la vita del corpo di fabbrica, anche attraverso la scelta di materiali adeguati e assicurino una buona qualità e compatibilità. La Federation Internationale de la Precontrainte e il Comité Européen du Béton definiscono la durabilità di una struttura come l'attitudine di un'opera a sopportare attacchi di agenti aggressivi di diversa natura mantenendo inalterate le caratteristiche meccaniche e funzionali. A questo concetto è opportuno accostare interventi periodici di manutenzione ordinaria e straordinaria, che garantiscono all'opera una certa durevolezza per il mantenimento delle caratteristiche specifiche dei materiali e delle strutture".

L'ultimo concetto che è fondamentale introdurre è quello della *reversibilità*. Sempre secondo l'Abbecedario minimo, essa "si configura come quell'operazione finalizzata alla permanenza del documento storico e al suo recupero, comunque esso sia stato concepito. È fatto evidente che la reversibilità in assoluto non è ipotizzabile: "ciò che è avvenuto non può divenire "non avvenuto".

Quindi più propriamente si tratta di indagare se un evento che ha modificato la condizione fisica di un oggetto possa essere seguito da altro che conduca ad una situazione materialmente identica alla precedente. Il concetto stesso di restauro presuppone in via teorica un grado rilevante di reversibilità. Esso in effetti è stato prevalentemente concepito come ritorno ad una situazione pregressa, considerata migliore di quella che si presenta nel momento storico in cui l'intervento si definisce.

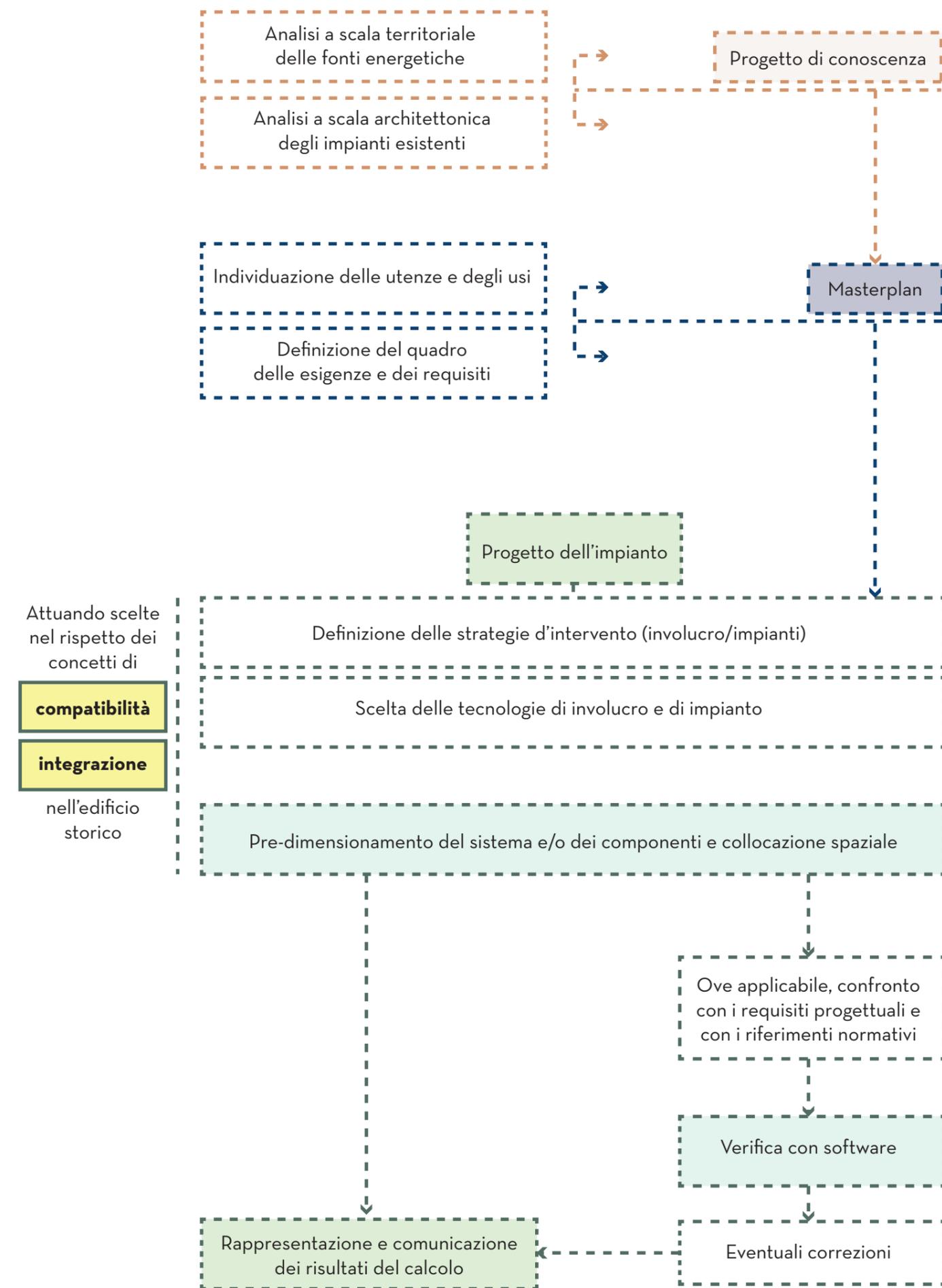
Tenendo conto della nozione di reversibilità, non si può trascurare il fatto che, di seguito al processo di adeguamento ai bisogni e di aggiunta di quanto può servire al prolungamento della vita dell'edificio, intervenga un errore e che quindi in un tempo futuro si debba considerare la possibilità di operare per sottrazione di quanto posto in opera.

Non si tratta quindi per forza di escludere questo processo ma, se possibile, di trovare una scelta che offra maggiori possibilità di rimedio con le minori conseguenze possibili.

All'idea della reversibilità si contrasta quella della *riparazione*, la quale sottintende un'ulteriore aggiunta per ragioni funzionali piuttosto che una sottrazione.

In conclusione difendendo la reversibilità, nei limiti in cui essa è possibile, è obiettivo che il conservatore deve perseguire e che non contrasta in alcun modo con una tesi che tende a rifiutare la rimozione se non per uno "stato di necessità".

Dopo aver introdotto queste nozioni che stanno alla base di una riqualificazione e di un restauro che siano adeguati, si può dire che vi sono diverse soluzioni per l'adeguamento tecnologico per il riuso degli edifici storici; di seguito viene presentato un approccio metodologico.



2.1 Flowchart esplicativo sulla metodologia per l'inserimento degli impianti negli edifici storici

Il diagramma di flusso rappresentato nella figura 2.1 esplica le fasi da seguire per relazionarsi all'intervento di inserimento di qualsiasi tipo di impianto all'interno di edifici storici attraverso un approccio di tipo metodologico. Come trattato nelle dispense del corso tenuto dalle docenti Ilaria Ballarini e Rossella Taraglio dal titolo " Atelier Progetto di restauro architettonico A (Tecniche del controllo ambientale e impianti negli antichi edifici)" nell'anno accademico 2020-2021, da cui è stato possibile trarre le nozioni per la costruzione del diagramma di flusso sopracitato, la prima fase da cui occorre partire è il progetto di conoscenza. Esso comprende tutte le analisi preliminari necessarie a fornire una base solida al progetto d'impianti. Il progetto di conoscenza dell'edificio tocca una serie ampia di informazioni che attingono principalmente a diverse fonti che possono essere documentarie e archivistiche, bibliografiche e attraverso l'osservazione diretta ed analitica del fabbricato nella sua interezza. "L'incompatibilità del moderno nell'antico non può rappresentare una soluzione: la presenza di valori "storici" sul territorio è tanto diffusa da rendere ineludibile il fatto. L'analisi storica fondata, ovvero l'esame dei termini complessi con i quali si pone ogni problema, non è mai puro accertamento dei fatti che non appare essere mai il fine, ma è piuttosto il motivo per delineare, comprendere, incrementare di contenuti il compito di progettare il nuovo, in una continuità che non è meccanica deduzione dal passato né tantomeno affermazione di un ineluttabile procedere della storia." Così afferma Amedeo Bellini in un articolo dal titolo *Il restauro architettonico al Politecnico di Milano: l'apporto di Liliana Grassi*, interpretando il pensiero della teorica del restauro.

Una lettura di tipo storico dei fabbricati quindi deve consentire la ricostruzione temporale delle vicende costruttive degli edifici e degli interventi che sono stati applicati su di essi fino ad oggi; una ricostruzione delle sue destinazioni d'uso nel tempo e un eventuale accertamento, rilevamento e verifica di sistemi impiantistici originari, storici esistenti; infine l'individuazione dei materiali e delle tecnologie edilizie adottati, in riferimento anche alla tradizione costruttiva locale e ai dati climatici del sito in esame.

A seconda della scala a cui occorre rapportarsi, si può sviluppare uno studio di tipo ambientale - territoriale per l'individuazione di tutte quelle caratteristiche morfologiche del sito e le eventuali risorse disponibili a cui esso può attingere, di tipo materialistico ed energetico. Una volta analizzate le condizioni al contorno, si può procedere con un'analisi a scala dell'edificio per individuare le caratteristiche architettoniche ed impiantistiche del costruito esistente. In questa fase si identificano i materiali che compongono la stratigrafia dell'involucro (importante da studiare in aggiunta perché, come detto precedentemente, contribuisce al sistema passivo) e gli impianti esistenti che collaborano al sistema attivo. Risulta quindi necessario conoscere le tecnologie impiantistiche già presenti

all'interno degli edifici esistenti di importanza storica, in quanto spesso sono presenti degli impianti che sono essi stessi oggetti da preservare in qualità di testimonianza storica delle tecnologie dell'epoca a cui il costruito appartiene.

Occorre tenere conto della loro presenza anche per comprendere la morfologia dell'edificio e le sue reti impiantistiche. E' fondamentale verificare l'esistenza di installazioni idriche, elettriche (soprattutto quelle di illuminazione che spesso hanno grande rilevanza storica negli edifici del XVIII secolo), di sollevamento e climatizzazione.

Non sempre richiesta è la diagnosi energetica dell'edificio, che può essere utilizzata come strumento aggiuntivo.

Ove necessaria, essa è una procedura sistematica che consiste nella definizione del bilancio energetico del sistema edificio-impianto per individuare i possibili recuperi di energia. Si valutano le condizioni di benessere termo-igrometrico, visivo, acustico e di sicurezza necessarie e individuare appropriate soluzioni di risparmio energetico.

Inoltre si esaminano le opportunità di risparmio energetico dal punto di vista tecnico-economico per ottimizzare le modalità di gestione del sistema edificio-impianto. Secondo le linee guida fornite dal MiBACT 2015, la diagnosi avviene seguendo tre livelli: diagnosi per ispezione visiva o leggera, diagnosi standard e diagnosi dettagliata. La prima consiste nell'ispezionare visivamente ciascuno dei sistemi nell'edificio che scambiano energia. Essa di solito prevede anche una valutazione dei dati di consumo energetico, allo scopo di analizzare le quantità e i profili di uso di energia e fornire un elemento di confronto con valori medi di riferimento. È il tipo di diagnosi meno dispendiosa economicamente, serve ad attuare una stima preliminare per una gestione del risparmio. da realizzare principalmente con il miglioramento delle procedure di gestione e manutenzione, e una stima preliminare del potenziale di risparmio.

Il secondo livello è quello della diagnosi standard, più costosa del primo livello, che prevede la quantificazione degli usi e delle perdite di energia. Essa consiste in misure sul posto e verifiche prestazionali per quantificare l'impiego di energia e l'efficienza energetica dei vari sistemi. Gli strumenti di calcolo messi in pratica per questo livello di diagnosi sono quelli standard. Infine la diagnosi dettagliata comporta un'analisi dettagliata degli usi e degli impieghi di energia, specializzata per funzione e/o destinazione d'uso, e in una valutazione dei profili d'uso dell'energia. Si utilizzano programmi di calcolo di simulazione del sistema energetico considerato. È evidentemente il livello più costoso in termini temporali ed economici, viene impiegata quando il caso in esame risulta complesso e non facilmente diagnosticabile attraverso i livelli precedenti.

Per gli edifici presi in esame è stata applicata una diagnosi di primo livello, per ispezione visiva o leggera, sia per la difficoltà di effettuare un adeguato sopralluogo, sia per la non complessità del complesso. In seguito alle elaborazioni delle diverse analisi per l'individuazione delle caratteristiche della preesistenza, si procede con la definizione delle richieste imposte dall'utenza e dai luoghi. La fase successiva comprende infatti l'elaborazione di un *masterplan*. Esso permette di definire le esigenze determinate dal coloro che usufruiranno del progetto e a seconda di queste si individueranno i requisiti di risposta. Si formulano dunque delle considerazioni di carattere generale relative alle relazioni che gli edifici in esame hanno con quelli adiacenti, relazioni che stabiliscano gerarchie urbane con l'applicazione delle eventuali risorse energetiche che entrano in campo, stabilendo l'uso e l'immagine complessiva che si donerà al progetto. Il masterplan dunque si configura alla finalizzazione del soddisfacimento di esigenze che siano relative all'utenza coinvolta nella fruizione e nella salvaguardia del bene stesso. All'interno dello sviluppo dell'idea progettuale, del masterplan dunque, occorre perseguire determinati obiettivi, derivati dalla definizione di un *quadro di esigenze e requisiti*. Essi sono definiti in maniera coerente con lo studio della funzione e dell'utenza che viene coinvolta nel progetto e quindi dalla normativa tecnica che è applicabile al settore. Tale quadro dei risultati attesi costituisce il riferimento con cui confrontare le elaborazioni di calcolo della fase successiva, di cui sarà necessario comparare la corrispondenza. Tale prospetto restituisce la conoscenza che viene tradotta in proposte di progetto, dunque lo scopo nella definizione del quadro esigenziale è quello di coordinare lo sviluppo progettuale.

Infine si procede con il *progetto dell'impianto*. Tale metodologia può essere applicata a qualsiasi tipo di sistema impiantistico. Esso comprende le scelte tecnologiche che possono riguardare l'involucro o gli impianti, in modo da rispettare le caratteristiche a livello tecnologico, applicativo e di integrazione adatte al complesso edilizio preso in esame, sempre perseguendo strategie che siano compatibili per l'integrazione. Si effettua poi un pre-dimensionamento dei sistemi e/o dei componenti scelti di cui si prevede la collocazione spaziale. Ove applicabile occorre confrontarsi con i riferimenti normativi. Infine, attraverso una modellazione numerica che verifichi la compatibilità dei parametri con i requisiti definiti da masterplan per mezzo di software adeguati, che possono portare ad eventuali correzioni, si procede alla comunicazione dei risultati.

Come specificato, questo tipo di studio finalizzato all'integrazione dei sistemi impiantistici all'interno degli edifici storici, può essere seguito per tutte le tipologie di impianti, tuttavia in questa tesi si effettuerà un focus sull'impianto termico e su quello illuminotecnico.

Viene riportato di seguito un esempio di una tavola di masterplan (figura 2.2) la cui elaborazione è stata effettuata in macrogruppi formati da altri studenti, per il corso "Atelier Progetto di restauro architettonico A (Tecniche del controllo ambientale e impianti negli antichi edifici)" nell'anno accademico 2018-2019. Il progetto di restauro è stato volto all'interno del Castello di Agliè (TO).

Nella figura sono state evidenziate le zone di interesse a cui sono state attribuite diverse funzioni (a) e per cui sono stati definite delle classi di utenza (b) per ognuna di esse. Per ciascuna area evidenziata si sono determinati degli specifici orari di fruizione (c) in base alla destinazione d'uso.

Mediante l'utilizzo di questi dati, si procede all'elaborazione di un quadro di esigenze e requisiti al fine di effettuare una previsione delle dotazioni impiantistiche (d) quali illuminazione, impianto idrico, canalizzazione di smaltimento, sicurezza antincendio e climatizzazione invernale ed estiva per ogni area evidenziata.

# INDIVIDUAZIONE DELLE FUNZIONI E RELATIVI QUADRI ESIGENZIALI

PREVISIONE DELLE DOTAZIONI IMPIANISTICHE



Illuminazione



Impianto idrico



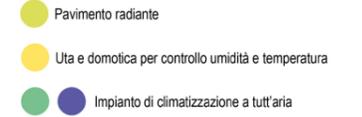
Fognatura



Sicurezza antincendio



Climatizzazione invernale ed estiva



Caffetteria



Mercato



Eventi temporanei



Degustazioni e vineria



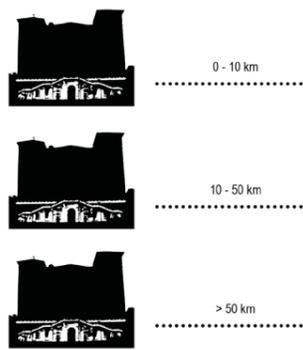
Ristorante

## POTENZIALI PARTNERS COMMERCIALI

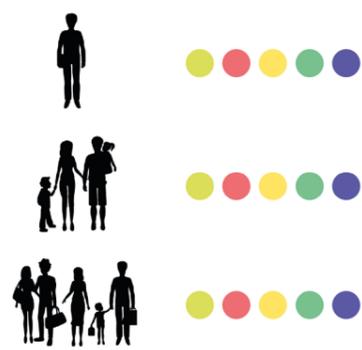
- Tecnobar s.r.l., Consorzio dei produttori locali, Luigi Lavazza s.p.a.
- Consorzio dei produttori locali
- Pro Loco di Agliè, Victoria Eventi S.A.S., BON TON di Pietrini s.r.l., Agenzia d'Herrin, Aloe Blu s.c.s., Belmonte di Bianchetti Maria A. & C., Pic Nic da Tabata
- Associazione Città del Vino, Consorzio Tutela Vini d.o.c. Carena Erba-luce, azienda Massoglia, SlowFood, Maestri del Gusto
- Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Torino, Confindustria Canavese Gruppo Turismo, Cinzano, Iguzzini, L'alveare che dice sì, Consorzio dei produttori locali, Grossi Proget equipment, Intercatering s.r.l.

## DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI UTENZA:

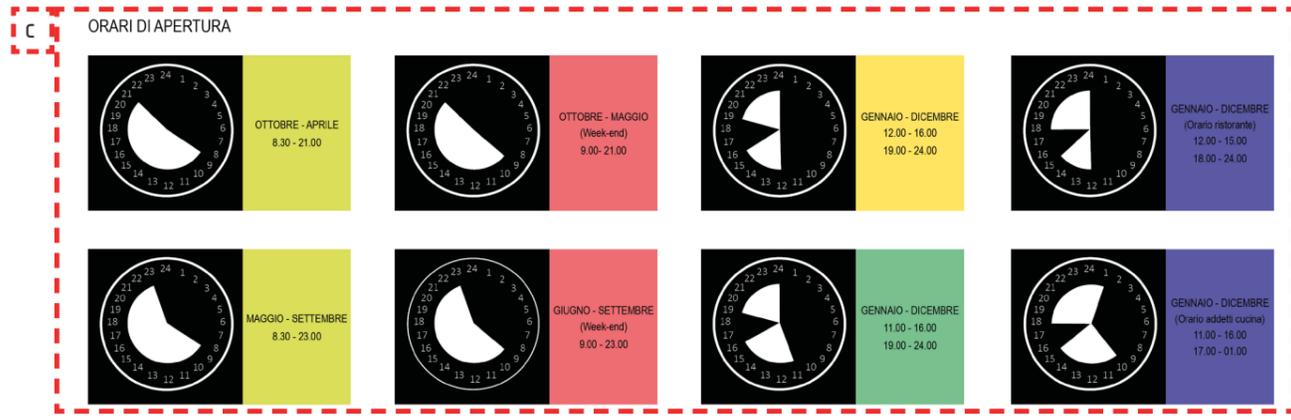
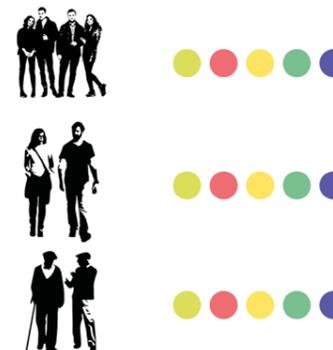
Provenienza



Tipologia



Età



2.2 Tavola del masterplan sul Castello di Agliè, a.a. 2018/2019

Nella fase di elaborazione del masterplan, per rendere esplicitamente tale schema di riferimento e si procede per fasi: in primo luogo si esegue l'individuazione di aree e zone che risultino omogenee, ovvero che possono essere raggruppate per determinate caratteristiche comuni, a cui si associano delle utenze che possono essere variegatae. Nel caso studio le utenze coinvolte sono quelle legate alla didattica: il personale scolastico, i docenti, lo staff addetto alla mensa, gli alunni, i genitori, il personale addetto alla manutenzione, gli studenti esterni, il pubblico che si reca alle conferenze e alle esibizioni e chi le sostiene. Il secondo step comprende l'associazione delle utenze alle relative funzioni introdotte nelle aree individuate. Successivamente si mettono in evidenza le criticità e le mancanze presenti nei luoghi. Questo contribuisce alla definizione delle esigenze in base alle funzioni e ai punti di debolezza presenti nell'esistente.

Per definire, in maniera conforme alla disciplina della tecnologia dell'architettura, l'esigenza è lo stato di necessità che deve essere soddisfatto (UNI 11150-3:2005) o ciò che, di necessità, si richiede per il corretto svolgimento di un'attività dell'utente o di una funzione tecnologica. (UNI 10838:1999).

Tra le varie richieste occorre osservare in particolare le esigenze di conservazione e fruizione dell'edificio valutandole in maniera critica. Spesso infatti gli impianti moderni e il loro inserimento risultano in contrasto con l'esigenza di conservazione e tutela. Tuttavia per soddisfare quelle legate alla destinazione d'uso e alla fruibilità da parte delle utenze è necessario installare dei nuovi impianti, come possono essere quelli di illuminazione, sicurezza e climatizzazione.

Una volta effettuate tutte le analisi possibili, è essenziale operare una scelta ponderata nell'introduzione di possibili soluzioni tecniche. Bisogna valutare se gli interventi da compiere siano compatibili dal punto di vista fisico, che rispettino le esigenze e che siano in armonia con l'architettura esistente. Ciò comporta varie riflessioni sull'installazione degli impianti moderni: occorre capire se gli elementi contemporanei devono essere visibili o celati, se devono assomigliare agli antichi o essere dichiaratamente appartenenti all'epoca odierna e se devono essere realizzati appositamente o è possibile utilizzare degli elementi standard. Inoltre talvolta si presenta l'eventualità di una rifunzionalizzazione degli impianti già presenti, quando non troppo degradati.

Per quanto riguarda la compatibilità fisica, è importante analizzare il costruito per conoscere i degradi comportati dagli impianti preesistenti, la presenza di vuoti per l'eventuale inserimento di nuove canalizzazioni, la stratigrafia dell'edificio per la posa delle nuove tubazioni (quando possibile) e fare attenzione alle finiture che spesso sono da preservare e non permettono la collocazione delle parti

terminali degli impianti. Tra le scelte operative da compiere vi è anche quella della destinazione d'uso e la sua compatibilità con l'esistente. Il progetto di restauro di un edificio storico ha come scopo principale quello della conservazione stratigrafica, ovvero che ogni suo elemento e modificazione deve essere leggibile con il passare del tempo e deve essere integrata nel contesto in cui il corpo è inserito. Adeguare una nuova funzione all'esistente è necessario per permettere la sua preservazione, è esso un modo di applicazione della tutela, mezzo per raggiungere il fine primario della conservazione.

A scala architettonica, occorre verificare determinati parametri, tra i quali che la funzione sia compatibile con il supporto originale, senza modificare il valore dei contenuti da conservare; che la nuova destinazione d'uso non apporti modifiche che comprometterebbero la struttura portante dell'edificio; compatibilità della funzione nel contesto in cui l'oggetto di intervento è situato.

Nell'approccio a questo tipo di intervento, è necessario coinvolgere differenti figure competenti, in modo da ottenere un dialogo fluido tra i vari componenti che si vanno ad inserire. La scelta della nuova funzione considera dunque, a priori, un'analisi su diversi settori.

Una volta scelta la destinazione d'uso, è essenziale verificare che il suo carico impiantistico non si imponga in maniera invasiva e in contrasto con la materia esistente e il sistema tecnologico preesistente. L'inserimento di un nuovo sistema di impianti ha conseguenze attive sull'edificio e diventa uno dei punti focali nel progetto. Più gli interventi sono complessi, più l'edificio richiederà tecnologie e scelte di applicazione aggiornate.

Dunque occorrerà ragionare sul minimo intervento. Occorre prevedere azioni che siano indispensabili per rendere funzionale la struttura, facendo attenzione alla salvaguardia del complesso.

Tornando a riflettere sulla definizione delle esigenze stabilite nel quadro rispetto alle utenze coinvolte, alle funzioni che entrano in campo, alle criticità e alle criticità presenti, sono conseguenti i requisiti che tali esigenze determinano. Infatti, come evidenziato in precedenza, il quadro ben dettagliato serve a supporto e riferimento per la costruzione del progetto, stabilendo quei target e quei requisiti necessari per ottenere il termine di confronto rispetto ai risultati di calcolo, che devono essere conformi in relazione alla normativa vigente. Dunque il quadro delle esigenze e dei requisiti è una fase fondamentale rispetto alla definizione di un progetto, in quanto saranno necessari a fissare le prestazioni che dovranno essere messe in atto.

Per chiarificare il significato di requisito, esso si configura come la traduzione di un'esigenza in fattori tecnico-scientifici, che hanno lo scopo di ricercare le condizioni che soddisfino le richieste di un edificio o delle sue parti spaziali (dunque il sistema edilizio-ambientali) o tecniche (sistema edilizio-

tecnologico) sotto determinate azioni d'uso o sollecitazione (UNI 10838:1999)

Il progettista esegue dunque un'operazione che consiste nell'identificare dei requisiti del sistema edilizio che, una volta soddisfatti, possano garantire l'applicazione di prestazioni corrispondenti alle esigenze delle utenze. I requisiti devono rispettare dei parametri fisici e tecnici che siano conformi a quelli imposti dalle normative tecniche.

Il concetto di *prestazione* può essere estrapolato dall'integrazione delle norme UNI 10838:1999 e UNI 11150:2005, definendola come il comportamento reale dell'edificio o di sue parti nelle effettive condizioni d'uso e di sollecitazione. Essa dunque descrive la risposta del sistema tecnologico-impiantistico che soddisfa quel determinato requisito. E' la traduzione in termine di impianti della reazione all'esigenza. Progettando, infatti, ci si pone nelle condizioni di raggiungere quei livelli prestazionali nelle condizioni di esercizio, ovvero il comportamento reale dell'edificio, che in fase progettuale non è possibile prevedere. Occorre dunque operare attraverso una simulazione di pre-dimensionamento e confronto dei parametri. Nella realizzazione la verifica avviene in condizione di esercizio attraverso il monitoraggio e la misura.

Il masterplan serve dunque come ragionamento d'insieme per la riabilitazione di una fruizione. Esso tocca diversi ambiti, quello del comfort visivo, termico, l'illuminazione d'emergenza, la conservazione, difatti tutte quelle esigenze correlate al tema impiantistico. Mediante questo schema di cercano le risposte progettuali ad una serie di quesiti.

Per quanto riguarda l'illuminazione occorre definire le zone da illuminare, proiettando diversi scenari di utilizzazione degli spazi e l'individuazione dei diversi tipi di luce da inserire, che possono essere di carattere generale, d'accento, puntuale.

Per quanto concerne invece la climatizzazione, anche in questo caso si opera evidenziando le zone da climatizzare, per stabilire i profili d'utilizzo degli ambienti in cui l'utenza ha diverse permanenze e in base a ciò si scelgono i tipi di impianto e le fonti energetiche da mettere in campo.

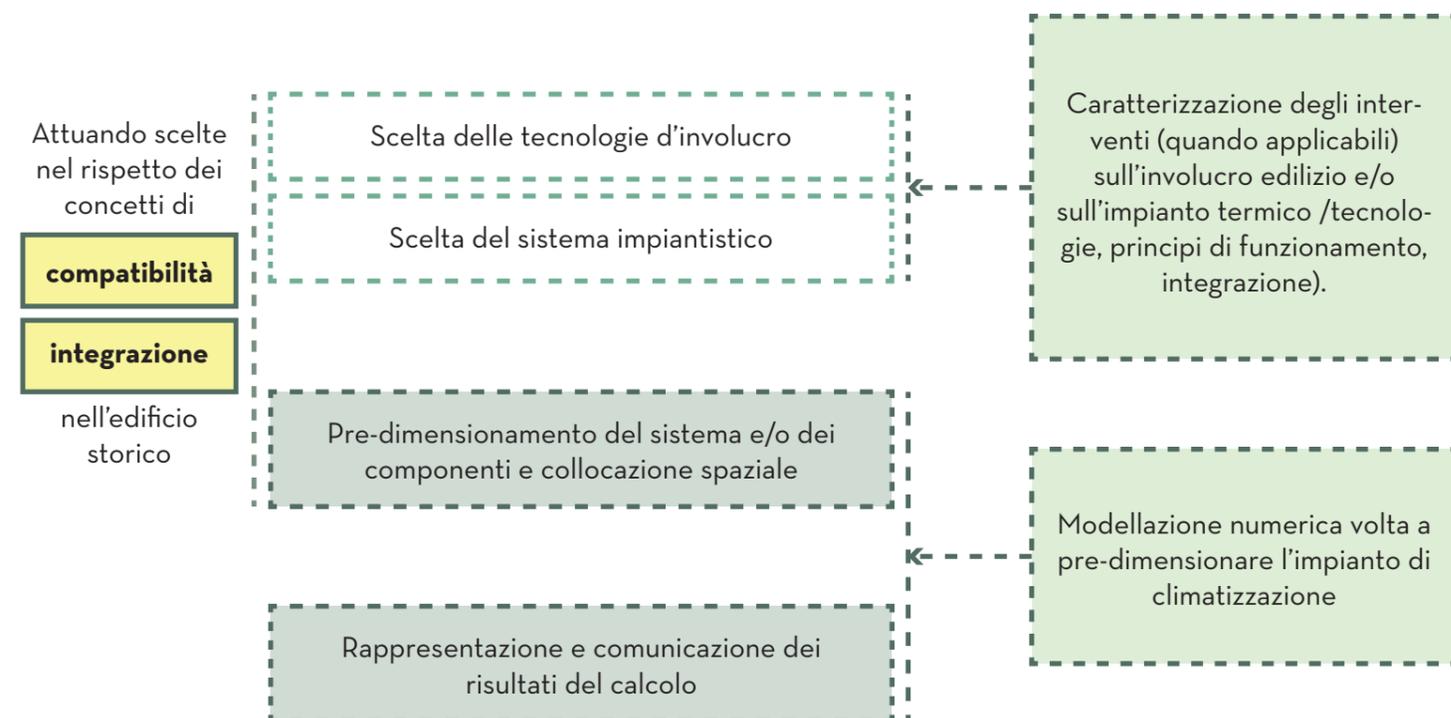
Per tutti i tipi di impianti si può applicare questo tipo di approccio metodologico che dal masterplan, in cui è inserito il quadro delle esigenze e dei requisiti, un concept che conduce alla definizione delle strategie d'intervento nella scelta delle tecnologie che coinvolgono l'involucro edilizio e gli impianti. Ciò porta, come già specificato, al predimensionamento del sistema e/o dei suoi componenti e alla collocazione spaziale all'interno del progetto. E' in questa fase che occorre effettuare delle considerazioni sulla compatibilità degli interventi e sulla loro integrazione nella preesistenza.

In seguito avviene il confronto coi i requisiti progettuali e con i riferimenti normativi.

E' in questa fase che ci si può ricondurre alle *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale*, pubblicate il 4 novembre 2015 dal MiBACT, Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo. Da quanto riportato dal sito del ministero, tali linee di indirizzo forniscono quelle indicazioni per la valutazione e per il miglioramento della prestazione energetica del patrimonio culturale tutelato, facendo riferimento alle norme italiane in materia di risparmio ed efficienza energetica degli edifici. Esse sono state redatte allo scopo di fornire informazione operative a progettisti e tecnici. All'utenza esterna al ministero vengono diffusi dei criteri tecnici per la progettazione degli interventi, calibrati sul rispetto delle specifiche caratteristiche del patrimonio culturale. Tale documento non detta delle soluzioni o metodologie precise di carattere vincolante, perché si considerano le diverse peculiarità dell'edificio soggetto a riabilitazione e le eventuali evoluzioni nel tempo delle tecnologie che possono essere adoperati anche in funzione delle normative che possono essere aggiornate. Anzi, serve a fornire dei criteri guida per la sensibilità del personale coinvolto nelle operazioni per la protezione e la conservazione del bene appartenente al patrimonio culturale, rendendo in modo ottimale, se possibile, la prestazione energetica. All'interno del documento vi sono diverse sezioni che comprendono approfondimenti riguardanti l'analisi del sistema impiantistico esistente in quanto "La conoscenza dei sistemi impiantistici inseriti nell'edificio è un perno fondamentale per la conoscenza dello stato del sistema edifico-impianto e per la definizione degli interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche" questa analisi risulta necessaria, in particolare, negli edifici storici. Questo perché spesso sono dotati di impianti obsoleti che potrebbero essere soggetti a sostituzioni o conservati in qualità di testimonianza del passato e soggetti a interesse storico, dunque recuperati, valorizzati e quando possibile, resi fruibili. La valutazione del riutilizzo è un processo interdisciplinare che vede il coinvolgimento di diversi professionisti competenti che possano dare il proprio parere in campo tecnico e sul trattamento dei beni culturali. Il ministero della cultura fornisce inoltre le linee guida per effettuare una diagnosi energetica degli edifici storici. Il processo di diagnostica energetica è essenziale nella riabilitazione di un edificio, come da norma UNI CEI EN 16247-1:2014 che lo definisce come "la "verifica sistematica ed analisi degli usi e dei consumi di energia di un sito, edificio, sistema o organizzazione con l'obiettivo di identificare e documentare i flussi di energia e il potenziale per miglioramenti di efficienza energetica".

In questa sede, la procedura sistematica si proporrà di definire il bilancio energetico del sistema edificio-impianto per ogni corpo di fabbrica e di valutare le condizioni di benessere termo-igrometrico e di sicurezza necessarie. Per quanto riguarda in modo particolare gli edifici storici, il miglioramento della prestazione energetica richiede talvolta modifiche dell'involucro architettonico in maniera accurata al fine di non pregiudicare il valore documentale del manufatto. Infatti, in accordo con il moderno restauro, si rifiutano sia gli eccessi d'una riprogettazione non sensibile, sia la pratica del puro adeguamento funzionale e prestazionale del manufatto edilizio. Il restauro non deve essere indifferente alle ragioni di una trasformazione che sia lecita e adeguata al bene (ad esempio, in termini di reintegrazione delle lacune, di rimozione delle aggiunte improprie o anche di miglioramento delle proprie prestazioni). Tra le operazioni di tutela troviamo anche l'attribuzione di una funzione appropriata, che garantisca il mantenimento e la durabilità del bene nel tempo (*Dichiarazione di Amsterdam, 1975*).

### 2.2.1 Progetto termico



2.3 Flowchart esplicativo sulla metodologia per l'inserimento dell'impianto termico negli edifici storici

La progettazione dell'impianto termico richiede diversi procedimenti al fine di introdurre le tipologie di impianti che più si adattano al contesto e al caso studio.

Esso deve soddisfare diverse esigenze relative alla destinazione d'uso e all'utenza coinvolta, e allo stesso tempo non deve intaccare lo stato di conservazione, né deve comportare una perdita di valore per il bene culturale in cui va inserito.

Come esplicito nello schema 2.3 ripreso dalle dispense del corso di "Tecniche del controllo ambientale e impianti negli antichi edifici", il progetto termico si divide nei seguenti step:

1: Il progetto trae origine da una necessaria fase di conoscenza dell'esistente e delle epoche storiche in cui il bene può essere collocato. Risulta necessario dunque compiere uno studio ad ampia scala che possa permettere la riqualificazione energetica a scala edilizia, attraverso un'analisi delle risorse energetiche disponibili. Occorre effettuare un rilievo diretto e un approfondimento culturale che servono come guida fondamentale in fase progettuale, perché fondamentali per la ricerca di soluzioni per valorizzare il bene.

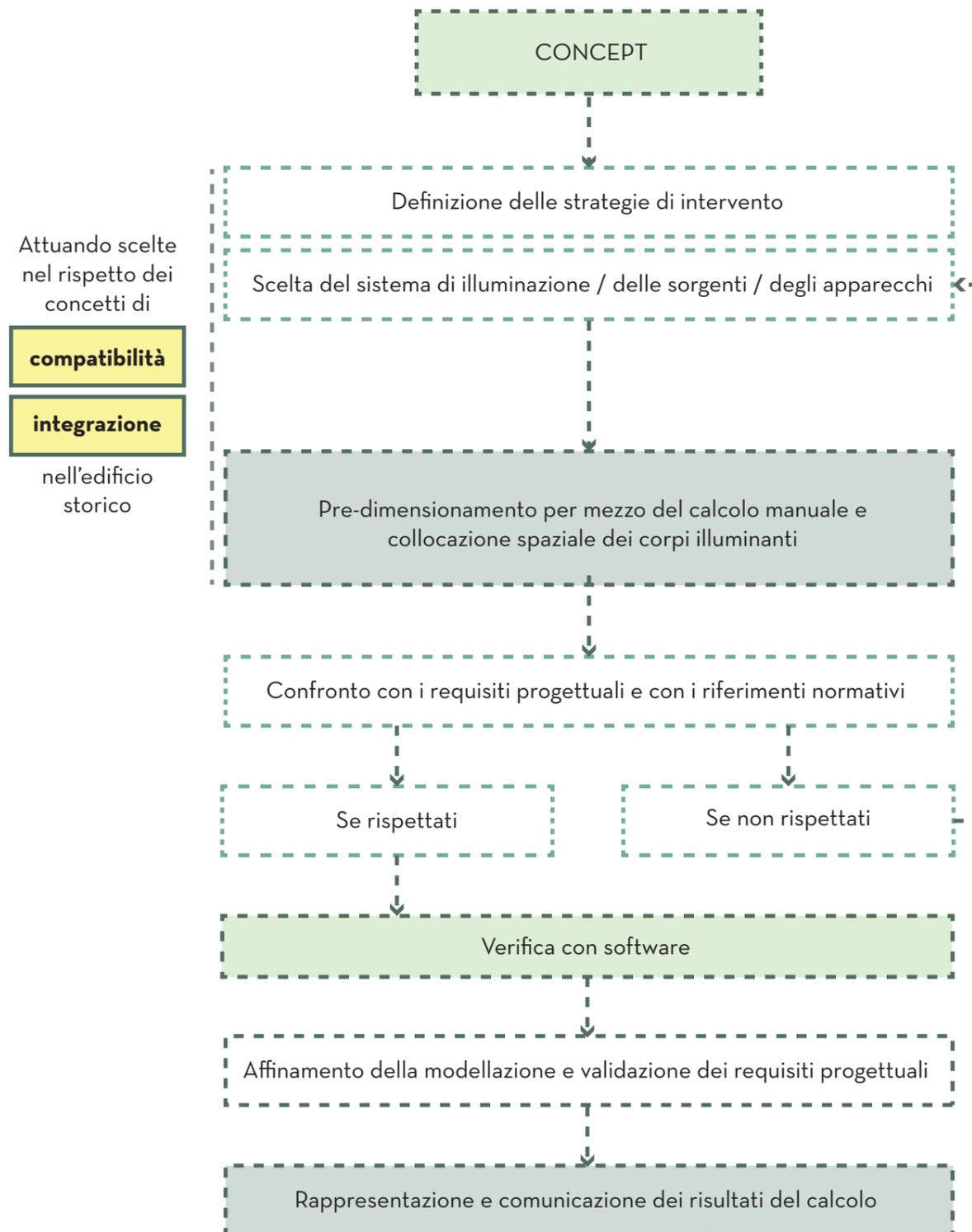
2: Sviluppo dell'idea progettuale: si definiscono i tipi di interventi che devono essere effettuati sia sul sistema passivo caratterizzato dall'involucro edilizio, sia a livello di sistema attivo, ovvero dei nuovi impianti che verranno inseriti all'interno del progetto.

Si sceglie a questo punto il sistema impiantistico da adottare e i componenti di cui deve essere composto lo stesso. In questa fase è necessario applicare una certa sensibilità nel prevedere che i terminali degli impianti non vadano a causare una perdita di valore del bene architettonico, bisogna tenere conto e rispettare i concetti di compatibilità con il bene e di integrazione. Si possono scegliere diversi tipi di componenti che possono integrarsi con la struttura in modo da non apparire a vista, ma che possano comunque rispondere alle esigenze del sito, dove possibile.

3: *Pre-dimensionamento*: Una volta scelto il sistema impiantistico, si può, attraverso una modellazione numerica dell'impianto di climatizzazione, per mezzo di database o operazioni di calcolo a più variabili, pre-dimensionare il sistema e i suoi componenti, prevedendone il comportamento. Si può verificare la sussistenza dei requisiti imposti nel calcolo di progetto ed eventualmente intraprendere azioni migliorative.

4: *Comunicazione dei risultati*: l'ultima fase prevede una rappresentazione dei risultati del calcolo che sia chiara e che completa nel calcolo di tutti i parametri che entrano in gioco nel progetto termico.

## 2.2.2 Progetto illuminotecnico



2.4 Flowchart esplicativo sulla metodologia per l'inserimento dell'impianto d'illuminazione negli edifici storici

La progettazione della luce è un'attività complessa che si compone di una pluralità di fasi, tutte ugualmente importanti e concorrenti nella definizione del risultato complessivo. Il progetto illuminotecnico dovrebbe essere finalizzato al soddisfacimento di esigenze relative all'utenza coinvolta nella fruizione, ma anche alla salvaguardia del bene culturale.

Occorre considerare gli effetti sull'intero contesto, in particolar modo se si interviene in ambienti che presentano spiccate connotazioni architettoniche e paesaggistiche.

Il diagramma 2.4 mostra le fasi per l'elaborazione di un progetto illuminotecnico:

1: Il progetto trae origine da una necessaria fase di conoscenza dell'esistente e delle fasi storiche che hanno interessato la fabbrica e il contesto.

Lo studio della bibliografia e il rilievo diretto saranno non soltanto fonte di conoscenza e approfondimento culturale, ma un elemento fondamentale e parte integrante del progetto stesso. Si pensi ad esempio al rilievo degli impianti storici o delle loro eventuali tracce sull'edificio: la loro conoscenza può essere una guida fondamentale in fase progettuale, suggerendo soluzioni in grado di valorizzare la consistenza storica o di minimizzare l'impatto dei nuovi e necessari interventi impiantistici.

2: Sviluppo dell'idea progettuale: nella prima fase si concretizza in forma di concept ed è finalizzata a comunicare l'effetto percettivo che si desidera ottenere. Anche a una scala ampia, ovvero di un masterplan avente per oggetto il bene architettonico inserito nel contesto territoriale: si formulano considerazioni di carattere generale relative alle relazioni territoriali, alle gerarchie urbane e all'immagine notturna complessiva del sito.

L'aspetto comunicativo e grafico degli elaborati è fondamentale al fine di trasmettere alla committenza, in modo chiaro ed efficace, l'idea progettuale e il messaggio che il progetto desidera trasmettere. Occorre applicare creatività e sensibilità culturale attraverso una lente di tipo tecnico sulla fattibilità delle soluzioni proposte, sia in termini di tecnologie disponibili che di economicità e gestione dell'intervento.

3: Lo sviluppo dell'idea progettuale prevede di perseguire determinati obiettivi, derivanti dalla definizione di un quadro di esigenze e requisiti, definiti in coerenza con lo studio dell'utenza coinvolta e la normativa in materia. Il quadro di risultati attesi che ne deriva costituirà il riferimento con cui confrontare le elaborazioni di calcolo, al fine di verificarne la corrispondenza.

4: Vi è poi una fase di pre-dimensionamento per mezzo di calcoli manuali e collocazione spaziale.

5. Se i risultati del pre-dimensionamento, una volta confrontati con i requisiti progettuali e con i riferimenti normativi, sono rispettati, si procede con una valutazione quantitativa con software di

simulazione e calcolo illuminotecnico. Altrimenti occorre rielaborare le scelte prese per i sistemi di illuminazione.

6: Confronto critico dei risultati ottenuti dalle simulazioni di calcolo con i requisiti di progetto definiti in una fase iniziale che vengono validati e rappresentati.

Il progetto illuminotecnico si concretizza così nella capacità di sintesi tra più competenze, che possono essere di tipo tecnico-scientifico, illuminotecnico, storico-architettonico, di sensibilità artistica e creatività.

Infine si tratta di rappresentare il progetto dell'illuminazione. L'iter progettuale che conduce dalla comunicazione di un'idea di luce alla progettazione di dettaglio del sistema tecnologico e alla verifica dei risultati necessita di confrontarsi con la rappresentazione grafica del progetto stesso, per comunicare la propria idea e i risultati quantitativi, anche ad un pubblico non esperto. Comunicare la luce può essere un compito arduo. La luce è a tutti gli effetti un materiale, uno strumento a supporto dell'intervento di restauro e valorizzazione di un bene storico architettonico, ma, a differenza degli altri mezzi, è un segno effimero, che non si può direttamente né vedere, né toccare, né sentire.

L'idea va comunicata molto chiaramente e la comprensione deve essere immediata. Si deve narrare l'effetto che si desidera ottenere nella distribuzione spaziale, le relazioni tra la luce e il bene culturale in questione, i percorsi, le gerarchie che si vogliono sottolineare al fine di valorizzarlo.

Una delle tecniche più utilizzate e che risulta più efficace è il disegno a mano libera. Si devono fornire indicazioni anche tecniche in merito a direzionalità, ampiezza, punto di origine dei fasci luminosi, colore della luce, sfruttando l'inserimento nel disegno di segni grafici come frecce, coni, sfumature e brevi didascalie testuali

La comunicazione dell'idea progettuale può avvenire anche attraverso elaborazioni grafiche eseguite a computer. In questo caso una tecnica molto diffusa consiste nel rielaborare in post produzione delle fotografie o dei modelli tridimensionali (grazie a programmi tipo Photoshop®), sovrapponendo un layer volto a restituire l'effetto percettivo e la distribuzione spaziale della luce. È possibile anche utilizzare direttamente software di modellazione tridimensionale che permettono una renderizzazione foto realistica senza bisogno di effettuare modifiche in post-produzione, ma con tempi di elaborazione prolungati. A seconda della scelta del software varierà l'accuratezza del risultato e la coerenza al comportamento fisico della luce.

Una volta comunicato l'effetto percettivo spaziale che si desidera ottenere, sarà necessario esplicitare, attraverso disegni tecnici, i dettagli del progetto e le caratteristiche tecniche del sistema di illuminazione. Rappresentazioni in pianta, sezioni e prospetti a cui sovrapporre informazioni relative al posizionamento degli apparecchi di illuminazione e di altri eventuali sistemi impiantistici connessi, oltre che ulteriori specificazioni come coni di luce per fornire indicazioni quali l'apertura del fascio, la direzionalità, la temperatura di colore della luce, o verifiche per evitare l'abbagliamento.

La fase di simulazione e calcolo illuminotecnico è finalizzata alla valutazione quantitativa dei risultati e al confronto di questi ultimi con i requisiti di progetto definiti in fase iniziale.

In questo caso la rappresentazione dovrà esplicitare i risultati di calcolo e la tipologia di rappresentazione più utilizzata e comunicativa è quella che sfrutta mappature in falsi colori di valori di illuminamento o luminanze.

### 2.3 Normativa di riferimento sui requisiti di qualità dell'ambiente interno

Secondo il documento ministeriale (MiBACT, *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale*, pubblicate il 4 novembre 2015) che concerne le linee guida e i criteri per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale, si possono definire alcune esigenze riguardanti il comfort termico, visivo, acustico e la qualità dell'aria. Di seguito vengono riportati tali concetti, estrapolati dalle Linee guida ministeriali:

#### *Comfort termico*

"Come ben noto, dal punto di vista oggettivo le condizioni di comfort termico globale si valutano con l'indice PMV, Voto Medio Previsto, che rappresenta il voto che mediamente un soggetto attribuirebbe all'ambiente termico al quale è esposto sulla scala di sensazione ASHRAE ed è la sintesi tra la valutazione oggettiva e quella soggettiva del comfort in quanto correla i risultati di sperimentazioni su persone con quelli ottenuti dal bilancio di energia sul corpo umano. Il PMV, il cui valore si calcola con l'uso di appositi programmi di calcolo, è espresso in funzione di sei parametri, dei quali quattro sono oggettivi (temperatura dell'aria, pressione parziale di vapore, velocità relativa dell'aria, temperatura media radiante) e due soggettivi (metabolismo energetico e isolamento termico dell'abbigliamento). All'indice PMV è correlato l'indice PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti). Il discomfort termico locale è dovuto a disuniformità delle variabili ambientali; le cause di discomfort localizzato sono sostanzialmente quattro: elevata differenza verticale della temperatura dell'aria; pavimento troppo caldo o troppo freddo; correnti d'aria; elevata asimmetria della temperatura media radiante". I parametri PMV e PPD si riferiscono ad ambienti che sono controllati meccanicamente.

Per valutare invece il comfort termico in un ambiente non climatizzato, occorre basarsi sul concetto di "comfort adattivo", codificato dalla norma UNI EN 16798:2019. Tale modello propone una correlazione tra la temperatura di comfort per gli occupanti di un edificio e la temperatura dell'aria esterna. Il concetto di base è il processo per il quale il corpo umano si adatta automaticamente al clima stagionale e locale di un ambiente non climatizzato. In altri termini, un individuo posto in un ambiente qualsiasi senza impianto raggiunge più facilmente condizioni di benessere se può agire sui sistemi di controllo ambientale in grado di cambiare il microclima interno in relazione alle proprie sensazioni. A supporto del modello adattivo, occorre riferirsi al concetto di temperatura operante. Essa si può definire come "il valore che rappresenta la temperatura uniforme di un ambiente nel quale un occupante

scambierebbe per irraggiamento e convezione la stessa potenza termica scambiata nell'ambiente in esame termicamente non uniforme". Si tratta di un parametro fittizio di cui ci si serve per semplificare le condizioni reali. La temperatura operante è legata alle sensazioni termiche e al benessere che un individuo ha all'interno di un'area. Tale parametro risulta come la media del valore della temperatura dell'aria interna e della temperatura media radiante di un locale.

Il modello di comfort adattivo si basa sulla definizione di una temperatura e di una fascia di comfort, combinando insieme a temperatura operante di una stanza non climatizzata, le condizioni climatiche medie esterne e la sensazione di benessere da parte dei fruitori dell'ambiente.

#### *Comfort visivo*

"Per la valutazione del comfort visivo negli ambienti di lavoro si fa riferimento alle norme UNI EN 12464-1:2011 e UNI CEN/TR 16798:2019; per gli edifici residenziali non ci sono particolari prescrizioni. In particolare, la norma UNI CEN/TR 16798:2018 riporta in un'appendice informativa alcuni valori di illuminamento mantenuto, indice di abbagliamento e resa cromatica per diverse destinazioni d'uso degli ambienti".

#### *Comfort acustico*

"Tra tutti gli aspetti della qualità ambientale negli ambienti confinati non industriali, il comfort acustico è sicuramente quello più regolato da leggi: si pensi al DPCM 14 novembre 1997, che impone limiti di immissione sonora da sorgenti esterne all'ambiente al fine di limitare l'inquinamento acustico, o al DPCM 5 dicembre 1997 sui requisiti acustici passivi degli edifici, che prende in considerazione anche il problema del rumore prodotto dagli impianti tecnologici presenti nell'edificio, problematica esaminata anche nella norma UNI CEN/TR 16798-1:2019. La trasmissione di energia tra ambienti chiusi può avvenire sia a causa di una sorgente sonora che mette in vibrazione l'aria in un ambiente e la trasmette a un altro, sia a causa di impatti o vibrazioni causate da sorgenti a diretto contatto con le strutture. Ne deriva che per valutare l'ambiente dal punto di vista acustico, è necessario determinare indicatori che sono riferiti sia alla struttura che alle sorgenti disturbanti presenti in ambiente. La norma UNI CEN/TR 16798:2019 fornisce alcuni valori di progetto relativi al livello di pressione sonora per diverse destinazioni d'uso degli ambienti".

#### *La qualità dell'aria*

"La qualità dell'aria all'interno degli ambienti, anche detta IAQ (Indoor Air Quality) è importante per due motivi: garantire il comfort dal punto di vista olfattivo e salvaguardare la salute degli occupanti tenendo sotto controllo il livello di inquinanti. Per ottenere una buona qualità dell'aria sono disponibili più tecniche, ma essenzialmente, è necessario ventilare gli ambienti, naturalmente o meccanicamente. A questo proposito va sottolineato che per ventilazione naturale si intende quella ottenuta con sistemi basati su differenze di temperatura o di pressione, che quindi non va confusa con l'aerazione, che è la semplice apertura di porte e finestre".

I quattro indici descritti sono quelli dell'IEQ (Indoor Environmental Quality), ovvero l'insieme dei parametri che definiscono la qualità ambientale di un'area confinata. La IEQ è frutto sia delle soluzioni progettuali (scelta dei materiali costruttivi, soluzioni architettoniche e degli arredi), sia dalla scelta della regolazione ed efficienza degli impianti tecnici per il riscaldamento, raffrescamento e ventilazione. Tutti questi aspetti interagiscono fra di loro e hanno delle conseguenze sul comfort dell'ambiente interno e sul consumo di energia di un edificio. Questi indici sono fondamentali perché spiegano il dispendio energetico di un manufatto edilizio e la sua classificazione energetica e allo stesso tempo influiscono sulla produttività e la salute degli occupanti.

Secondo un articolo pubblicato su *Building and Environment* (2012), dal titolo *IEQ assessment on schools in the design stage*, "Tra le varietà delle costruzioni e le loro destinazioni, un posto particolare è occupato dalle scuole, dove i bambini passano la maggior parte del loro tempo. Nella progettazione degli edifici scolastici, le scelte sono compiute al fine di assicurare la costruzione di ambienti di apprendimento di qualità. Il comfort degli studenti e le loro attività devono essere una priorità nella progettazione di una scuola". Inoltre, secondo tale studio, la domanda pubblica per migliorare lo spazio dedicato all'educazione dei bambini è in costante aumento. L'articolo prosegue affermando che "nella maggior parte dei casi, la fase di progettazione di un nuovo edificio o il recupero di vecchi edifici implica un'analisi dell'energia richiesta, ma una progettazione corretta dovrebbe includere anche la valutazione IEQ in questa fase iniziale del progetto. Architetti e ingegneri hanno bisogno di utili indicazioni sui parametri di progettazione degli edifici. In realtà, una delle soluzioni più affidabili per prevedere le condizioni interne è la simulazione dinamica dell'edificio per prevedere l'impatto della progettazione e capire meglio i problemi che questa comporta. Prima o durante la progettazione, devono essere proposte diverse soluzioni, ma la complessità dell'analisi dei dati rallenta questo processo

di ottimizzazione e ricerca.

La soluzione a questo problema è quella di sviluppare modelli per ottenere simulazioni o misurazioni sperimentali. Le previsioni semplificano gli studi parametrici e costituiscono gli strumenti per ottimizzare il consumo energetico degli edifici rispetto alle condizioni ambientali interne". Per fare un'ipotesi di pre-dimensionamento degli impianti di climatizzazione, si può ricorrere al calcolo del carico termico, un'equazione che coinvolge diversi parametri che influiscono sull'aspetto termico di un'area, mentre per supporre il comportamento di un ambiente dotato di un'illuminazione che possa attestare il comfort visivo, si possono usare software come Dialux che fornisce output riguardanti i valori richiesti.

Altre utili indicazioni sui parametri che le varie professionalità coinvolte nella progettazione devono rispettare sono fornite dai requisiti normativi.

Essi permettono di garantire dei livelli di comfort termico, comfort visivo e di qualità dell'aria in modo da assicurare il benessere dell'utenza che fruisce dei vari ambienti.

In questo capitolo verranno analizzati i requisiti riguardanti gli impianti termico e illuminotecnico.

#### *Requisiti normativi - comfort termico*

E' la norma UNI EN 16798:2019 che stabilisce i requisiti per ottenere un comfort termico da verificare in condizioni di esercizio. Occorre precisare che è necessario valutare il microclima per capire a quali indici occorre fare riferimento in base al contesto locale. Il microclima comporta diverse grandezze ambientali e personali che possono essere misurate. Con tali valori di riferimento ci si vuole avvicinare il più possibile al benessere termico, riducendo sbalzi termici che possono creare stress. Per convenzione esistono tre tipi di ambienti: moderati, severi caldi e severi freddi. Il caso studio fa parte degli ambienti moderati, per cui le condizioni ambientali si mantengono quasi costanti nel tempo, sollecitano quindi in maniera limitata il sistema di termoregolazione.

Negli ambienti termici moderati, si può misurare il grado di disagio dei lavoratori, la percezione termica soggettiva che non richiede condizioni diverse da quelle esistenti.

Per mantenere artificialmente le condizioni termoigrometriche e di qualità dell'aria desiderate all'interno degli ambienti, si utilizzano gli *impianti di climatizzazione*. La normativa di riferimento è la UNI EN 12831:2018 per quanto riguarda il dimensionamento degli impianti di riscaldamento, mentre la norma UNI EN 10339:1995 fornisce requisiti di progetto per la ventilazione degli ambienti. Gli impianti di climatizzazione controllano i carichi termici, sensibili e latenti e i carichi inquinanti. In particolare consentono la gestione di una o più grandezze, come la temperatura dell'aria, umidità relativa e gli inquinanti. Nel periodo freddo gli impianti di riscaldamento controllano solamente la temperatura dell'aria, mentre gli impianti di condizionamento svolgono il controllo della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria, in genere lungo tutto l'anno. L'edificio costituisce un sistema termodinamico definito dal volume dell'aria interna all'involucro edilizio. Il sistema termodinamico è definito di tipo "aperto" perché di fatto avvengono sempre scambi di massa (aria umida) tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno, scambi che possono avvenire attraverso le aperture presenti sull'involucro edilizio.

### Requisiti normativi - comfort visivo

Per garantire il comfort visivo nei locali progettati, occorre riferirsi alla normativa che specifica i requisiti generali da seguire per ottenere un'illuminazione artificiale ottimale e gestire quella naturale in modo da assicurare benessere e sicurezza.

La normativa che fornisce i requisiti da rispettare varia a seconda delle destinazioni d'uso degli ambienti.

Riguardo agli edifici adibiti a funzioni didattiche, le attività che vengono svolte all'interno prevedono un impegno della vista importante, che sia di concentrazione sulla lettura e sulla scrittura, su un banco o alla lavagna. Il sistema di illuminazione deve quindi definire degli interventi che possano migliorare il comfort e la produttività di chi usufruisce degli spazi.

Per quanto riguarda la norma che garantisce il comfort visivo nelle aule scolastiche e negli altri locali annessi alla funzione di istituto d'istruzione, occorre rifarsi alla UNI 10840:2007. Tale norma detta le prescrizioni per l'illuminamento artificiale e naturale dei locali scolastici che vengono usati durante l'arco della giornata.

In generale, la norma UNI EN 12464:2011 riguarda l'illuminazione nei luoghi di lavoro interni.

I requisiti illuminotecnici devono soddisfare tre esigenze fondamentali per garantire benessere all'utenza coinvolta:

- la sensazione di benessere;
- la prestazione visiva da parte degli studenti e dei lavoratori che devono poter svolgere le attività richieste dalla struttura anche in condizioni non ottimali e per un periodo di tempo abbastanza lungo;
- la sicurezza;

I parametri che devono essere considerati sono molteplici, come la luminanza, la direzione della luce, la resa cromatica o l'abbagliamento.

La normativa predispone anche la presenza dell'adeguata illuminazione di emergenza.

La normativa specifica anche l'importanza della valorizzazione degli ambienti tramite la luce naturale: "l'illuminazione naturale deve essere utilizzata nella maggiore misura possibile al fine di favorire il benessere psico-fisico degli occupanti e ridurre il consumo energetico.

Alle superfici vetrate è demandata la duplice funzione di consentire il contatto visivo con l'ambiente esterno e di realizzare una soddisfacente distribuzione delle luminanze nell'ambiente interno".

Di seguito si riporta la tabella con i valori di riferimento secondo la normativa UNI 10840:2007 per i diversi ambienti scolastici.

| Zona/Compito                      | $E_m$<br>[lx] | UGR <sub>L</sub><br>[-] | U <sub>0</sub><br>[-] | R <sub>a</sub><br>[-] | Requisiti specifici   |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| Aule scolastiche                  | 300           | 19                      | 0,6                   | 80                    | Raccomandata regolazione e/o parzializzazione impianto            |
| Aule corsi serali                 | 500           | 19                      | 0,6                   | 80                    | Raccomandata regolazione e/o parzializzazione impianto            |
| Lavagne e schermi bianchi o verdi | 500           | 19                      | 0,7                   | 80                    | Evitare riflessi speculari. Presentatori illuminati verticalmente |
| Aule disegno tecnico              | 750           | 16                      | 0,70                  | 80                    | -   |
| Laboratori informatica            | 300           | 19                      | 0,6                   | 80                    | Per postazioni con videotermini vedere EN ISO 9241-307:2009       |
| Ingressi                          | 200           | 22                      | 0,4                   | 80                    | -   |
| Corridoi                          | 100           | 25                      | 0,4                   | 80                    | -   |
| Scale                             | 150           | 25                      | 0,4                   | 80                    | -   |
| Aula magna                        | 200           | 22                      | 0,4                   | 80                    | -   |
| Sala professori                   | 300           | 19                      | 0,6                   | 80                    | -   |
| Mensa                             | 200           | 22                      | 0,4                   | 80                    | -   |
| Palestra e piscina                | 300           | 22                      | 0,6                   | 80                    | Per attività specifiche vedere UNI EN 12193:2019                  |
| Magazzini                         | 100           | 25                      | 0,4                   | 80                    | -   |

2.5 Tabella dei valori di riferimento da UNI 10840:2007

Dove  $E_m$  si riferisce all'illuminamento medio mantenuto, espresso in lux; l'UGR indica il fattore di abbagliamento;  $U_0$  rappresenta l'uniformità di illuminamento, mentre  $R_a$  è la resa cromatica delle sorgenti artificiali.

Di seguito si indicano le specifiche dei parametri fisici coinvolti nello studio del comfort ambientale.

*Grandezze fotometriche* (utili a valutare il fenomeno luminoso in termini oggettivi):

- *Flusso luminoso*: quantità di energia luminosa emessa da una sorgente nell'unità di tempo. Si esprime in lumen [lm].
- *Intensità luminosa*: Flusso luminoso emesso da una sorgente puntiforme per unità di angolo solido in una determinata direzione. Si esprime in candele [cd].
- *Luminanza*: rapporto tra flusso luminoso emesso o riflesso da una superficie luminosa, per unità di angolo solido, in una determinata direzione, e la superficie emittente proiettata su un piano perpendicolare alla direzione stessa. Si esprime in candele al metro quadro [cd/m<sup>2</sup>].
- *Illuminamento (E)*: rapporto tra il flusso luminoso incidente su una superficie elementare e l'area della superficie elementare stessa. Si esprime in lux [lx].

*Parametri fondamentali che caratterizzano l'ambiente luminoso:*

- *Compito visivo*: insieme degli elementi visivi (dimensioni della struttura, contrasto e durata) che riguardano il lavoro effettuato.
- *Zona del compito*: parte del posto di lavoro nella quale viene svolto il compito visivo
- *Zona immediatamente circostante*: fascia di 0.5m intorno alla zona del compito
- *Distribuzione delle luminanze*: è necessario evitare contrasti di luminanze troppo elevati o troppo bassi al fine di aumentare il comfort visivo.
- *Illuminamento medio (Em)*: valore che deve essere mantenuto per garantire il comfort visivo, e riguardano le superfici di riferimento nella zona del compito visivo.
- *Abbagliamento molesto*: impedisce una visione corretta del compito visivo. Deve essere valutato utilizzando l'indice unificato di abbagliamento UGR.
- *Apparenza del colore*: si riferisce al colore apparente della luce emessa ed è definita dalla *temperatura di colore correlata*, che è la cromaticità della luce emessa da una sorgente, espressa attraverso la temperatura assoluta [K]:
  - W (warm) luce bianco calda, minore di 3000 K
  - N (intermediate) luce bianco neutra, da 3300 a 5300 K
  - D (daylight) luce bianchissima maggiore di 5300 K

- *Resa del colore (Ra)*: è un indice che definisce la capacità di una lampada a restituire in modo adeguato i colori. Il valore massimo è 100 e diminuisce al diminuire della qualità della resa del colore.
- *Fattore di manutenzione*: deve essere stabilito dal progettista in base alle caratteristiche di impianto (apparecchi, ambiente, programma di manutenzione).

*Parametri fondamentali che caratterizzano il benessere termico di carattere ambientale:*

- *Temperatura dell'aria (t<sub>a</sub>)*: temperatura dell'ambiente intorno all'individuo [°C]
- *Temperatura media radiante (t<sub>m,r</sub>)*: temperatura uniforme di una cavità nera in cui gli occupanti scambierebbero per irraggiamento la stessa energia termica che scambierebbero in un ambiente reale.
- *Velocità dell'aria (v<sub>a</sub>)*: velocità media dell'aria percepita da una persona seduta [m/s]
- *Umidità relativa dell'aria (Ψ)*: Rapporto della massa di vapore contenuta in una miscela e la massa di vapore di vapore contenuta nella stessa miscela in condizione di saturazione a pari temperatura. Calcolata in percentuale.

*Valori che caratterizzano il benessere termico di carattere individuale:*

- *Metabolismo energetico (M)*: Si basa sull'attività svolta dal soggetto, potenza riferita all'unità di superficie corporea
- *Resistenza termica dell'abbigliamento (clo)* : reciproco della conduttanza convettiva unitaria abito-aria, è espresso in unità m<sup>2</sup>K/W.

*Parametri fisici finalizzati al calcolo del carico termico di progetto invernale:*

Per carico termico invernale si intende la massima potenza termica che l'edificio disperde verso l'ambiente esterno. La conoscenza di questa grandezza consente di dimensionare un impianto di riscaldamento che mantenga all'interno dello spazio occupato condizioni confortevoli, il che significa garantire un determinato valore di temperatura dell'aria all'interno dell'involucro edilizio. Tale stima permette la determinazione dei massimi carichi termici nella condizione statisticamente più sfavorevole dal punto di vista delle sollecitazioni termiche esterne, sulla base della quale condizione si dimensionano i terminali dell'impianto. Non vengono considerati gli apporti termici interni latenti (persone, apparecchi di illuminazione, attrezzature elettriche,...) e nemmeno gli apporti termici di origine solare. Si calcolano solamente i carichi termici dovuti alla ventilazione e alla trasmissione di calore attraverso i componenti edilizi.

Tra i dati di ingresso che permettono il calcolo del carico termico invernale troviamo:

- *Trasmittanza termica dei componenti edilizi ( $U_k$ )*: Flusso termico che, in condizioni stazionarie, attraversa una superficie di area unitaria per differenza di temperatura unitaria tra un ambiente esterno ed uno interno.
- *Trasmittanza termica addizionale dovuta ai ponti termici ( $\Delta U_{TB}$ )*: I ponti termici sono parti dell'involucro in cui vi sono delle discontinuità di forma o di materiale tali per cui si possono verificare un incremento di dispersioni termiche globali dell'edificio, un discomfort termico locale causato dalla disuniformità della distribuzione superficiale della temperatura e della minore temperatura media radiante, la presenza di condensa superficiale in corrispondenza del ponte termico e dei conseguenti problemi strutturali dovuti al degrado dei materiali.
- *Fattore di correzione della temperatura per gli ambienti adiacenti alla zona considerata ( $f_{x,k}$ )*: fattore di correzione dello scambio termico tra ambienti climatizzato e non climatizzato, diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia diversa da quella dell'ambiente esterno.
- *Tasso di ricambio orario dell'aria nella zona ( $n$ )*: la norma UNI 10339:1995 fornisce indicazioni riguardo i volumi d'aria che l'ambiente interno deve scambiare con quello esterno in base alle destinazioni d'uso.
- *Temperatura interna di progetto interna della zona ( $\theta_{int,i}$ )*: è la temperatura dell'aria interna del locale del quale si vuole effettuare il calcolo del carico termico. E' detta di progetto perché è un valore fissato da legge. La legge differenzia le temperature interne di progetto a seconda delle destinazioni d'uso degli edifici e, all'interno di uno stesso edificio, fa anche differenze per i diversi locali.

### III

*Applicazione dell'approccio metodologico per il sistema degli impianti al caso studio*

Questo capitolo tratterà dell'applicazione dell'approccio metodologico, analizzato in maniera teorica nel capitolo precedente, al caso studio degli edifici storici riqualificati siti in Marsiglia.

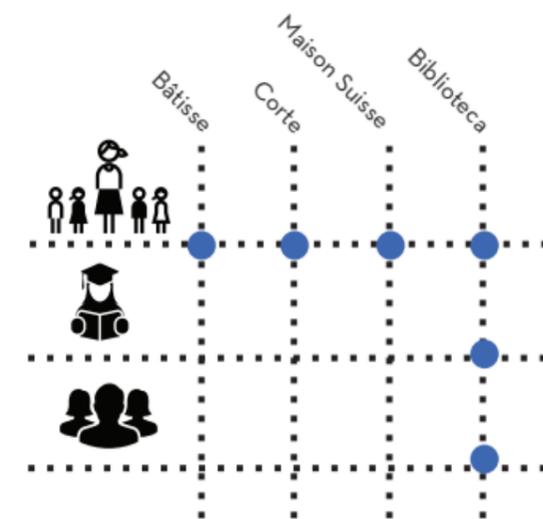
Nello specifico, sono stati studiati gli impianti termico e illuminotecnico.

Dopo aver effettuato un approfondimento sul quadro delle esigenze e dei requisiti, sono stati elaborati i masterplan per l'impianto termico e di illuminazione per ogni ambiente.

Infine, tenendo conto dei requisiti normativi, si è proceduto con il calcolo del carico termico per un'aula dedicata alla didattica e la verifica dei requisiti d'illuminazione per la struttura ex novo della passerella.

### 3.1 Quadro delle esigenze e dei requisiti

Per la definizione del quadro di esigenze e requisiti riguardante il caso studio di tipo riabilitativo degli edifici appartenenti ad una parcella dell'Ilot Farel di Marsiglia, si sono innanzitutto stabilite le utenze coinvolte nella fruizione della nuova destinazione d'uso scelta per i manufatti esistenti. Di seguito riportate in uno schema riassuntivo:



3.1 Schema delle utenze

Tale diagramma è inteso a specificare, in maniera riassuntiva, il tipo di utenza per ogni edificio. Nello specifico, alla Batisse (edificio principale che ospiterà le funzioni di accoglienza, amministrazione, mensa e aule didattiche), alla corte e alla Maison Suisse (i cui locali hanno funzione di aule didattiche) avranno accesso gli allievi, i docenti, lo staff addetto alla mensa (solo per la Batisse), il personale amministrativo, i genitori, eventuali ospiti esterni e gli addetti alla manutenzione.

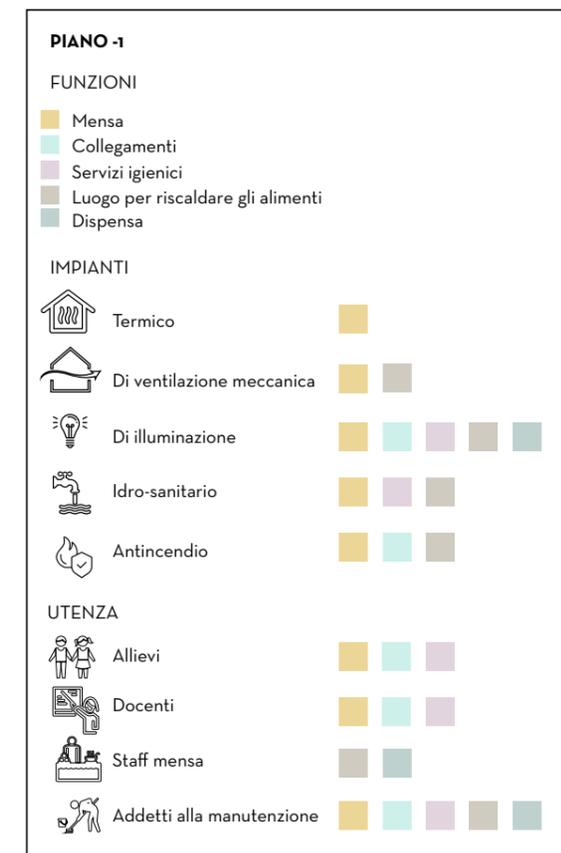
Per quanto riguarda invece la Biblioteca, l'ingresso sarà possibile sia agli allievi, agli insegnanti e ai genitori direttamente dall'interno della parcella, ma anche a studenti esterni, associazioni che vogliono approfittare dello spazio al piano terra per eventuali conferenze o esibizioni, a un eventuale pubblico e agli addetti alla manutenzione, ingresso garantito direttamente da rue Bel Air.

Stabiliti i bacini d'utenza è stato possibile redigere il quadro delle esigenze e dei requisiti, di seguito riportato nella tabella 3.6, in base alle zone individuate e alle funzioni collegate.

|                   |  | <b>Bâtisse</b> |             | <b>Maison Suisse</b> |              | <b>Biblioteca</b> |                                |
|-------------------|--|----------------|-------------|----------------------|--------------|-------------------|--------------------------------|
|                   |  | Mensa          | Accoglienza | Aule didattiche      | Collegamenti | Sala da lettura   | Sala esibizioni/<br>conferenze |
| <b>UTENZA</b>     | Allievi della scuola                                   | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Docenti  | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Personale addetto alla mensa                           | ●              | ●           |                      |              |                   |                                |
|                   | Genitori   |                | ●           |                      | ●            |                   | ●                              |
|                   | Personale scolastico                                   | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Addetti alla manutenzione                              | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Studenti e enti esterni                                |                |             |                      |              | ●                 | ●                              |
| <b>CRITICITA'</b> | Assenza di valorizzazione degli aspetti architettonici |                |             |                      |              | ●                 | ●                              |
|                   | Assenza di sistemi impiantisti appropriati             | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Fruibilità difficoltosa                                |                |             |                      | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Esposizione solare parziale                            |                |             |                      |              | ●                 | ●                              |
|                   | Presenza di degradi consistenti                        |                |             |                      |              | ●                 | ●                              |
| <b>ESIGENZE</b>   | Valorizzazione degli aspetti architettonici            | ●              | ●           | ●                    |              | ●                 | ●                              |
|                   | Assicurare comfort visivo                              | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Garantire comfort termico                              | ●              | ●           | ●                    |              | ●                 | ●                              |
|                   | Comfort acustico                                       |                |             | ●                    |              | ●                 | ●                              |
|                   | Comfort qualità dell'aria                              | ●              | ●           | ●                    |              | ●                 | ●                              |
|                   | Piena accessibilità a tutti gli ambienti               | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Garantire la sicurezza all'utenza                      | ●              | ●           | ●                    | ●            | ●                 | ●                              |
| <b>REQUISITI</b>  | Illuminamento omogeneo                                 | ●              | ●           | ●                    | ●            |                   | ●                              |
|                   | Illuminazione su piano utile                           | ●              | ●           | ●                    |              | ●                 |                                |
|                   | Illuminazione d'accento su elementi da valorizzare     |                |             | ●                    |              | ●                 | ●                              |
|                   | Assorbimento acustico                                  |                |             | ●                    |              | ●                 | ●                              |
|                   | Aerazione/ventilazione                                 | ●              |             |                      | ●            | ●                 | ●                              |
|                   | Riscaldamento invernale                                | ●              | ●           | ●                    |              |                   | ●                              |
|                   | Raffrescamento estivo                                  | ●              | ●           | ●                    |              |                   |                                |

3.2 Quadro delle esigenze e dei requisiti per le zone evidenziate

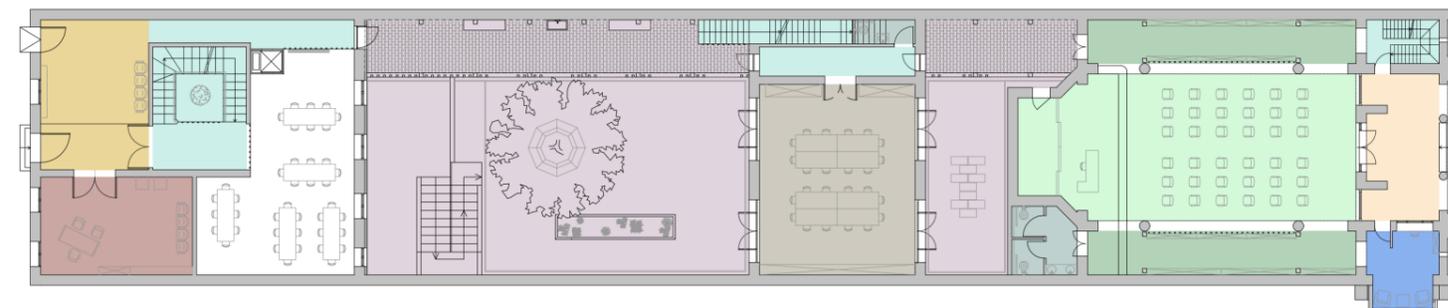
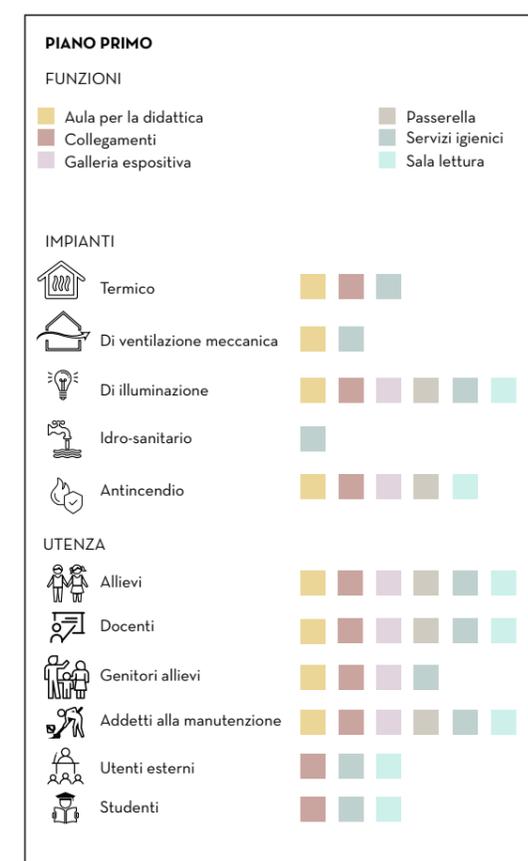
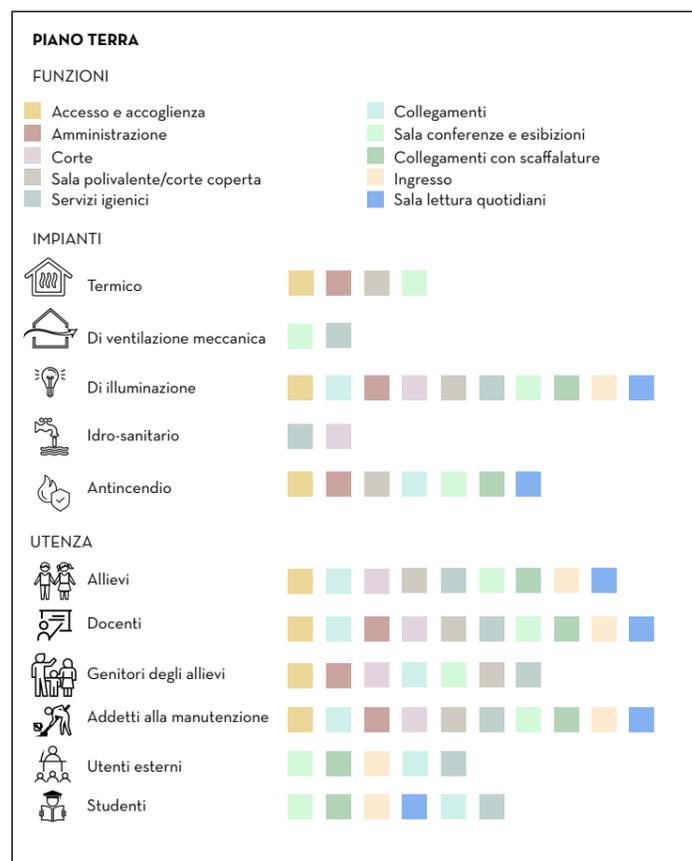
Di seguito si riportano le esigenze di tipo impiantistico per ogni zona individuata con le diverse funzioni, per ogni piano del complesso degli edifici. Saranno presentati dei quadri di esigenze impiantistiche relative ai diversi ambienti che necessitano in maniera generale di impianto termico (riscaldamento, raffreddamento, ventilazione), impianto idrico, elettrico e antincendio. Successivamente verranno analizzati nello specifico l'impianto termico e elettrico per mezzo di due masterplan che evidenzieranno le esigenze per ogni locale e infine la definizione dei requisiti normativi da soddisfare.



*3.3 Previsioni impiantistiche piano interrato*

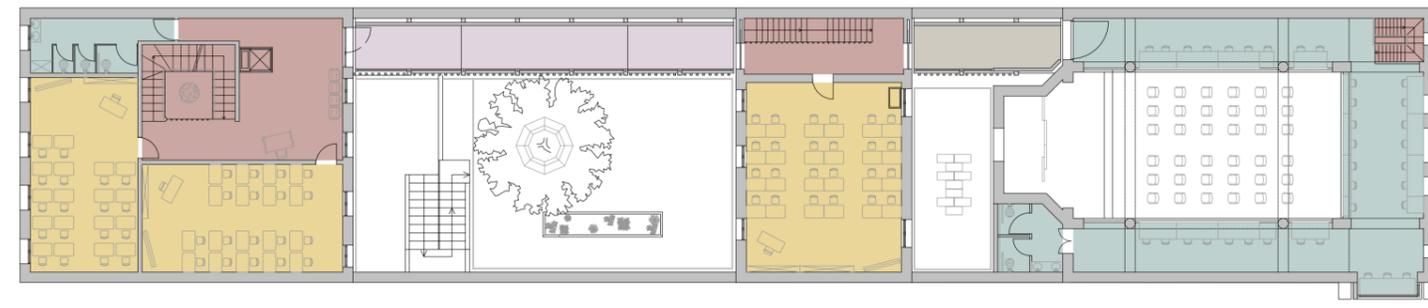
La figura 3.3 mostra le esigenze impiantistiche per il piano ricavato dallo spazio delle cantine esistenti. Si noti come sia necessario un impianto di ventilazione che permetta un ricambio d'aria per le zone adibite alla somministrazione di alimenti (in ocra). L'impianto idrico è fondamentale per i servizi igienici (in viola) e per il luogo che serve per riscaldare i pasti che proverranno dall'esterno e raggiungeranno la zona per mezzo dell'ascensore ivi collocato, che serve tutti i piani.

Lo zona adibita al posizionamento delle centrali degli impianti può essere quello spazio posto nella dispensa.



3.4 Previsioni impiantistiche piano terra

Per quanto riguarda il piano terra, come mostrato nella pianta dell'immagine 3.4, il prospetto degli impianti risulta più complesso. I terminali dell'impianto termico devono essere posizionati nelle zone con più permanenza dell'utenza, quindi nell'area di accoglienza, amministrazione, nella sala polivalente della Maison Suisse e nell'ambiente nella biblioteca riservato alle esibizioni e alle conferenze in cui può essere presente del pubblico. Le tubazioni dell'impianto idrico saranno presenti in corrispondenza dei servizi igienici e nella corte principale per alimentare la fontana ivi posta.



3.5 Previsioni impiantistiche piano terra

Al primo piano troviamo le aule didattiche, in cui si svolgono le lezioni frontali. In esse è fondamentale la presenza di un impianto termico, di ventilazione, elettrico e antincendio. In questo piano si trova inoltre la passerella/galleria espositiva, in cui sarà installato un impianto di illuminazione tale da poter garantire la lettura dei pannelli verticali su cui si troveranno i lavori artistici effettuati dagli allievi e posti sulla parete cieca della struttura. Anche nella sala lettura posta all'interno della biblioteca sarà necessario un particolare sistema di illuminazione che assicuri un buon comfort visivo sulla superficie utile dei tavoli.

Per il secondo piano si può fare riferimento allo schema adesso analizzato, in quanto la pianta risulta uguale al primo piano della Batisse, quindi con aule didattiche, servizi igienici e collegamenti verticali.

Prima di procedere con l'approfondimento dei masterplan dell'impianto termico e di quello illuminotecnico e dei requisiti normativi richiesti all'interno di una scuola, occorre prendere in considerazione le fasce orarie e stagionali di utilizzo dei locali, in modo da applicare adeguatamente gli impianti.

Secondo il sito ufficiale dell'amministrazione francese ([www.service-public.fr/](http://www.service-public.fr/)), la durata massima dell'insegnamento nelle scuole primarie (materna ed elementare) è di 24 ore settimanali. La ripartizione di tale ammontare di ore può essere differente secondo i comuni, ma le stesse regole vengono applicate per le scuole private e pubbliche.

La settimana può aver meno ore di insegnamento, ma in questo caso aumenta il numero dei giorni di frequenza, diminuendo i giorni di congedo.

Il volume delle ore giornaliere è fisso secondo le regole seguenti:

- la mezza giornata non deve superare le 3 ore e mezza;
- la giornata intera non deve superare le 5 ore e mezza;
- la pausa pranzo deve essere di almeno un'ora e mezza;
- gli allievi possono beneficiare di ore in più dedicate ad attività pedagogiche.

Gli orari di insegnamento possono essere diversi a seconda delle scuole. Possono variare in funzione dei giorni della settimana.

Di seguito verrà riportato la tabella (3.6) riassuntiva della fruizione durante i mesi dell'anno e poi verranno analizzati gli orari della permanenza nei locali scolastici.

|                   | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| LOCALI SCOLASTICI | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ◐   |     |     | ◐   | ●   | ●   | ●   |
| CORTE             | ◐   | ◐   | ●   | ●   | ●   | ●   |     |     | ●   | ●   | ◐   | ◐   |
| BIBLIOTECA        | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   | ●   |

3.6 Tabella della fruizione mensile degli ambienti

Nello schema della fruibilità mensile dei diversi ambienti, il mezzo punto sta a significare una permanenza parziale. Confrontando questa tabella con l'analisi climatica, si noti come i mesi di giugno e settembre non godano di una piena affluenza per i locali adibiti alla didattica, e l'assenza di frequenza nei mesi di luglio e agosto, mesi più caldi e umidi nella città di Marsiglia.

Per la corte la permanenza è parziale nei mesi più freddi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre.

| GIORNO    | MATTINO      | POMERIGGIO    |
|-----------|--------------|---------------|
| LUNEDÌ    | 8h30 - 11h30 | 13h30 - 16h30 |
| MARTEDÌ   | 8h30 - 11h30 | 13h30 - 16h30 |
| MERCOLEDÌ |              |               |
| GIOVEDÌ   | 8h30 - 11h30 | 13h30 - 16h30 |
| VENERDÌ   | 8h30 - 11h30 | 13h30 - 16h30 |

3.7 Tabella degli orari settimanali della scuola

L'ammontare delle ore di insegnamento annuali è di 864 ore ripartite su 36 settimane. Le ore sono ripartite in genere in 9 mezza giornate: lunedì, martedì, giovedì, venerdì e mercoledì mattina. Il consiglio scolastico può proporre, in accordo con il comune, di organizzare le giornate in 8 mezza giornate, non usufruendo del mercoledì mattina.

Per questo caso studio si è ritenuto opportuno ripartire le giornate didattiche su quattro giorni settimanali, in favore di un risparmio energetico, e con due ore di pausa pranzo in cui poter usare la mensa.

Occorre specificare che è possibile eliminare la giornata di mercoledì dall'ammontare di ore per una questione di tradizione culturale francese. Nel 1810 i frati iniziarono a non impartire lezioni il giovedì pomeriggio in modo tale che gli allievi potessero dedicarsi ad attività esterne all'insegnamento scolastico.

Nel 1858 venne liberata tutta la giornata di giovedì, mentre a partire dal 1972 il giovedì libero venne sostituito dal mercoledì in modo da spezzare meglio la giornata lavorativa e venne istituito anche il sabato libero in modo da permettere alle famiglie di partire verso le seconde case nel weekend.

In questo modo sorge però il problema del badare ai bambini il mercoledì, mentre i genitori sono occupati con il lavoro. Esistono degli istituti (crèches) dove i bambini possono passare la giornata del mercoledì; in più molte scuole non svolgono funzione didattica, ma si organizzano con attività esterne.

(fonte: articolo sul giornale *La Croix*, scritto da B. Gorce, il 12.03.2004)

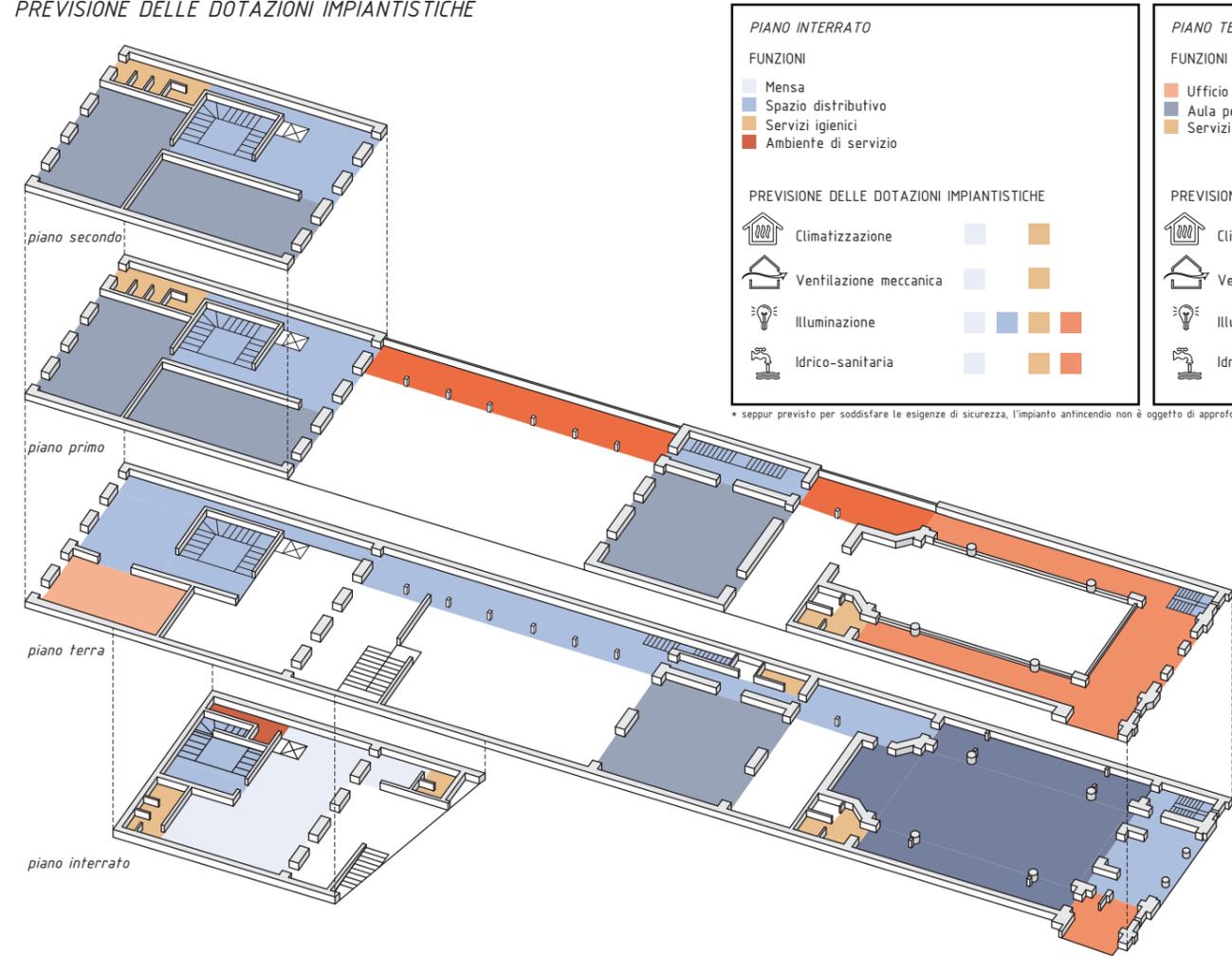
Viene riportata di seguito la tavola che raggruppa i ragionamenti effettuati sul masterplan.

Tale documento è diviso in due parti: quella superiore riporta la previsione delle dotazioni impiantistiche generali, attraverso un'assonometria da supporto. In essa sono state individuate, per ogni piano del complesso edilizio, delle zone con determinate funzioni. Le aree con le stesse necessità a livello di impianti sono accomunate dallo stesso colore. Sono stati previsti impianti di climatizzazione, ventilazione, illuminazione e idrico-sanitari. Seppur previsti per questi edifici a carattere pubblico, affinché le esigenze di sicurezza vengano soddisfatte, l'impianto antincendio e antintrusione non sono oggetto di approfondimento in questa tesi. La scelta delle dotazioni impiantistiche generali si basa sul quadro delle esigenze e dei requisiti, definiti per macroaree, all'interno degli edifici corrispondenti. Quest'ultimi hanno un profilo di utilizzo che si basa sulla permanenza e sulla fruizione dei locali, come già analizzato in questo capitolo precedentemente.

La seconda parte riporta i masterplan riguardanti le previsioni delle dotazioni impiantistiche per l'illuminazione e la climatizzazione.

Per quanto concerne il primo, sono state individuate delle zone in cui la luce verrà utilizzata per fruizione, orientamento e valorizzazione. In particolare si può dire che la *luce per la fruizione* verrà applicata in tutti gli ambienti, affinché essi possano soddisfare la necessità di utilizzo. La *luce per l'orientamento* sarà posta in corrispondenza dei percorsi che permettono di attraversare il lotto e dunque per sottolineare il concetto di "scuola traversante", dunque nello specifico al piano terra, sul percorso che congiunge i tre vani scala principali e al primo piano all'interno della passerella, che prosegue fino alla sala lettura nella biblioteca. Infine la *luce per la valorizzazione* verrà utilizzata per porre l'accento su alcuni elementi architettonici come le volte presenti nella biblioteca e le facciate, preesistenti (Battisse e Maison Suisse) ed ex novo (passerella), presenti nelle corti interne al lotto al fine di mettere in risalto i nuovi spazi e renderli fruibili anche in caso di ipotetici eventi serali. Anche il platano, posto nel cuore della corte, sarà messo in rilievo per mezzo dell'illuminazione.

Per quanto riguarda invece il masterplan sugli impianti di climatizzazione, negli edifici scolastici sono stati previsti degli impianti che garantiscano il comfort termico attraverso apparecchi riscaldanti e rinfrescanti posti a pavimento, nel vespaio aerato nei piani contro terra e nel pavimento flottante ai piani superiori, in modo da non risultare completamente visibili, rispettando la morfologia dei luoghi. La biblioteca invece sarà riscaldata solo nel periodo freddo, attraverso dei pannelli radianti posti nella struttura della passerella, che propagano calore sia verso il piano terra, sia verso la sala lettura al primo piano.



**PIANO INTERRATO**

**FUNZIONI**

- Mensa
- Spazio distributivo
- Servizi igienici
- Ambiente di servizio

**PREVISIONE DELLE DOTAZIONI IMPIANTISTICHE**

- Climatizzazione
- Ventilazione meccanica
- Illuminazione
- Idrico-sanitaria

**PIANO TERRA**

**FUNZIONI**

- Ufficio
- Aula per la didattica
- Servizi igienici
- Spazio distributivo
- Sala conferenze e esibizioni
- Sala lettura

**PREVISIONE DELLE DOTAZIONI IMPIANTISTICHE**

- Climatizzazione
- Ventilazione meccanica
- Illuminazione
- Idrico-sanitaria

**PIANO PRIMO**

**FUNZIONI**

- Aula per la didattica
- Spazio distributivo
- Galleria espositiva
- Servizi igienici
- Sala lettura

**PREVISIONE DELLE DOTAZIONI IMPIANTISTICHE**

- Climatizzazione
- Ventilazione meccanica
- Illuminazione
- Idrico-sanitaria

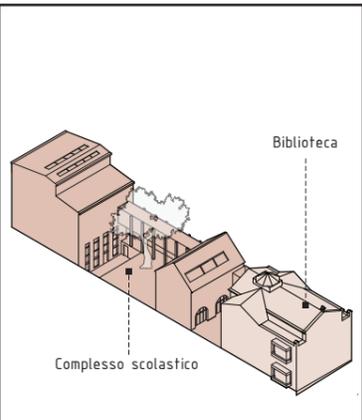
**PIANO SECONDO**

**FUNZIONI**

- Aula per la didattica
- Spazio distributivo
- Servizi igienici

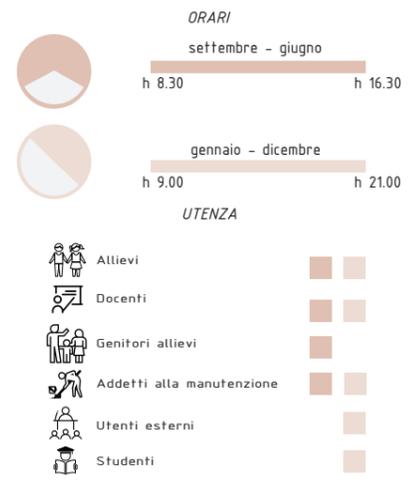
**PREVISIONE DELLE DOTAZIONI IMPIANTISTICHE**

- Climatizzazione
- Ventilazione meccanica
- Illuminazione
- Idrico-sanitaria

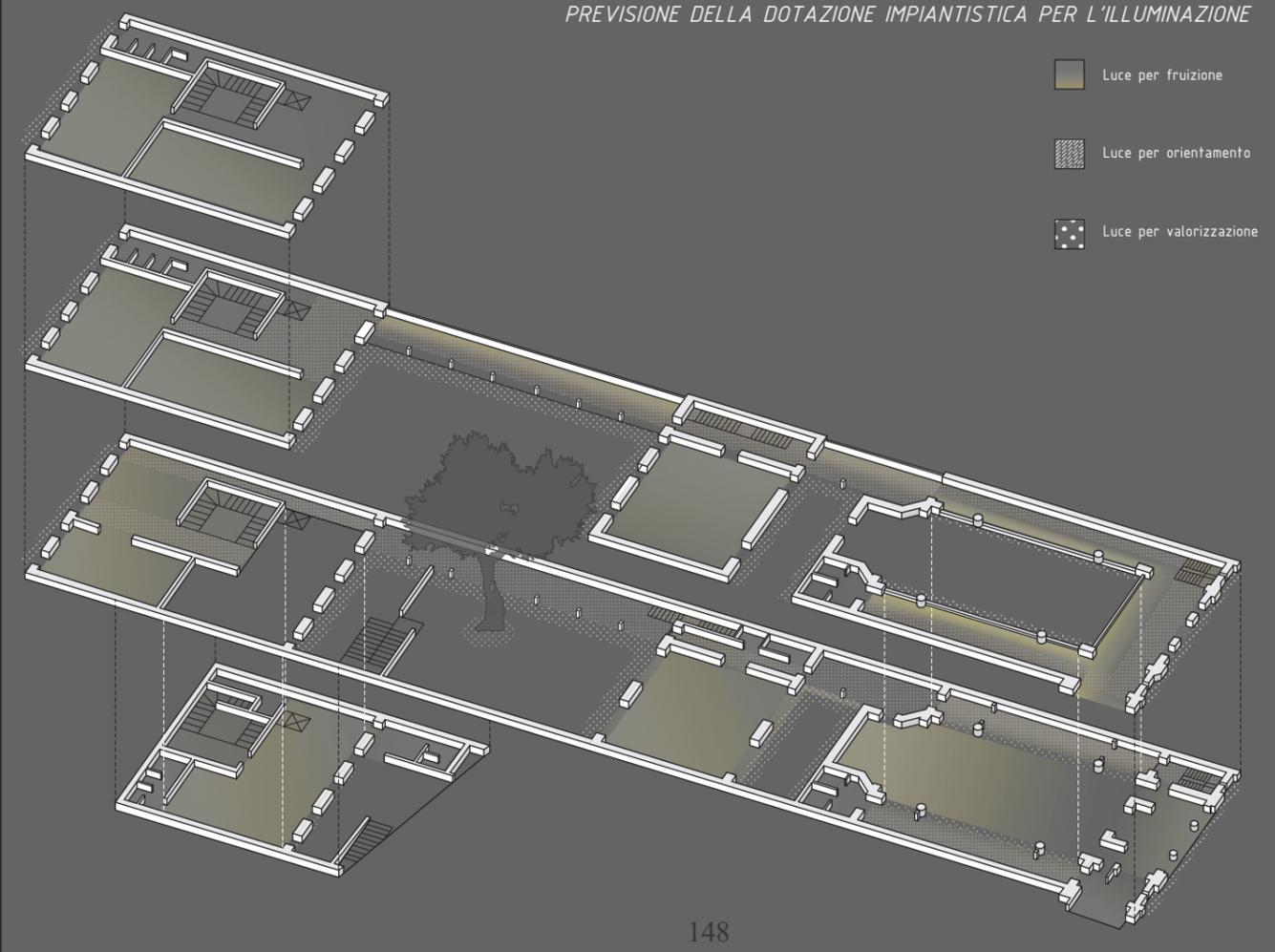


\* seppur previsto per soddisfare le esigenze di sicurezza, l'impianto antincendio non è oggetto di approfondimento di questa tesi

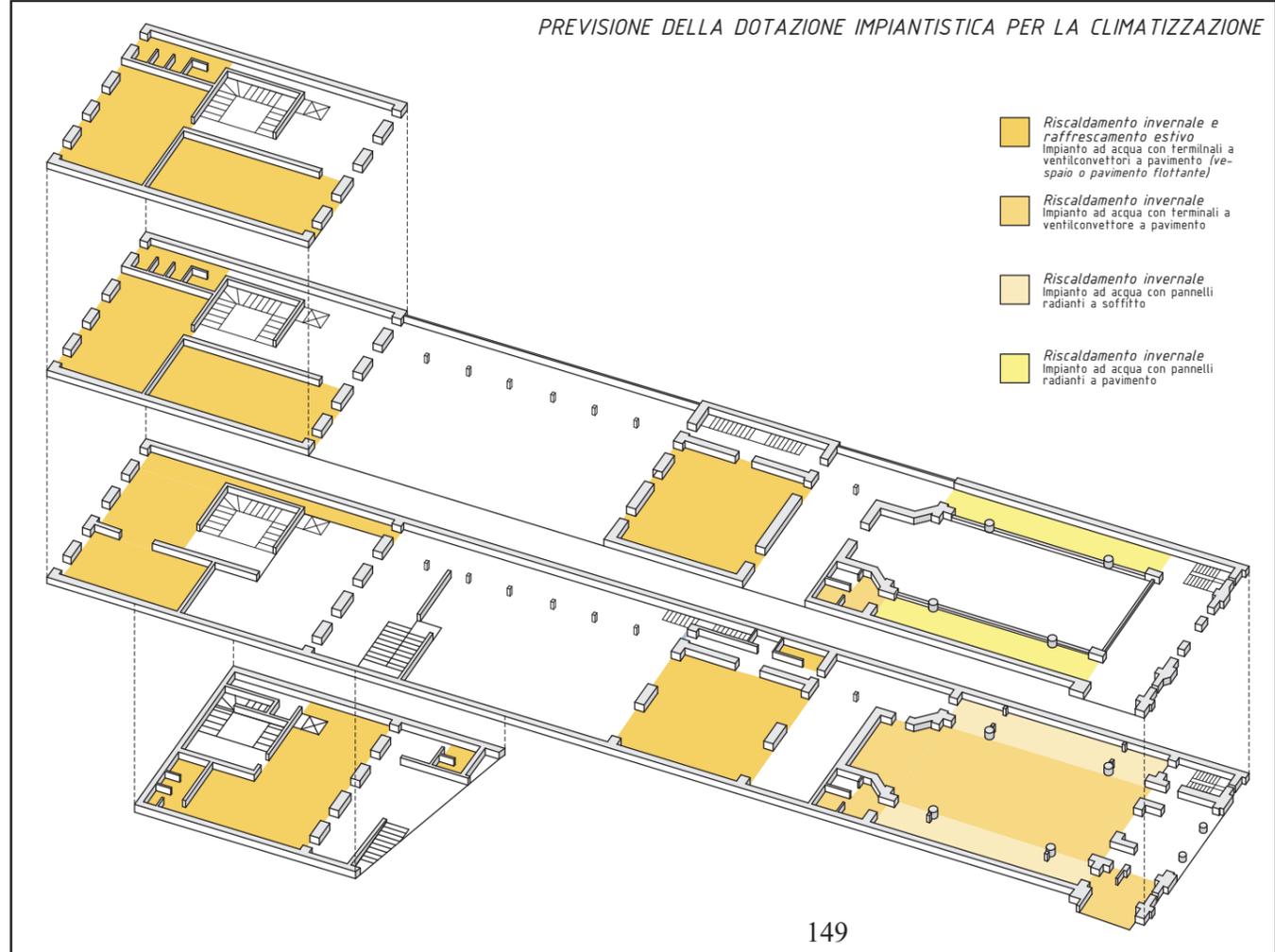
|                   |  | mensa | accoglienza | aule didattiche | collegamenti | sala lettura | sala esibizioni - conferenze |
|-------------------|--|-------|-------------|-----------------|--------------|--------------|------------------------------|
| <b>CRITICITA'</b> | Assenza di valorizzazione degli aspetti architettonici |       |             |                 | ●            | ●            |                              |
|                   | Assenza di sistemi impiantistici appropriati           | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Fruibilità difficoltosa                                |       |             |                 | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Esposizione solare parziale                            |       |             |                 |              | ●            | ●                            |
| <b>ESIGENZE</b>   | Presenza di degradi consistenti                        |       |             |                 |              | ●            | ●                            |
|                   | Valorizzazione degli aspetti architettonici            | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Assicurare comfort visivo                              | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Garantire comfort termico                              | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Comfort acustico                                       |       |             | ●               |              | ●            | ●                            |
|                   | Comfort qualità dell'aria                              | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
| <b>REQUISITI</b>  | Piena accessibilità a tutti gli ambienti               | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Garantire la sicurezza all'utenza                      | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Illuminamento omogeneo                                 | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Illuminazione su piano utile                           | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Illuminazione d'accento su elementi da valorizzare     |       |             | ●               |              | ●            | ●                            |
|                   | Assorbimento acustico                                  |       |             | ●               |              | ●            | ●                            |
|                   | Aerazione/ventilazione                                 | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Riscaldamento invernale                                | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |
|                   | Raffrescamento estivo                                  | ●     | ●           | ●               | ●            | ●            | ●                            |



PREVISIONE DELLA DOTAZIONE IMPIANTISTICA PER L'ILLUMINAZIONE



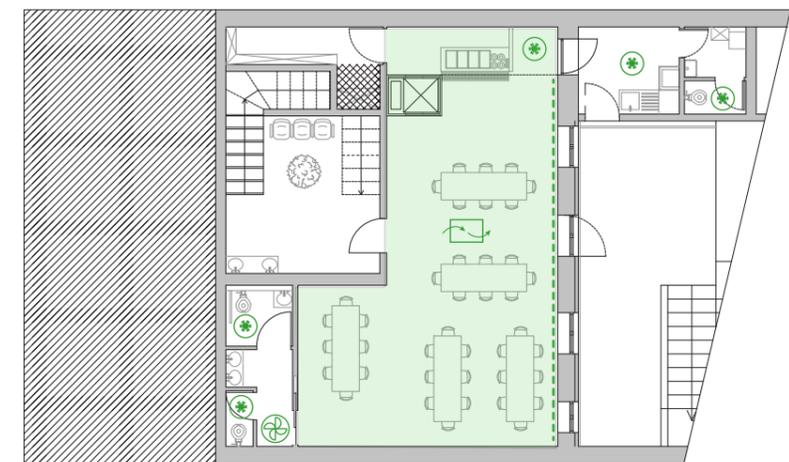
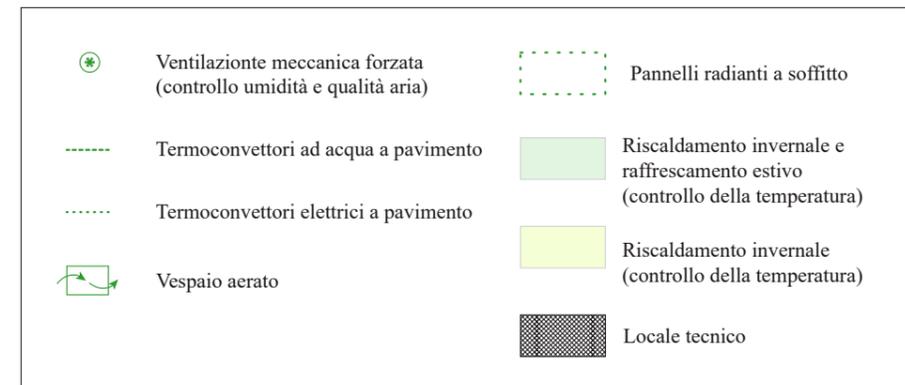
PREVISIONE DELLA DOTAZIONE IMPIANTISTICA PER LA CLIMATIZZAZIONE



### 3.2 Progetto termico

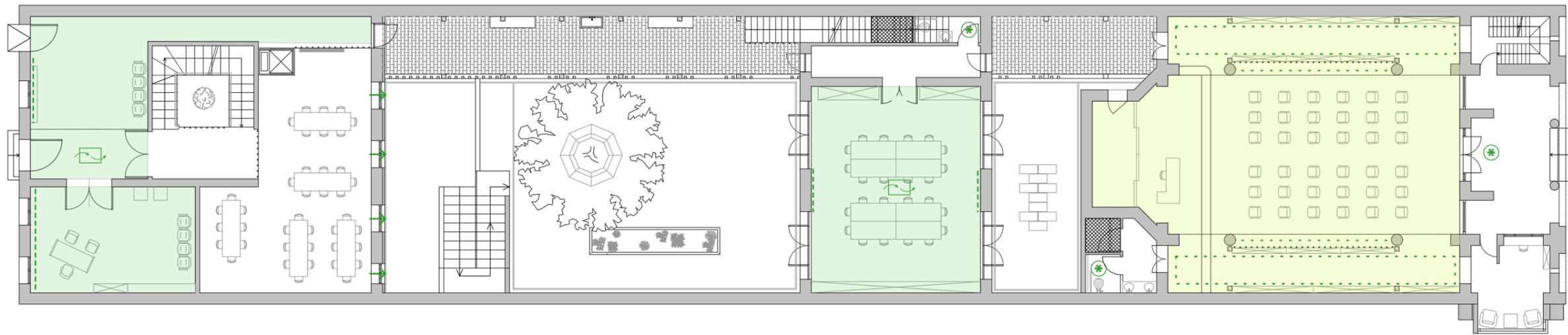
Una volta effettuate queste serie di considerazioni, è stato possibile rendere graficamente un master-plan dell'impianto termico che sia conveniente e funzionale alle attività svolte all'interno dei locali.

Si analizzeranno gli ambienti posti ai diversi piani.



3.8 Impianti di climatizzazione - piano interrato

Il livello posto al piano interrato, ricavato dalle cantine dello stato di fatto, è praticamente occupato dal locale mensa. Esso verrà utilizzato durante tutto il periodo scolastico, nelle ore della pausa pranzo, tra le 11.30 alle 13.30 in maniera alternata dalle classi presenti nel complesso. La mensa è posta a sud ed è dotata di vetrate a doppia altezza ad apertura automatizzata per permettere l'aerazione del locale in maniera naturale. L'irraggiamento diretto è parziale grazie alla presenza del platano che ha effetto schermante. Data la permanenza all'interno del locale mensa anche durante la stagione invernale è necessario introdurre dei terminali che assicurino il riscaldamento dell'ambiente e allo stato modo il raffreddamento estivo che avrà anche un contributo da parte dell'aerazione naturale. Occorre garantire una ventilazione dei locali in modo da limitare il livello di umidità e per un ricambio dell'aria in un ambiente che vede la preparazione di cibi.



-  Ventilazione meccanica forzata (controllo umidità e qualità aria)
-  Aerazione con apertura automatica delle finestre
-  Termoconvettori ad acqua a pavimento
-  Termoconvettori elettrici a pavimento
-  Vespajo aerato
-  Pannelli radianti a soffitto
-  Riscaldamento invernale e raffreddamento estivo (controllo della temperatura)
-  Riscaldamento invernale (controllo della temperatura)
-  Locale tecnico

3.9 Impianti di climatizzazione - piano terra



-  Ventilazione meccanica forzata (controllo umidità e qualità aria)
-  Aerazione con apertura automatica delle finestre sulla falda
-  Termoconvettori elettrici a pavimento
-  Pannelli radianti
-  Riscaldamento invernale e raffreddamento estivo (controllo della temperatura)
-  Riscaldamento invernale (controllo della temperatura)
-  Locale tecnico

3.10 Impianti di climatizzazione - piano primo

Per quanto riguarda i piani superiori, a seconda della permanenza dell'utenza nel locale, si è pensato di inserire impianti di climatizzazione che abbiano funzione di riscaldare in inverno e raffrescare d'estate. Nello specifico nell'ambiente dedicato all'accoglienza e all'amministrazione, nelle aule didattiche e in quelle in cui si svolgono attività annesse sono stati inseriti dei termoconvettori ad acqua, le cui tubazioni sono integrate nel l'intercapedine del pavimento flottante, installato per evitare il rumore di calpestio. Mentre per quanto riguarda i piani sottostanti, la chiusura inferiore della Batisse e della Maison Suisse è dotata di vespaio aerato che permette la ventilazione e il passaggio degli impianti.

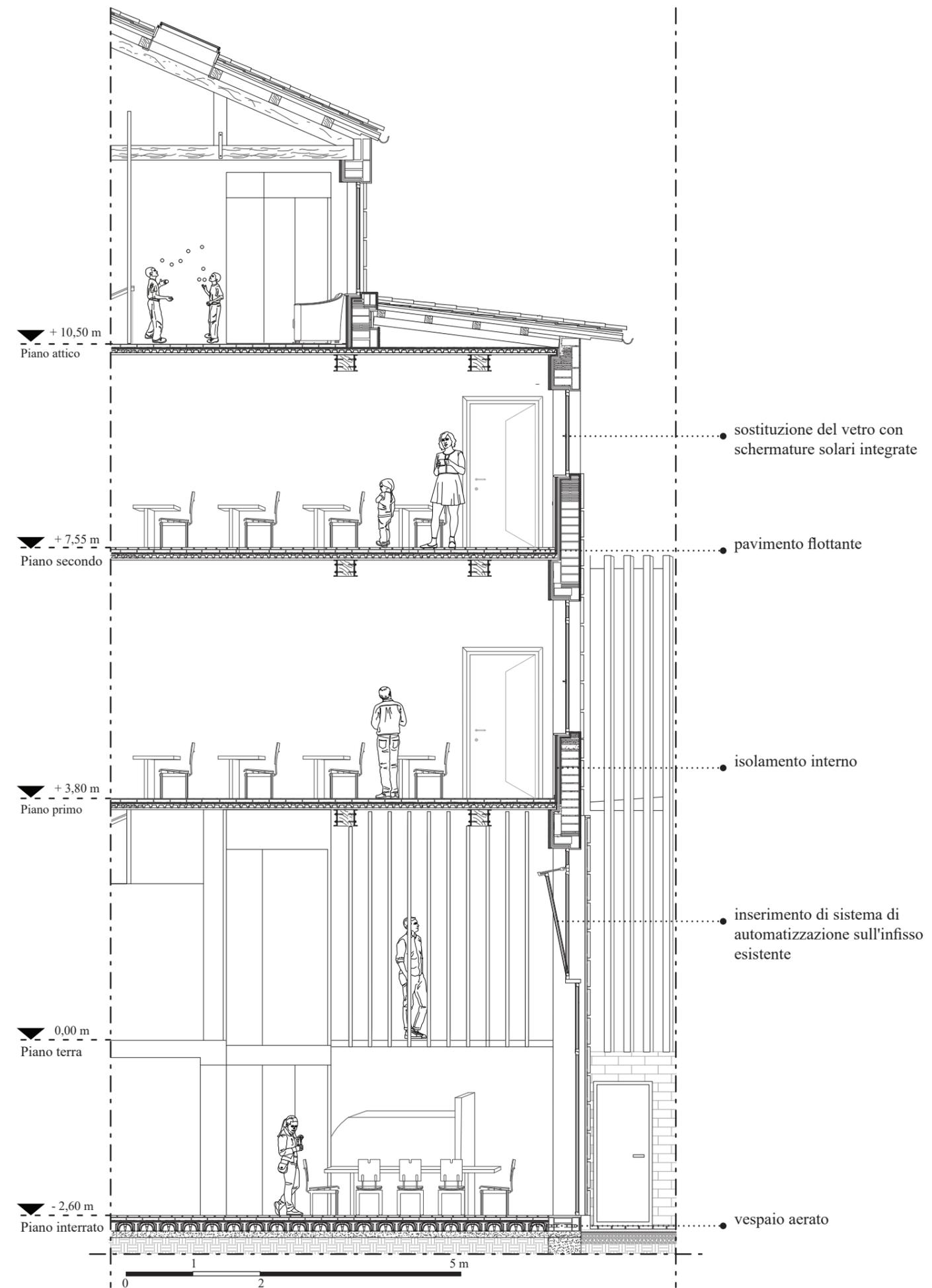
Così come le finestre a doppia altezza nella mensa, anche le aperture poste in falda nella Maison Suisse sono dotate di un sistema di apertura automatizzata in modo da permettere un'aerazione naturale dell'ambiente in base alle condizioni termo-igrometriche interne.

In particolare, nella biblioteca non verrà inserito un impianto di raffrescamento estivo, in quanto la composizione della struttura garantisce un'elevata inerzia termica che permette già di avere un luogo fresco nel periodo estivo. Per inerzia termica si intende l'attitudine di una parete a ridurre (smorzamento) e a ritardare (sfasamento) l'effetto delle sollecitazioni sul carico termico. Ha particolare rilevanza in estate e nei climi caldi secchi. E' legata alla massa del componente.

Sarà comunque garantita la ventilazione dell'ambiente. Il riscaldamento è affidato a dei pannelli radianti posti nella struttura della passerella interna, che permette di irradiare calore anche al piano superiore in cui è posta la sala lettura.

Al fine di ottimizzare la prestazione energetica degli edifici, si possono effettuare diversi interventi volti al miglioramento sia sull'involucro edilizio, sia per quanto riguarda gli impianti tecnici.

La figura 3.11 rappresenta gli interventi che sono stati applicati all'involucro dell'edificio principale, la Batisse.



3.11 Sezione tecnologica Batisse - isolamento interno 155

Gli interventi di *isolamento termico* di un edificio da effettuare sull'involucro di un bene architettonico sono invasivi e delicati e devono essere adattati caso per caso, in condizioni specifiche a seconda del manufatto. Occorre tenere conto di diversi fattori:

- Posizionamento dello strato isolante è influenzato dalle necessità di conservazione dei sistemi morfologici e delle finiture dell'edificio;
- Vi può essere una possibile formazione di condensa interstiziale (nel caso dell'isolamento dall'interno), si rende dunque necessaria una scelta dell'isolante termico che sia conforme alla permeabilità e alla traspirabilità del sistema murario esistente, o controbilanciata da misure alternative. I materiali isolanti che vengono utilizzati devono essere adatti alla riqualificazione degli edifici storici, quindi per esempio si possono applicare dei materiali fibrosi naturali organici (fibre vegetali, lana di pecora, fibra di cellulosa) o materiali fibrosi naturali inorganici (come la perlite e vermiculite espansa)
- Per necessità di fruizione degli spazi (ed eventuale riduzione dei volumi utili) è possibile adottare componenti ad altissime prestazioni con spessori ridotti. Essi permettono di ottimizzare l'integrazione con l'esistente. Questi possono essere isolanti termoriflettenti o sottovuoto;
- E' indispensabile ridurre la presenza di ponti termici che influenzano il bilancio energetico dell'edificio.

Per quanto concerne invece gli interventi che possono essere effettuati sulle *chiusure orizzontali superiori*, essi prevedono:

- La rimozione del manto di copertura per migliorare le prestazioni degli strati sottostanti;
- L'introduzione di uno strato isolante o di un'intercapedine ventilata;
- Un'ipotesi di restauro e reintegrazione degli elementi di finitura esistenti (es. tegole), questo tipo di intervento che non altera l'aspetto del manufatto;

L'isolamento termico dell'involucro edilizio che comprende le *chiusure verticali opache* devono essere interventi rispettosi delle caratteristiche del manufatto, in modo da garantire la qualità storico-architettonica del corpo di fabbrica e il funzionamento bioclimatico degli ambienti.

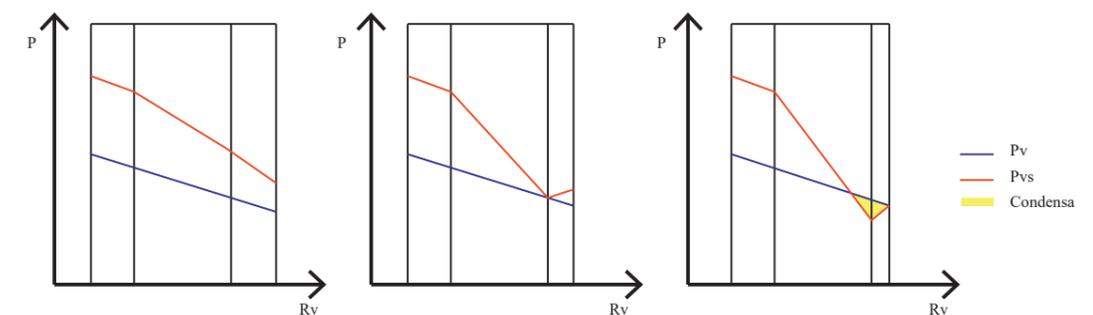
"Sono numerosi i motivi per cui il risanamento energetico di un edificio può portare all'ottimizzazione del comfort termico: migliori condizioni di isolamento determinano un diretto aumento delle temperature delle superfici e riducono il rischio di asimmetria della temperatura di radiazione e di cadute d'aria fredda, diminuendo nel contempo l'influenza del sistema di riscaldamento sul comfort stesso. Una migliore tenuta all'aria riduce il rischio della formazione delle correnti" si spiega nell'*Atlante*

della *riqualificazione*. "L'isolamento interno viene preferito rispetto a quello esterno qualora le facciate esterne non possano essere alterate o quando la morfologia dell'edificio presenti un numero notevole di volumi sporgenti; [...] è preferibile nel caso in cui una facciata esistente debba essere mantenuta per rispettare il carattere storico-artistico dell'edificio, in presenza di questa condizione, l'isolamento interno rappresenta l'unica possibilità per un risanamento energetico". L'intervento è maggiormente conveniente quando abbinato alla manutenzione generale degli interni.

Nella fase di progettazione, è necessario tenere conto di possibili limiti che possono verificarsi:

- può formarsi della condensa quando l'isolamento nella parte interna della parete comporta una diminuzione delle temperature nella parete esistente;
- in caso di assenza di ermeticità nelle giunzioni del rivestimento interno o della barriera a vapore, se la retroventilazione del layer isolante viene effettuata mediante aria calda, si può verificare la presenza di condensa tra la parete e lo strato isolante stesso;
- problemi di umidità provocati da pioggia battente o infiltrazioni di acqua che non si asciugano rapidamente;
- un cappotto interno comporta una diminuzione del volume degli ambienti, dunque una perdita di spazio utile, in favore però di un miglioramento a livello del benessere ambientale.

Occorre dunque valutare il grado di protezione contro l'umidità. Per questo controllo ci si può affidare al metodo di Glaser per via grafica.



3.12 Grafici metodo di Glaser riguardante la condensa interstiziale

Sulle ascisse troviamo la resistenza al vapore di ogni strato. Per evitare la condensa interstiziale (grafico 3.12) si pone lo strato isolante verso la parte più calda, quindi all'esterno. Pv, ovvero la pressione a vapore dipende dalle resistenze a vapore, mentre Pvs, pressione a vapore a saturazione è correlato alle resistenze termiche dei singoli strati.

Gli interventi per migliorare le prestazioni energetiche di un edificio possono anche essere effettuati sulle *chiusure trasparenti*.

Essi possono prevedere la sostituzione dell'intero serramento con delle nuove finestre ad alta prestazione energetica, dopo una valutazione degli infissi esistenti. Secondo le Linee guida del 2015 del Mi-BACT, il loro cambiamento comporta una riduzione del carico termico legato ai serramenti (tra il 40 e l'80%), un controllo del guadagno solare legato ai serramenti fino al 70% e garantisce la tenuta all'aria evitando infiltrazioni indesiderate. Tuttavia occorre verificare che questo tipo di intervento non comporti un'alterazione della ventilazione interna degli ambienti, dunque la presenza di condensa superficiale e discomfort.

Un altro intervento, che è quello che è stato applicato nel progetto di riqualificazione del caso studio marsigliese, è la sostituzione dei vetri su telaio esistente (figura 3.11). Questa operazione prevede il cambio del vetro esistente con vetrate ad alta efficienza energetica, senza intaccare il telaio originario, così da bilanciare e rispondere alle esigenze di contenimento termico e di controllo solare. Questo tipo di messa in opera è applicabile quando, previa valutazione, le caratteristiche estetico-storico non consentano la sostituzione dell'intero serramento.

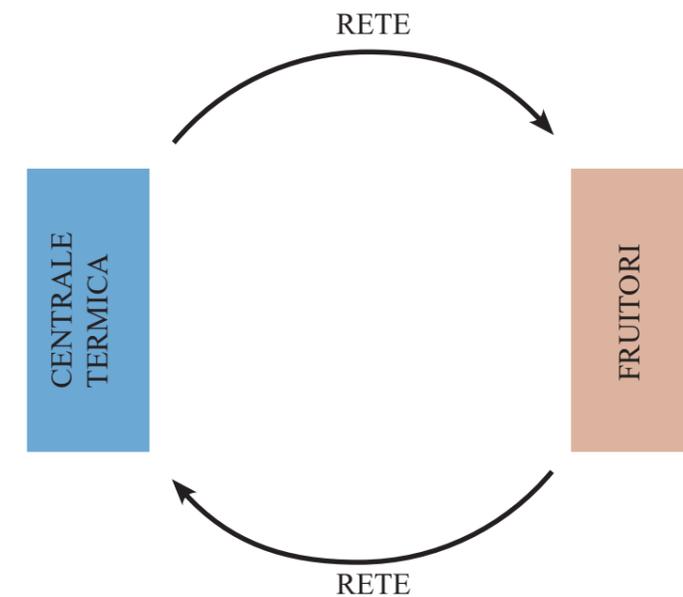
Altre soluzioni possono prevedere per esempio, l'inserimento di un secondo serramento montato direttamente all'interno della finestra originale in modo da avere una facile apertura delle finestre originali, sia per garantire la ventilazione che la possibilità di manutenzione. Questo nuovo serramento può essere temporaneo o permanente, è adatto alla maggior parte degli edifici, a patto che non influenzi il carattere dell'ambiente in cui è installato.

Oppure si può mettere in opera un vetro fisso o apribile nel vano murario esistente. Questo intervento consiste in un sistema smontabile e apribile, che crea un'intercapedine d'aria che contribuisce all'aumento dell'inerzia termica. E' applicabile quando le scelte estetico-storiche non consentono la sostituzione del vetro o del serramento.

Per quanto riguarda gli interventi sui sistemi attivi si può parlare di impianti di climatizzazione. Gli impianti di climatizzazione hanno la funzione di mantenere artificialmente le condizioni termoigrometriche e di qualità dell'aria desiderate all'interno degli ambienti. Essi adempiono a tale scopo attraverso il controllo dei carichi termici, sensibili e latenti, e dei carichi inquinanti. In particolare consentono il controllo della temperatura dell'aria, dell'umidità relativa dell'aria e della concentrazione degli inquinanti.

Gli impianti di riscaldamento sono utilizzati per una parte dell'anno (ovvero nel periodo freddo) per il controllo della sola temperatura dell'aria, mentre gli impianti di condizionamento svolgono il controllo della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria, in genere lungo tutto l'anno.

Per la regolazione termica di ogni area, si è pensato di introdurre un *sistema impiantistico di climatizzazione ad acqua*, che garantisce sia il riscaldamento che il raffrescamento. Esso permette di controllare la temperatura per mezzo della variazione della potenza termica sensibile ( $\Phi_H$ ). Per quanto riguarda il ricambio d'aria, quest'ultimo può essere assicurato mediante l'apertura delle finestre che permettono l'aerazione o un estrattore ad aria dove l'aerazione non è possibile.



3.13 Schema del funzionamento di un impianto ad acqua

Per la climatizzazione, attraverso impianto ad acqua, degli ambienti studiati, si è pensato di introdurre dei *ventilconvettori*. Essi hanno un elettroventilatore che attiva la circolazione dell'aria, e quindi permette un'erogazione del calore maggiore rispetto a dei normali convettori, per l'aumento della resa termica della batteria. Possono essere alimentati sia ad acqua calda che ad acqua refrigerata. Possono essere applicati a pavimento, parete o a soffitto secondo diverse modalità. Nel caso studio sono stati applicati a pavimento, in modo da sfruttare il pavimento flottante inserito per limitare il rumore di calpestio e per non ridurre lo spazio interno e per una questione di compatibilità.

Come mostrato nella figura 3.9 e 3.10, all'interno della biblioteca, precisamente nella struttura della passerella che serve da sala lettura, si è pensato di inserire dei pannelli radianti elettrici a pavimento che permettano il riscaldamento degli ambienti inferiori e superiori.

### *3.2.1 Calcolo del carico termico di progetto invernale*

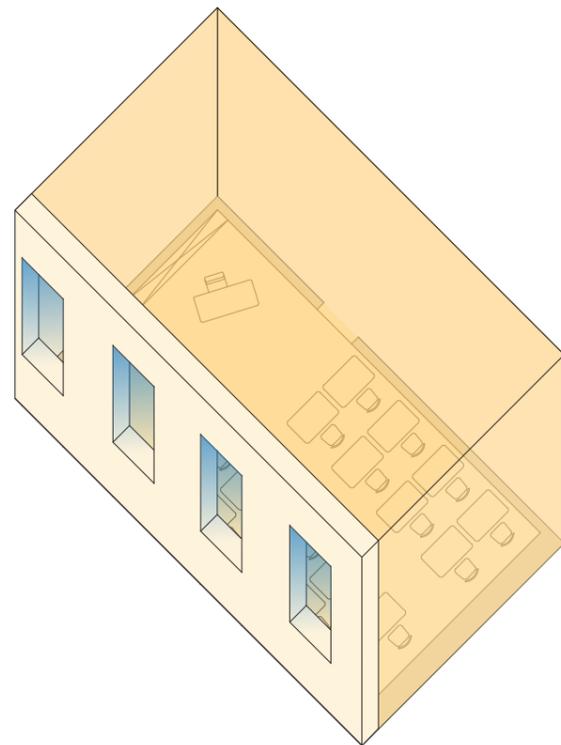
Una volta definito il masterplan e i tipi di interventi che si vogliono mettere in opera è possibile procedere con il calcolo del carico termico per ogni ambiente. In questa sede si approfondiranno i risultati su un'aula didattica presa a esempio, in caso di riscaldamento invernale, determinando la potenza termica necessaria per il dimensionamento dei terminali di emissione. Per tale computo, si fa riferimento alla norma UNI EN 12831-1:2018, applicando il metodo semplificato come esempio esplicativo, su un unico ambiente.

La progettazione di un impianto di riscaldamento viene definita come la determinazione dei massimi carichi termici, detti "di picco". Tale stima del carico termico di progetto è effettuata nella condizione statisticamente più sfavorevole dal punto di vista delle sollecitazioni termiche esterne, allo scopo di dimensionare i terminali dell'impianto di riscaldamento, in modo da contrastare la temperatura esterna di progetto e mantenere quella interna.

Ai fini del calcolo, solitamente non vengono aggiunti gli apporti termici interni e quelli di origine solare, mentre i carichi termici di ventilazione e trasmissione di calore attraverso i componenti edilizi sono presi in considerazione.

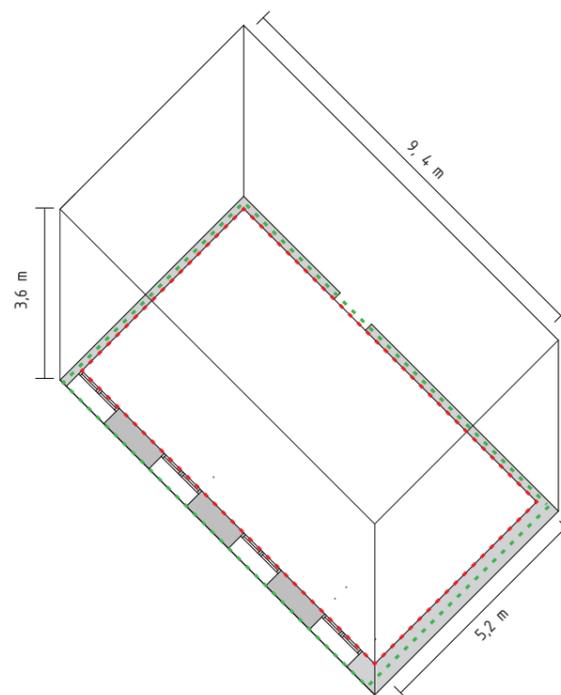
Si prende ad esempio per il calcolo del carico termico, l'aula didattica posta a al primo piano ed esposta a nord. Tutte le pareti, così come il soffitto e il pavimento, confinano con ambienti riscaldati alla stessa temperatura, tranne la parete a nord, confinante con l'ambiente esterno.

I ponti termici si considerano trascurabili.



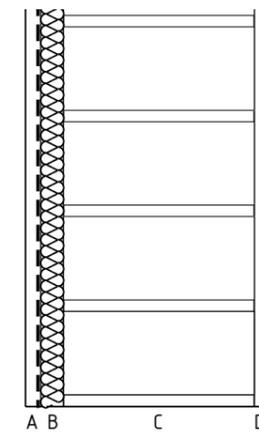
- Superficie disperdente a contatto con l'ambiente esterno
- Superfici a contatto con un ambiente riscaldato alla stessa temperatura

3.14 Schema assometrico della composizione dell'aula considerata



- Area netta calpestabile
- Perimetro volume lordo riscaldato; calcolato al lordo dello spessore della parete disperdente e alla mezzera delle altre pareti e dei solai.

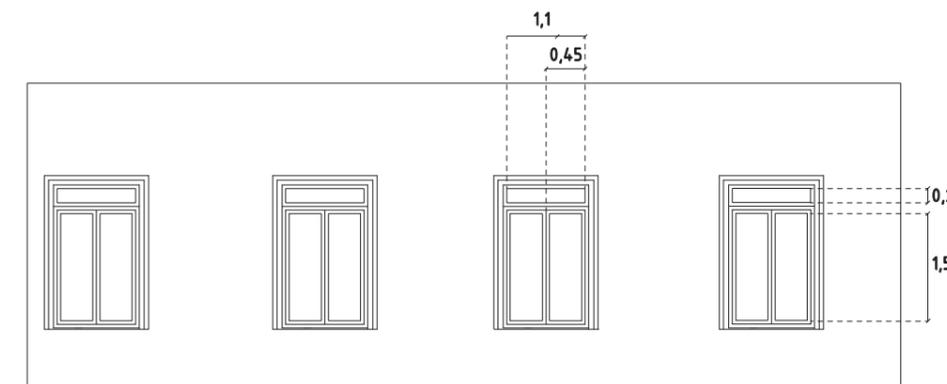
3.15 Geometria dell'ambiente studiato



3.16 Stratigrafia della parete disperdente di progetto al fine del calcolo della trasmittanza della parete multistrato

| Componenti parete multistrato    | s [m] | $\lambda$ [W/mK] |
|----------------------------------|-------|------------------|
| Intonaco interno ( A )           | 0,02  | 0,7              |
| Isolante in lana di roccia ( B ) | 0,03  | 0,035            |
| Mattoni pieni ( C )              | 0,25  | 0,72             |
| Intonaco esterno ( D )           | 0,02  | 0,9              |
| -da norma UNI/TR 11552           |       |                  |
| Ri [m <sup>2</sup> K/W]          | 0,13  |                  |
| Re [m <sup>2</sup> K/W]          | 0,04  |                  |
| U [W/m <sup>2</sup> K]           | 0,70  |                  |

La figura 3.16 mostra la composizione della parete disperdente di cui viene calcolata la trasmittanza termica nella tabella sottostante all'immagine; valore che sarà necessario per il calcolo del carico termico invernale



- Dati finestra:
- Vetro singolo:  
 $A_v = 1,57 \text{ m}^2$   
 $U_v = 5,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- Telaio in larice:  
 $A_t = 1,07 \text{ m}^2$   
 $U_t = 2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

3.17 Geometria delle finestre considerate, al fine del calcolo della loro trasmittanza totale

Per i valori delle trasmittanze termiche si è fatto riferimento alla norma UNI EN ISO 6946:2018, alla UNI EN ISO 10077-1:2018 per il calcolo della trasmittanza termica dei serramenti, e al progetto europeo TABULA-EPISCOPE (<https://episcope.eu/welcome/>).

| Componenti d'involucro | A [m <sup>2</sup> ] | U [W/(m <sup>2</sup> K)] |
|------------------------|---------------------|--------------------------|
| Parete disperdente     | 23,28               | 0,7                      |
| Finestra               | 2,64                | 4,2                      |

| Dati geometrici |        |                   |
|-----------------|--------|-------------------|
| A <sub>i</sub>  | 48,88  | [m <sup>2</sup> ] |
| V <sub>i</sub>  | 212,53 | [m <sup>3</sup> ] |
| V <sub>n</sub>  | 175,97 | [m <sup>3</sup> ] |

| Dati di progetto |       |                                 |                         |
|------------------|-------|---------------------------------|-------------------------|
| Q <sub>op</sub>  | 0,005 | [m <sup>3</sup> /s per persona] | - da UNI EN 10339:1995  |
| θ <sub>i</sub>   | 20    | [°C]                            | - da UNI EN 12831:2018  |
| θ <sub>e</sub>   | -5    | [°C]                            | - da NF EN 12831-1:2017 |
| n°               | 20    |                                 |                         |
| Q                | 360   | [m <sup>3</sup> /s]             | con Q=Qop*n°*3600       |
| n <sub>i</sub>   | 2,05  | [n <sup>-1</sup> ]              | ni=Q/Vi                 |

| FLUSSO TERMICO DISPERSO PER TRASMISSIONE [W]           |         |      |
|--|---------|------|
| $\phi_{T,i} = \sum(A_k * U_k) * (\theta_i - \theta_e)$ |         |      |
| $\phi_{T,i}$   | 684,600 | [W]  |
|  | 0,685   | [kW] |

| FLUSSO TERMICO DISPERSO PER VENTILAZIONE [W]  |          |      |
|---|----------|------|
| $\phi_{V,i} = V_n * n_i * p_L * C_{pL} * (\theta_i - \theta_e)$ con $p_L * C_{pL} = 0,34$ [Wh/m <sup>3</sup> K] |          |      |
| $\phi_{V,i}$  | 3060,000 | [W]  |
|   | 3,060    | [kW] |

| POTENZA TERMICA DI RIPRESA [W]   |         |      |
|--|---------|------|
| $\phi_{hu,i} = A_i * \phi_{hu,i}$ con $\phi_{hu,i} = 18$ [W/m <sup>2</sup> ]<br>- da UNI EN 12831:2018 |         |      |
| $\phi_{hu,i}$  | 879,840 | [W]  |
|  | 0,880   | [kW] |

| CARICO TERMICO DI PROGETTO INVERNALE [W]              |          |      |
|---|----------|------|
| $\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{hu,i}$ |          |      |
| $\phi_{HL,i}$   | 4624,440 | [W]  |
|   | 4,624    | [kW] |

|              |      |                     |
|--------------|------|---------------------|
| Resa termica | 94,6 | [W/m <sup>2</sup> ] |
|--------------|------|---------------------|

3.18 Tabella riportante i calcoli per ottenere il carico termico di progetto invernale

La tabella 3.18 riporta i risultati del computo per il carico termico di progetto invernale, utili all'ultimo passaggio da compiere per l'inserimento dell'impianto di climatizzazione negli edifici storici, in quanto ne permette il pre-dimensionamento.

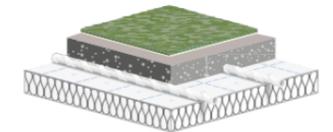
Per il riscaldamento invernale dell'aula presa in esame si è deciso, come già specificato nell'immagine 3.10 alle pagine 152-3, di inserire dei pannelli radianti a pavimento. L'impianto di riscaldamento ad acqua è integrato nella struttura flottante del pavimento.

Fondamentale per il dimensionamento del sistema radiante è il calcolo della resa termica specifica, ricavata dal carico termico calcolato, diviso per la superficie utile del locale:

Resa termica specifica: **94,6 [W/m<sup>2</sup>]**

Tabella di progettazione Uponor Klett con massetto cementizio, spessore nominale 45 mm, conducibilità termica 1,2 W/mK

Dim. 14



θ<sub>i</sub> = 20 °C, R<sub>λ,B</sub> = 0.15 m<sup>2</sup>K/W

| θ <sub>F,m</sub> [°C] | q <sub>des</sub> [W/m <sup>2</sup> ] | θ <sub>V,des</sub> = 55.5 °C <sup>1)</sup> |                                     | θ <sub>V,des</sub> = 50 °C |                                     | θ <sub>V,des</sub> = 45 °C |                                     |
|-----------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|                       |                                      | Vz [cm]                                    | A <sub>Fmax</sub> [m <sup>2</sup> ] | Vz [cm]                    | A <sub>Fmax</sub> [m <sup>2</sup> ] | Vz [cm]                    | A <sub>Fmax</sub> [m <sup>2</sup> ] |
| 29                    | 100                                  | 10   | 5                                   |                            |                                     |                            |                                     |
| 28,6                  | 95                                   | 10   | 7,5                                 |                            |                                     |                            |                                     |
| 28,2                  | 90                                   | 10   | 10                                  |                            |                                     |                            |                                     |
| 27,8                  | 85                                   | 15   | 10                                  | 10                         | 5                                   |                            |                                     |
| 27,3                  | 80                                   | 15   | 13                                  | 10                         | 7,5                                 |                            |                                     |
| 26,9                  | 75                                   | 20   | 13,5                                | 10                         | 10,5                                |                            |                                     |
| 26,5                  | 70                                   | 25   | 14                                  | 15                         | 11,5                                | 10                         | 5,5                                 |
| 26,1                  | 65                                   | 25   | 19                                  | 20                         | 12,5                                | 10                         | 9                                   |
| 25,7                  | 60                                   | 30   | 20,5                                | 25                         | 13                                  | 15                         | 10                                  |
| 25,2                  | 55                                   | 30   | 26,5                                | 25                         | 18,5                                | 15                         | 14                                  |
| 24,8                  | 50                                   | 30   | 32                                  | 30                         | 22                                  | 20                         | 17                                  |
| 24,4                  | 45                                   | 30   | 38                                  | 30                         | 28,5                                | 25                         | 19,5                                |
| ≤ 23.9                | ≤ 40                                 | 30   | 42                                  | 30                         | 35                                  | 30                         | 24,5                                |

### 3.26 Uponor Klett

<https://www.uponor.it/prodotti/riscaldamento-e-raffrescamento-a-pavimento/klett-wet-installation>

Da tale scheda tecnica, estratta dal sito di Uponor, si ricava che l'interasse di posa sarà di 10 cm, su un'area totale di 7,5 m<sup>2</sup>, con una temperatura di superficiale di 28,6 °C.

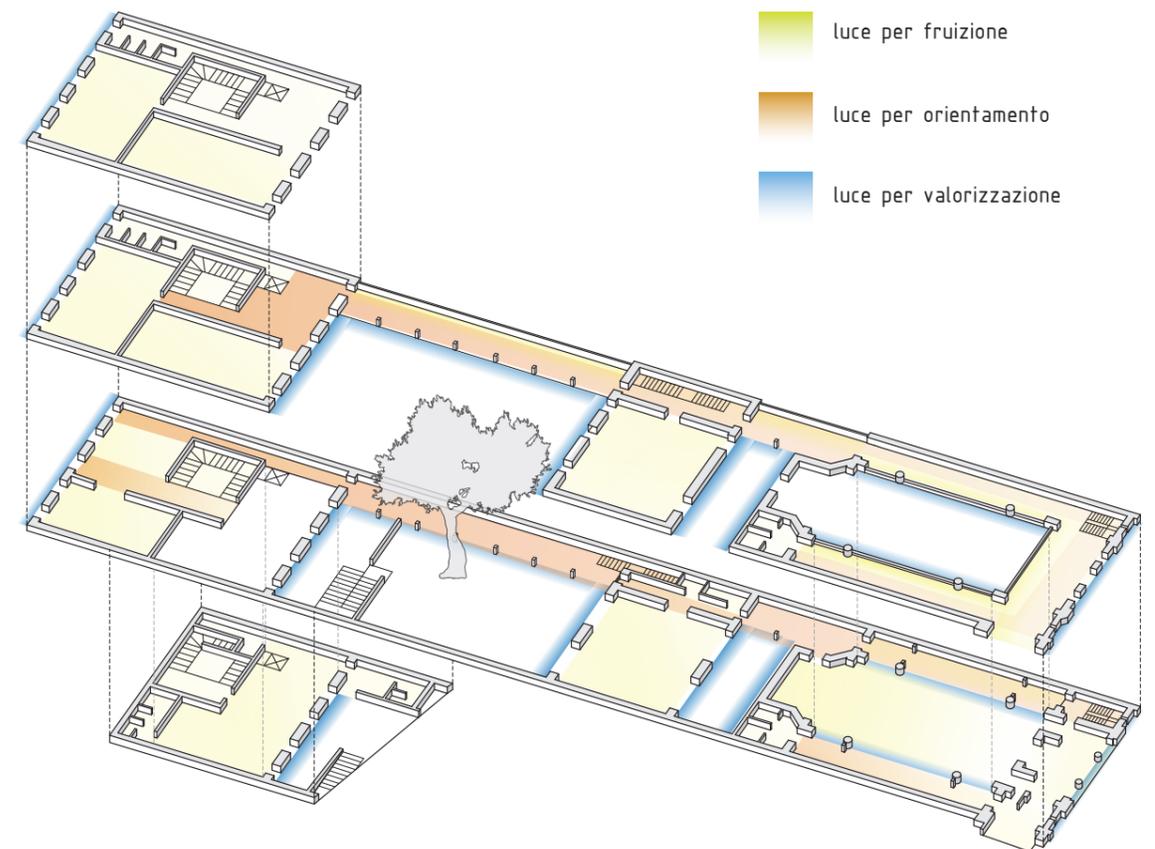
Dove:

| Simbolo           | Significato  | Unità di misura           |
|-------------------|--|---------------------------|
| $A_i$             | Area netta interna                                       | $[m^2]$                   |
| $n^\circ$         | numero persone   |                           |
| $n_i$             | tasso di ricambio aria                                   | $[n^{-1}]$                |
| $Q$               | Portata d'aria   | $[m^3/h]$                 |
| $q_{des}$         | Flusso termico areico/resa termica                       | $[W/m^2]$                 |
| $Q_{op}$          | Portata d'aria esterna                                   | $[m^3/s \text{ persona}]$ |
| $R_e$             | Resistenza termica Superficiale esterna                  | $[m^2K/W]$                |
| $R_i$             | Resistenza termica Superficiale interna                  | $[m^2K/W]$                |
| $s$               | Spessore   | $[m]$                     |
| $U$               | Trasmittanza termica                                     | $[W/m^2K]$                |
| $V_n$             | Volume netto ambiente riscaldato                         | $[m^3]$                   |
| $V_l$             | Volume lordo ambiente riscaldato                         | $[m^3]$                   |
| $V_z$             | Interasse di posa  | $[cm]$                    |
| $\Theta_e$        | Temperatura esterna di progetto                          | $[^\circ C]$              |
| $\Theta_{F,m}$    | Temperatura superficiale                                 | $[^\circ C]$              |
| $\Theta_i$        | Temperatura interna di progetto                          | $[^\circ C]$              |
| $\Theta_{V,des}$  | Temperatura di mandata                                   | $[^\circ C]$              |
| $\lambda$         | Conducibilità termica                                    | $[W/mK]$                  |
| $\rho_L * C_{pl}$ | Prodotto tra massa volumica e Calore specifico dell'aria | $[0,34 \text{ Wh}/m^3K]$  |
| $\Phi_{HL,i}$     | Carico termico di Progetto invernale                     | $[W]$                     |
| $\Phi_{hu,i}$     | Potenza termica specifica di ripresa della zona i        | $[W/m^2]$                 |
| $\Phi_{hu,i}$     | Potenza termica di ripresa                               | $[W]$                     |
| $\Phi_{T,i}$      | Flusso termico disperso Per trasmissione                 | $[W]$                     |
| $\Phi_{v,i}$      | Flusso termico disperso Per ventilazione                 | $[W]$                     |

3.19 Tabella di nomenclatura riferita alle pagine 162, 163 e 164

### 3.3 Progetto illuminotecnico

Nella figura 3.20 è rappresentato il masterplan dedicato all'impianto di illuminazione che mostra il tipo di luce richiesta per ogni ambiente a seconda delle esigenze e delle funzioni previste.



3.20 Masterplan illuminotecnico - Previsione delle dotazioni impiantistiche

In questo masterplan la luce viene studiata come luce per fruizione, orientamento e valorizzazione. Tutti gli ambienti godranno di un'illuminazione finalizzata a renderli utilizzabili per la loro funzione specifica; la luce per l'orientamento è applicata laddove si rende necessaria per sottolineare il percorso creato dalla morfologia dei luoghi, che rende la scuola *traversante*; quella per valorizzare è impiegata per gli elementi architettonici preesistenti da porre in accento per evidenziarne la lettura, come i pilastri della biblioteca e le facciate degli edifici, o per mettere in risalto le nuove strutture come la passerella.

Al piano interrato, occupato dalla mensa, è richiesto un illuminamento omogeneo, in particolare saranno necessari degli apparecchi che dovranno garantire un'adeguata illuminazione sulla superficie utile dei tavoli. La luce deve garantire la possibilità di fruire del locale. Nel vano scala deve essere presente un'illuminazione tale da garantire l'orientamento, che guidi dunque il percorso verticale.

Per quanto riguarda i piani superiori, in tutti gli ambienti è necessario garantire un'illuminazione che possa permettere la fruizione e garantire l'esercizio della funzione del locale.

In generale, all'interno delle aule didattiche e nella sala lettura si rende necessaria un'illuminazione sulla superficie utile dei tavoli che possa garantire un illuminamento adeguato affinché l'utenza possa usufruire dell'ambiente. La concezione del progetto di illuminazione artificiale per la biblioteca è stata, in parte, analizzata nel capitolo I, sezione 1.5.3.

Per sottolineare il tema dei percorsi, su cui si è compiuto un focus nella sezione sopracitata, verrà installata un'illuminazione che possa guidare l'utenza nell'orientamento spaziale. In particolare il progetto illuminotecnico servirà a direzionare il fruitore nei percorsi verso la corte e nella passerella posta al primo piano, fino alla sala lettura nella biblioteca. All'interno della suddetta galleria, l'illuminazione assicurerà la lettura dei lavori degli allievi esposti sulla parete ovest della struttura, come da immagine a pagina 90. Su di essa sarà concentrata la verifica per mezzo del software Dialux, trattata nella sezione 3.3.1 di questo capitolo.

Per quanto riguarda l'illuminazione finalizzata alla valorizzazione e all'identificazione degli aspetti architettonici, essa sarà applicata alle facciate interne della corte, alla facciata della nuova biblioteca e al suo ingresso e alla volta di quest'ultima. Un altro elemento che può essere valorizzato per mezzo dell'installazione di un impianto di illuminazione è il platano posto nel cuore della corte.

Occorre specificare che l'illuminazione d'emergenza è prevista per ogni locale per garantire la sicurezza, ma non verrà trattata in questa sede.

Per quanto riguarda il *concept illuminotecnico*, in questa tesi si è deciso di trattare in maniera più approfondita la corte, con la struttura della passerella/galleria espositiva, le facciate della Batisse e della Maison Suisse e il platano posto nel cuore di essa.

Come mostrato nella figura 3.21, l'impianto di illuminazione nella corte servirà ad illuminare le facciate degli edifici esistenti, della Batisse e della Maison Suisse, al fine di mettere in valore gli elementi architettonici esistenti, soprattutto in caso di un eventuale evento che può svolgersi all'interno di questa corte storica.

Gli schizzi 3.23, 3.24 e 3.25 rappresentano come la luce possa modellare essa stessa le facciate e mettere in risalto la verticalità delle nuove aperture a doppia altezza della mensa nella Batisse e gli elementi peculiari della Maison Suisse, come le aperture arcate poste al piano terra e le lucarne del tetto. Per mettere un accento alla struttura ex novo della passerella che si stanza nella corte, i sei pilastri fondamentali della struttura saranno illuminati dall'alto verso il basso. Un'illuminazione per garantire l'orientamento nel percorso che unisce tutti gli edifici e i vani scala sarà posta al sotto della passerella. Anche il platano, protagonista dello spazio aperto del progetto, sarà caratterizzato da una luce integrata nelle sedute in legno che lo circondano.

In generale sono stati adottati due criteri di illuminazione per le strutture esistenti e quelle ex novo:

- L'esistente, ovvero le parti della corte che sono state conservate nella loro originalità e materialità, come le facciate della Maison Suisse e della Batisse nella parte superiore, così come il platano, saranno messi in luce attraverso un'illuminazione dal basso verso l'alto, con una temperatura di colore di 4000K;
- La nuova costruzione, come la passerella e la facciata inferiore della Batisse, invece, saranno illuminate dall'alto verso il basso, per sottolineare la verticalità e rendere chiaramente leggibile e identificabile il nuovo intervento, con un'illuminazione caratterizzata da una temperatura di colore di 3000K.

Anche nella nuova corte, posta tra la Maison Suisse e la biblioteca verranno applicati gli stessi criteri: l'illuminazione generale verrà garantita da un apparecchio dalla forma di un albero, per richiamare il platano della corte principale, che illuminerà il nuovo spazio dall'alto verso il basso.

La parete della biblioteca verrà invece messa in risalto da un videoproiettore orientato dal basso verso l'alto, grazie al quale i bambini della scuola potranno godere dell'aspetto ludico e didattico, attraverso la proiezione di immagine e giochi di ombre.

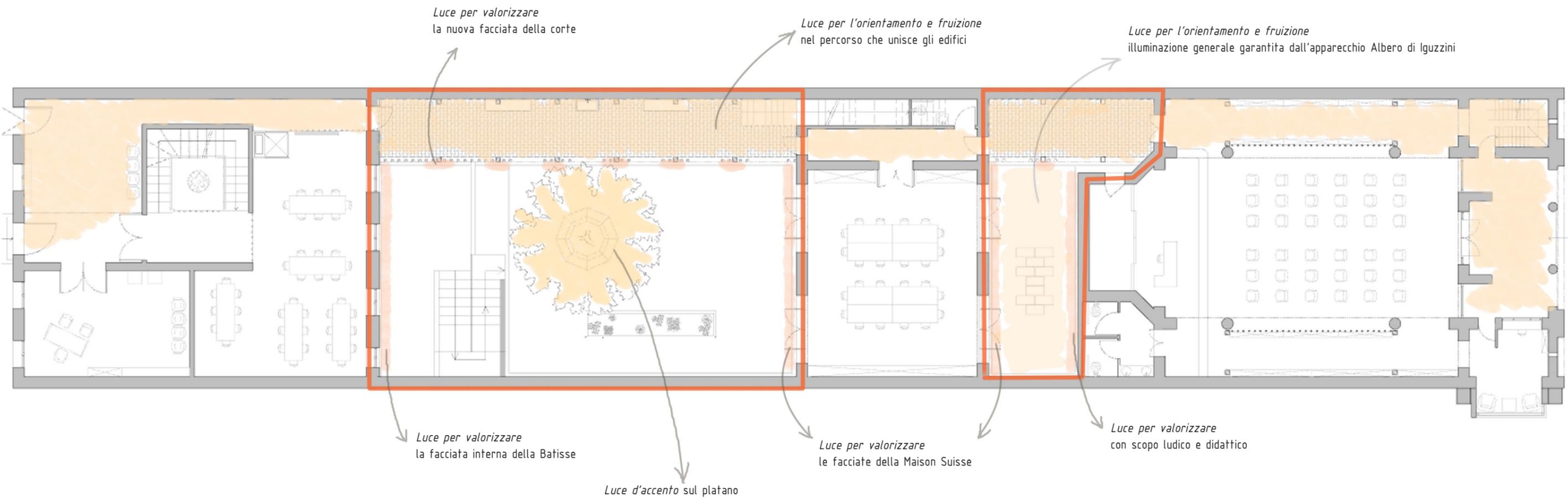
Per quanto riguarda il primo piano, come da immagine 3.22 e sezione 3.23, verrà impiegata una luce che varia in maniera decrescente a partire dalla Batische, luogo dedicato alla didattica, mediante una intensità che diminuisce gradualmente fino ad arrivare alla biblioteca.

Questo perchè le zone dedicate all'istruzione sono più luminose, mentre l'ambiente della biblioteca deve risultare più soffuso e solenne, in quanto ambiente di carattere storico in cui prevale il tema della valorizzazione. Così l'illuminazione accompagna il percorso in maniera graduale.

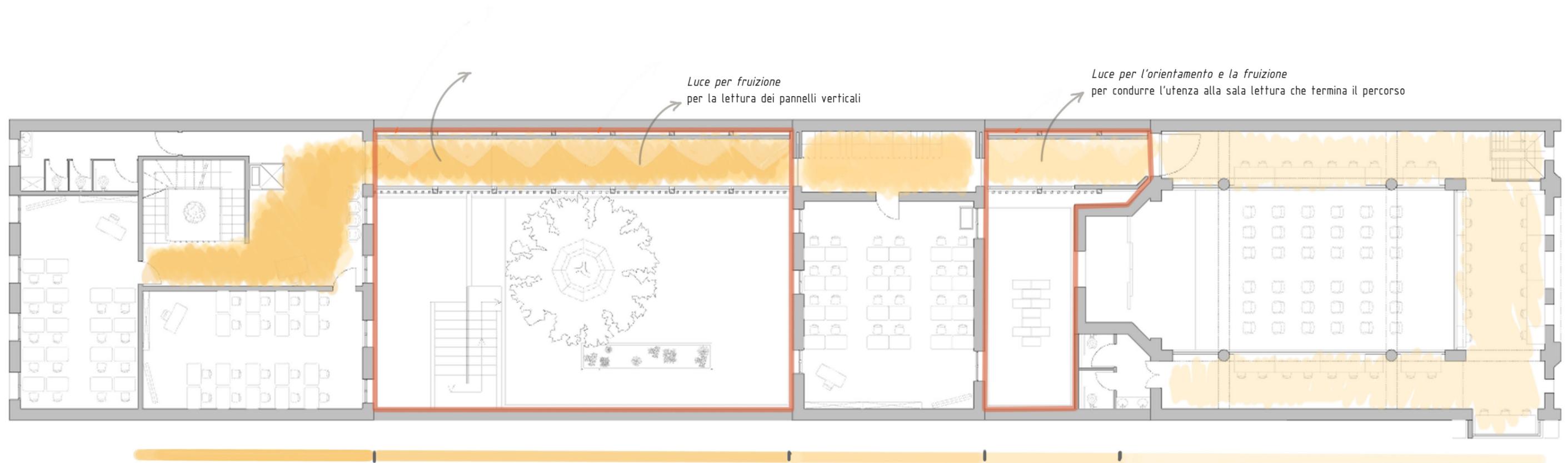
Quindi vi è uno spazio dotato di illuminazione intensa per l'ambiente della galleria espositiva che ha bisogno di garantire una lettura dei lavori, lo spazio di distruzione nella Maison Suisse che lo segue necessita di una luce per l'orientamento e la fruizione dello spazio come luogo di collegamento, che prosegue anche nella seconda passerella e giunge fino alla sala lettura che godrà di un'illuminazione puntuale sulle superfici utili dei tavoli che contribuirà all'illuminazione generale dell'ambiente, soddisfacendo il requisito minimo e l'aspetto funzionale.

Di seguito vengono riportati gli schemi esplicativi di concept in pianta (figure 3.21 e 3.22), in sezione (immagine 3.23) e degli schizzi (disegni 3.24 e 3.25). Il fine di questi schemi è la comunicazione e la resa grafica del progetto di luce spiegato in questa sezione. Per riassumerlo è stata elaborata una tavola (pagine 178 e 179) riassuntiva della composizione di luce della corte.

Dopo aver ipotizzato le tipologie di illuminazione e apparecchi, si procede con la verifica per mezzo del software Dialux Evo.

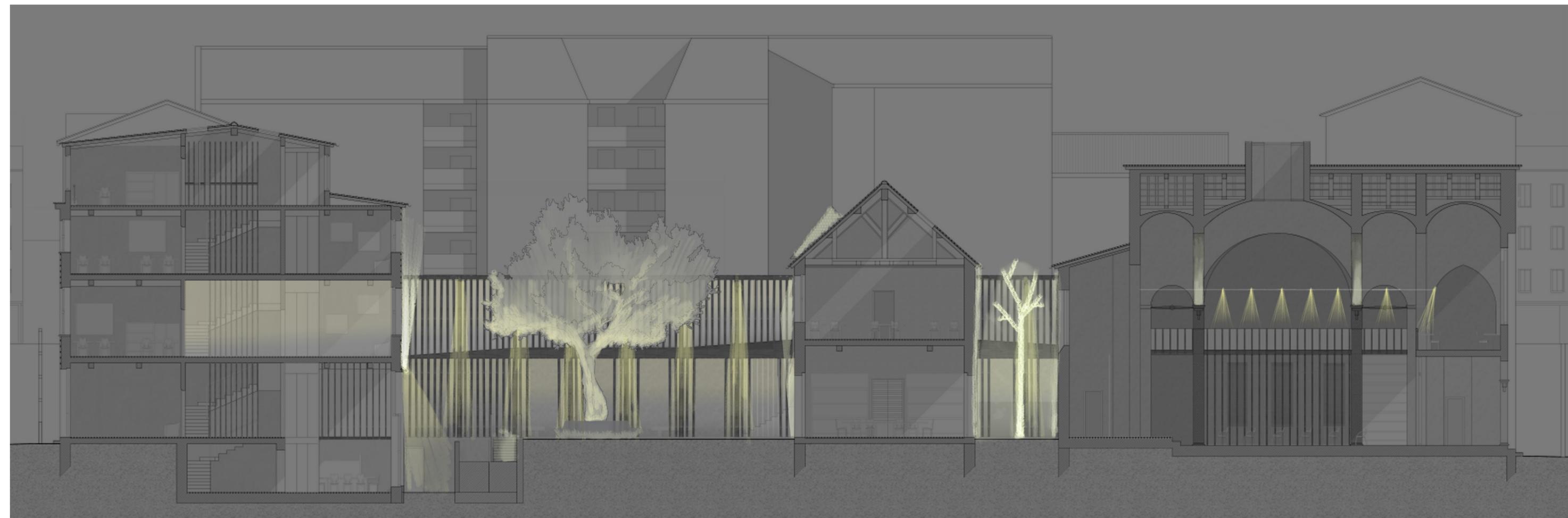


3.21 Concept illuminotecnico - piano terra



3.22 Concept illuminotecnico - piano primo

*L'intensità della luce varia in maniera decrescente dalla Batisse fino alla Biblioteca*



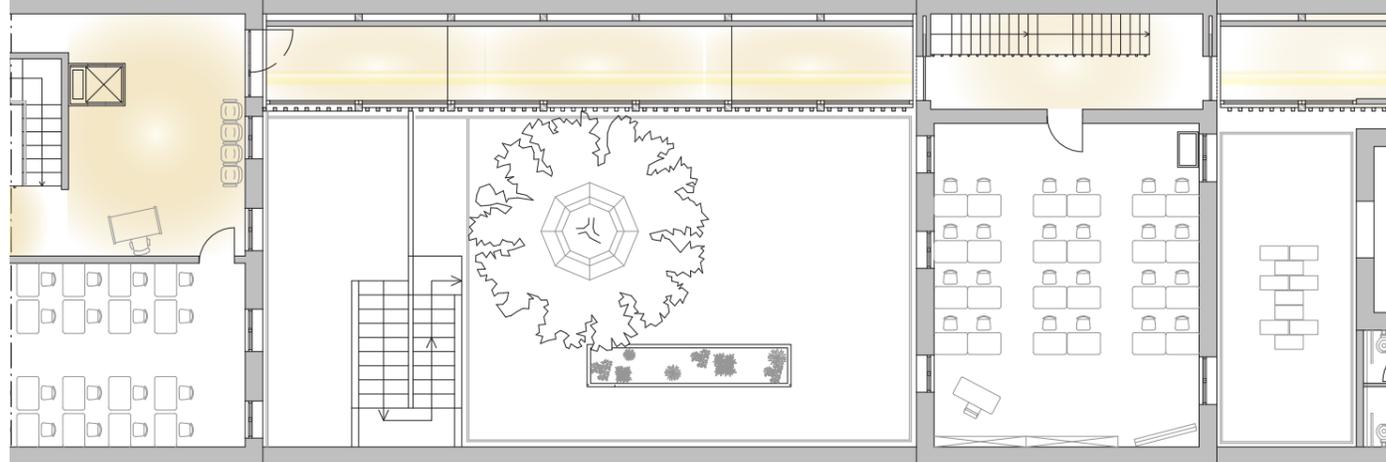
*3.23 Concept illuminotecnico delle corti e del percorso al primo piano*



3.24 Schizzo di concept sulla corte

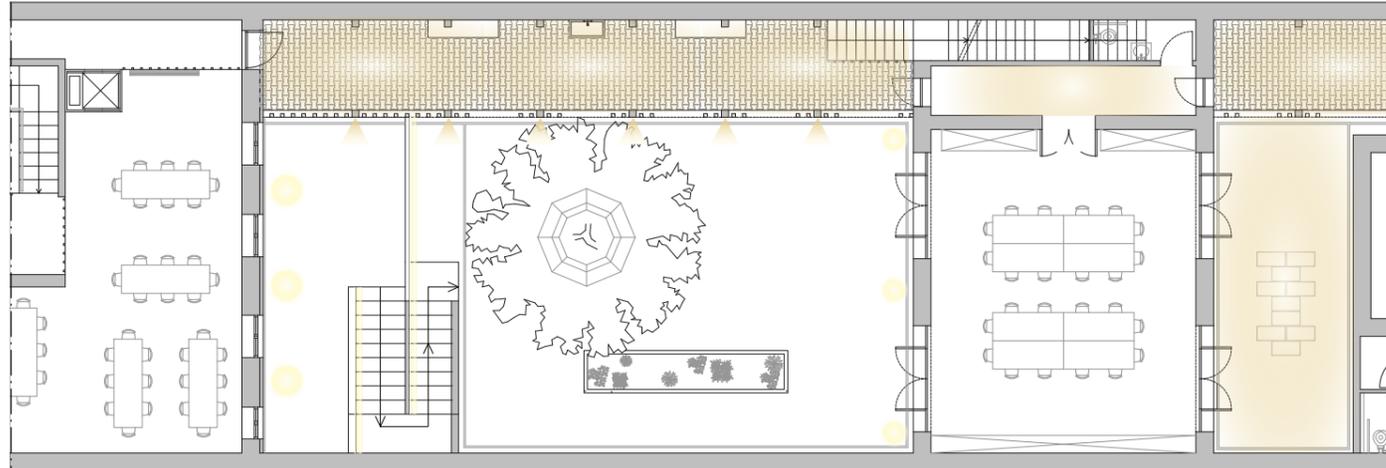


3.25 Schizzo di concept sulla corte minore



PIANO PRIMO

scala 1:50



PIANO TERRA

scala 1:50

**Legenda piante**

- illuminazione diffusa
- illuminazione diretta/puntuale
- illuminazione lineare
- bianca calda 3000K
- bianca neutra 4000K

**CONCEPT:**



PROSPETTO SUD SULLA CORTE

scala 1:50



PROSPETTO NORD SULLA CORTE

scala 1:50

| AMBIENTE          | ESIGENZE   | SCELTE PROGETTUALI  |
|-------------------|--|---|
| Corte             | -valorizzazione delle facciate;<br>-illuminazione generale dell'ambiente;                        | -illuminazione diffusa con apparecchi incastri a terra e montati su parete;<br>-illuminazione diffusa con contributo da tutti gli apparecchi; |
| Galleria          | -illuminazione omogenea e generale dell'ambiente;<br>-illuminazione utile sui pannelli verticali | -apparecchi incastri nella struttura per un'illuminazione diffusa<br>-illuminazione a fascia orientata  |
| Zone distributive | -illuminazione omogenea e generale dell'ambiente;<br>-illuminazione per l'orientamento           | -illuminazione lineare diffusa con variazione di intensità tra gli ambienti in maniera graduale   |

**Legenda prospetti**

- illuminazione diffusa
- illuminazione diretta/puntuale
- bianca calda 3000K
- bianca neutra 4000K

Per il progetto illuminotecnico sono stati adottati due criteri di illuminazione per l'esistente e l'ex novo:

- Le parti della corte che sono state conservate nella loro originalità e materialità, come le facciate della Maison Suisse e della Batisse nella parte superiore, così come il platano, saranno messi in luce attraverso un'illuminazione dal basso verso l'alto, con una temperatura di colore di 4000K;
- Le nuove costruzioni, come la passerella e la facciata inferiore della Batisse, invece, saranno illuminate dall'alto verso il basso, per sottolineare la verticalità e rendere chiaramente leggibile e identificabile il nuovo intervento, con un'illuminazione caratterizzata da una temperatura di colore di 3000K.

Anche nella nuova corte, posta tra la Maison Suisse e la biblioteca verranno applicati gli stessi criteri: l'illuminazione generale verrà garantita da un apparecchio dalla forma di un albero, per richiamare il platano della corte principale, che illuminerà il nuovo spazio dall'alto verso il basso. La parete della biblioteca verrà invece messa in risalto da un video-proiettore orientato dal basso verso l'alto, grazie al quale i bambini della scuola potranno godere dell'aspetto ludico e didattico, attraverso la proiezione di immagine e giochi di ombre.

Per quanto riguarda il primo piano verrà impiegata una luce che varia in maniera decrescente a partire dalla Batisse, luogo dedicato alla didattica, mediante una intensità che diminuisce gradualmente fino ad arrivare alla biblioteca, per rendere le zone dedicate all'istruzione più luminose, mentre l'ambiente della biblioteca più soffuso e solenne. Così l'illuminazione accompagna il percorso in maniera graduale dall'area più luminosa a quella più scura.



VISTA SULLA CORTE PRINCIPALE



VISTA SULLA CORTE SECONDARIA

179

PROSPETTO EST SULLA CORTE

scala 1:50

### *3.3.1 Verifica con software del progetto illuminotecnico*

Dopo aver ipotizzato le varie tipologie di illuminazione e apparecchi destinati al soddisfacimento delle esigenze per ogni ambiente, si procede con la verifica per mezzo di un software.

In questo caso si utilizzerà il programma Dialux Evo, software utile per la progettazione illuminotecnica professionale. Esso permette di progettare, calcolare e visualizzare la luce di aree interne ed esterne, interi edifici, parcheggi o aree urbane.

Per questo studio si è modellato lo spazio esterno della corte e quello interno della passerella in modo da analizzare come l'illuminazione interna influisce sull'esterno e viceversa.

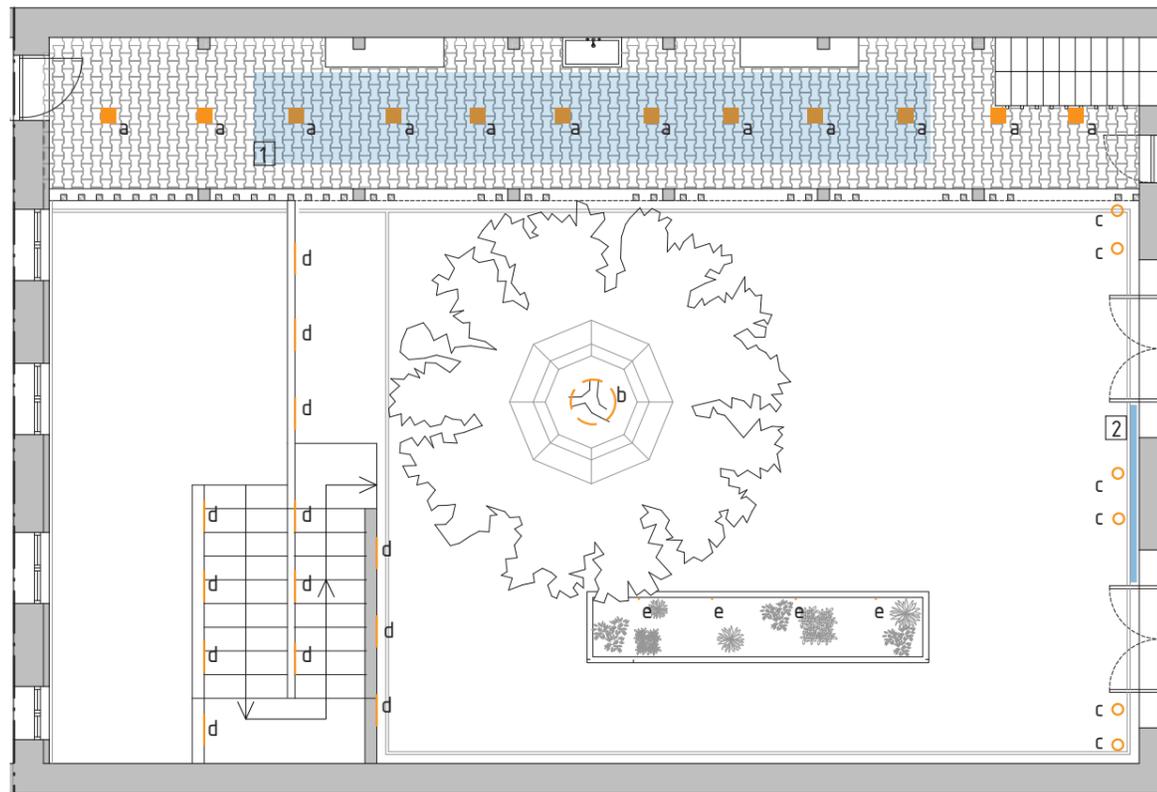
Dopo aver creato un modello 3D dello spazio interessato e aver applicato i materiali, sono stati inseriti all'interno del software dei file ULD degli apparecchi che sono stati considerati ottimali per la risposta ai requisiti richiesti. Di questi, si deve scegliere la posizione e l'orientamento. Vengono dunque posizionate delle superfici di calcolo in nodi che sono interessati da una funzione specifica e che devono rispettare i requisiti imposti. Infine si ottengono delle informazioni sulla distribuzione della luce attraverso grafici di valori e falsi colori.

Gli apparecchi sono stati posizionati in modo da illuminare le facciate, il passaggio sotto la galleria e all'interno di essa, i pannelli verticali, le scale, il platano e l'ambiente esterno in maniera generale. Si è attinto ai siti web delle aziende Iguzzini, Deltalight e Linealight per i file ULD da inserire nel modello. Per la facciata della Batisse, sono stati applicati degli apparecchi a parete, adatti all'esterno, rivolti verso l'alto per illuminare la facciata originale e verso il basso per mettere in luce la verticalità data dalle nuove aperture a doppia altezza. Per la Maison Suisse si è optato per apparecchi posti ad incasso nel pavimento, anch'essi adatti per un luogo esterno, e altri a parete indirizzati verso le lucarne. Per la galleria sono stati inseriti degli apparecchi ad incasso a soffitto, integrati nella struttura, volti a illuminare le zone di camminamento in maniera omogenea, mentre per i pannelli verticali sono state usate delle fasce led wall washer e dei proiettori orientabili a seconda delle necessità. All'illuminazione dell'ambiente generale contribuiscono coppie di proiettori posizionati sui pilastri, orientati con fasci perpendicolari alla superficie del pavimento e verso il centro dello spazio. A questi si aggiungono le strisce led inserite nella seduta del platano.

Nell'immagine 3.27 e 3.28 sono riportati i valori risultati sulle superfici di calcolo, poste in zone considerate rappresentative. Di particolare importanza sono i dati dell'illuminamento medio e dell'uniformità sulle varie superfici. Ai fini della verifica, questi valori devono far riferimento alla tabella di requisiti data dalla normativa (3.26) per ogni ambiente (riportata anche a pagina 129).

| Zona/Compito                      | $\bar{E}_m$<br>[lx] | $UGR_L$<br>[-] | $U_0$<br>[-] | $R_a$<br>[-] | Requisiti specifici   |
|-----------------------------------|---------------------|----------------|--------------|--------------|---|
| Aule scolastiche                  | 300                 | 19             | 0,6          | 80           | Raccomandata regolazione e/o parzializzazione impianto            |
| Aule corsi serali                 | 500                 | 19             | 0,6          | 80           | Raccomandata regolazione e/o parzializzazione impianto            |
| Lavagne e schermi bianchi o verdi | 500                 | 19             | 0,7          | 80           | Evitare riflessi speculari. Presentatori illuminati verticalmente |
| Aule disegno tecnico              | 750                 | 16             | 0,70         | 80           | -   |
| Laboratori informatica            | 300                 | 19             | 0,6          | 80           | Per postazioni con videotermini vedere EN ISO 9241-307:2009       |
| Ingressi                          | 200                 | 22             | 0,4          | 80           | -   |
| Corridoi                          | 100                 | 25             | 0,4          | 80           | -   |
| Scale                             | 150                 | 25             | 0,4          | 80           | -   |
| Aula magna                        | 200                 | 22             | 0,4          | 80           | -   |
| Sala professori                   | 300                 | 19             | 0,6          | 80           | -   |
| Mensa                             | 200                 | 22             | 0,4          | 80           | -   |
| Palestra e piscina                | 300                 | 22             | 0,6          | 80           | Per attività specifiche vedere UNI EN 12193:2019                  |
| Magazzini                         | 100                 | 25             | 0,4          | 80           | -   |

3.26 Tabella dei valori di riferimento da UNI 10840:2007

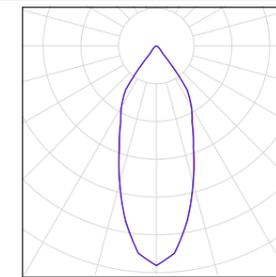


3.27 Planimetria piano terra  
posizionamento di apparecchi e superfici di calcolo

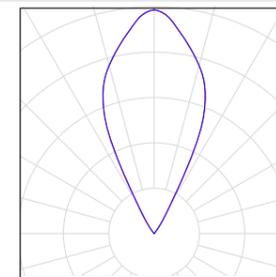
| Superficie:                      | Illuminamento medio [lx]: | Uniformità: |
|----------------------------------|---------------------------|-------------|
| 1 - distribuzione al piano terra | 95.4                      | 0.53        |
| 2 - facciata della Maison Suisse | 21.3                      | 0.52        |

Di seguito vengono riportati gli apparecchi di illuminazione, selezionati dai cataloghi delle diverse aziende, con le rispettive caratteristiche per gli ambienti evidenziati al piano terra.

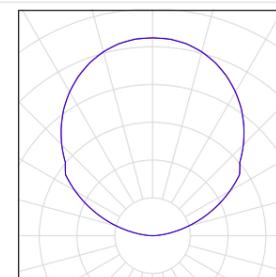
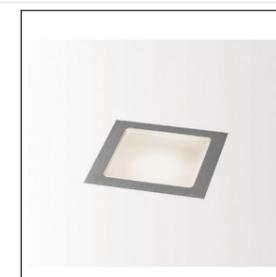
**a.** Delta Light - 202 207 811 932 CARREE X LED 93033-65 S2  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1x202 207 811 932 CARREE X LED 93033-65 S2 alu grey version  
Rendimento: 76.47%  
Flusso luminoso lampadina: 812 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 621 lm  
Potenza: 7.0 W  
Rendimento luminoso: 88.7 lm/W  
  
Indicazioni di colorimetria  
1x202 207 811 932 CARREE X LED 93033-65 S2 alu grey version: CCT 3000 K, CRI 90



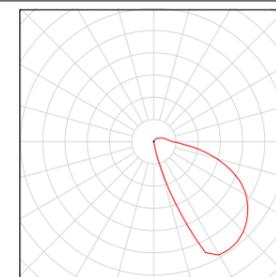
**b.** iGuzzini illuminazione - BE15\_X584 Lun-Up Evo 9.2W  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1xLED  
Rendimento: 64.97%  
Flusso luminoso lampadina: 1380 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 897 lm  
Potenza: 9.2 W  
Rendimento luminoso: 97.5 lm/W  
  
Indicazioni di colorimetria  
1xD95R: CCT 4000 K, CRI 80



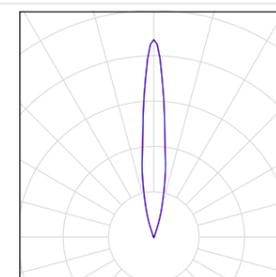
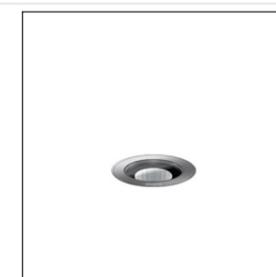
**c.** Delta Light NV - 302 10 34 LEDS GO IN FORTE NW  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1xLED @ 350mA  
Rendimento: 29.90%  
Flusso luminoso lampadina: 130 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 39 lm  
Potenza: 2.0 W  
Rendimento luminoso: 19.4 lm/W  
  
Indicazioni di colorimetria  
1x: CCT 3000 K, CRI 100

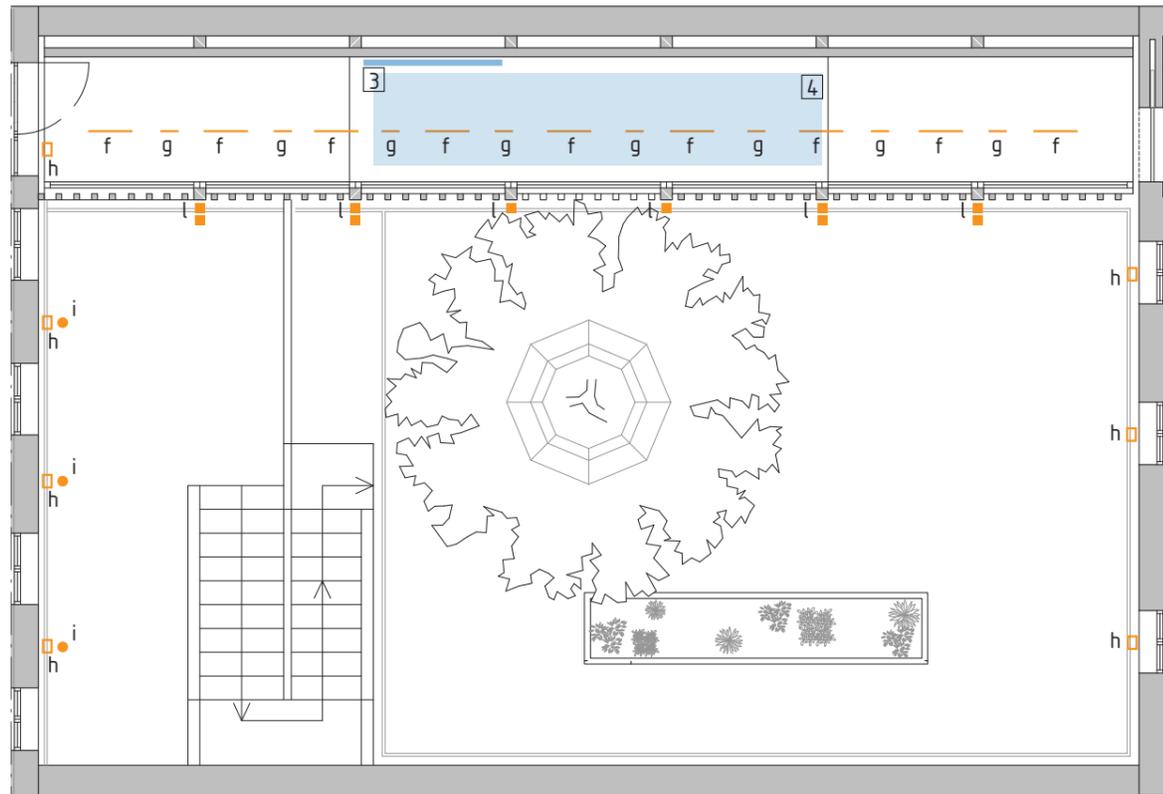


**d.** Delta Light NV - 304 32 01 83 LOGIC W L  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1xLED cluster  
Rendimento: 9.14%  
Flusso luminoso lampadina: 1480 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 135 lm  
Potenza: 11.0 W  
Rendimento luminoso: 12.3 lm/W  
  
Indicazioni di colorimetria  
1x: CCT 3000 K, CRI 80



**e.** iGuzzini illuminazione - ER51\_X489 Light Up Orbit 1W  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1xLED  
Rendimento: 43.90%  
Flusso luminoso lampadina: 120 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 53 lm  
Potenza: 1.0 W  
Rendimento luminoso: 52.7 lm/W  
  
Indicazioni di colorimetria  
1xD35B: CCT 3000 K, CRI 80



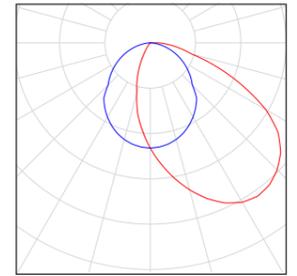
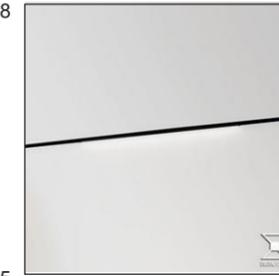


3.28 Planimetria piano primo  
posizionamento di apparecchi e superfici di calcolo

| Superficie:                    | Illuminamento medio [lx]: | Uniformità: |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|
| 3 - pannelli verticali         | 483.2                     | 0.68        |
| 4 - area distributiva galleria | 170.1                     | 0.72        |

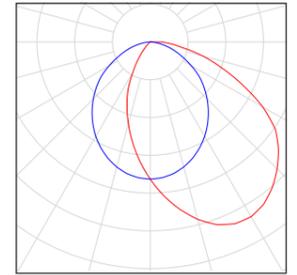
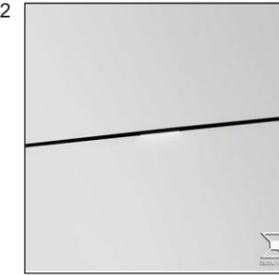
Di seguito vengono elencati gli apparecchi di illuminazione, scelti dai cataloghi delle diverse aziende, con le rispettive caratteristiche per gli ambienti evidenziati al piano primo.

**f.** Delta Light - 23369 9305 M - DOT.COM WALLWASH 08 930 DIM5  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1x23369 9305 M - DOT.COM WALLWASH 08 930 DIM5 LED FLEX CC 800mm 350mA  
Rendimento: 57.97%  
Flusso luminoso lampadina: 2200 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 1275 lm  
Potenza: 18.0 W  
Rendimento luminoso: 70.9 lm/W



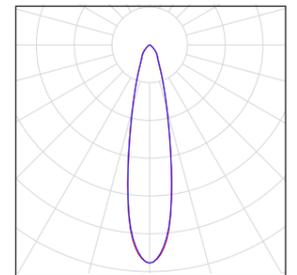
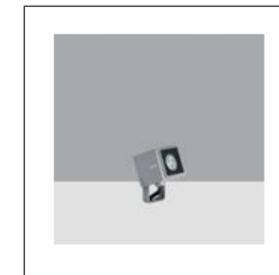
Indicazioni di colorimetria  
1x23369 9305 M - DOT.COM WALLWASH 08 930 DIM5 LED FLEX CC 800mm 350mA: CCT 3000 K, CRI 90

**g.** Delta Light - 23367 9205 M - DOT.COM WALLWASH 02 927 HO DIM5  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1x23367 9205  
Fotometria assoluta  
Flusso luminoso apparecchio: 1000 lm  
Potenza: 12.0 W  
Rendimento luminoso: 83.3 lm/W



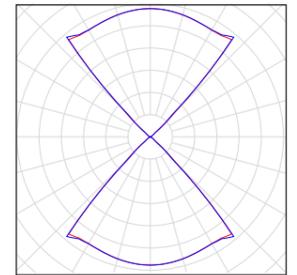
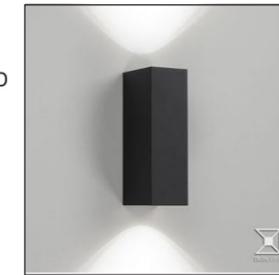
Indicazioni di colorimetria  
1x23367 9205: CCT 2700 K, CRI 90

**h.** iGuzzini illuminazione - BJ94 iPro - 51mm 4.2W  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1xLED  
Rendimento: 65.95%  
Flusso luminoso lampadina: 590 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 389 lm  
Potenza: 4.2 W  
Rendimento luminoso: 92.6 lm/W



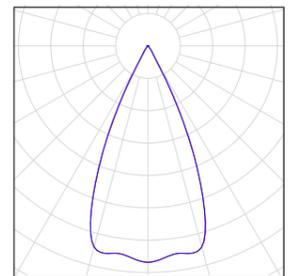
Indicazioni di colorimetria  
1xC06B: CCT 4000 K, CRI 80

**i.** Delta Light - 223 53 812 930 MONO II DOWN-UP LED 930  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 2x223 53 812 930 MONO II DOWN-UP LED 930 LED ARRAY BR-V8H-G7 3000K-cri90-350mA  
Rendimento: 81.33%  
Flusso luminoso lampadina: 1624 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 1321 lm  
Potenza: 14.0 W  
Rendimento luminoso: 94.3 lm/W



Indicazioni di colorimetria  
2x223 53 812 930 MONO II DOWN-UP LED 930 LED ARRAY BR-V8H-G7 3000K-cri90-350mA: CCT 3000 K, CRI 90

**l.** iGuzzini illuminazione - Q731 Palco iNOut - ø119mm 16.1W  
Emissione luminosa 1  
Dotazione: 1xLED  
Rendimento: 72.97%  
Flusso luminoso lampadina: 1950 lm  
Flusso luminoso apparecchio: 1423 lm  
Potenza: 16.1 W  
Rendimento luminoso: 88.4 lm/W



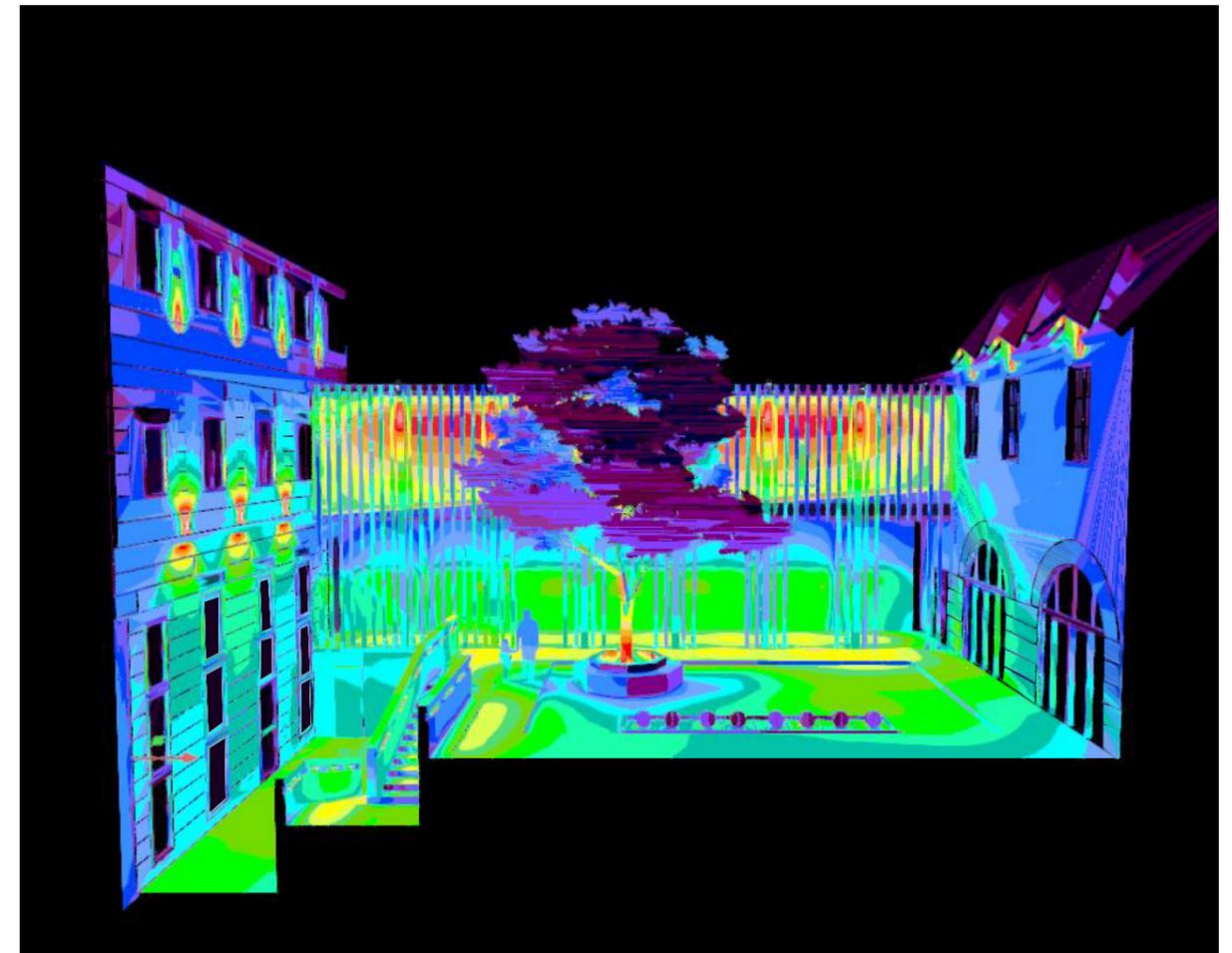
Indicazioni di colorimetria  
1xB02C\_Warm: CCT 3042 K, CRI 80

La schermata seguente, estrapolata dal software (immagine 3.29), riporta un render fotorealistico del progetto illuminotecnico della corte.



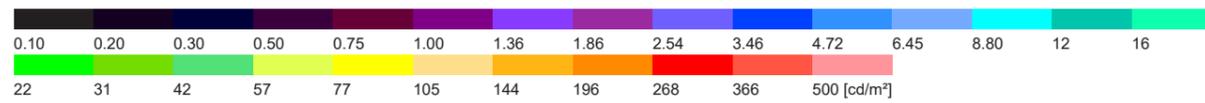
3.29 Schermata Dialux Evo del modello 3D della corte

Mentre l'immagine 3.30 rappresenta l'ambiente in falsi colori. Ogni totalità corrisponde ad un livello di illuminamento [lx].



3.30 Illuminamento rappresentato in falsi colori

Anche la schermata 3.31 mostra il progetto in falsi colori, riportando i valori delle luminanze [cd/m<sup>2</sup>].



*3.31 Luminanze rappresentate in falsi colori*

## *Conclusioni*

Questa tesi ha avuto come scopo quello di affrontare la sfida relativa al riuso di edifici storici esistenti attraverso un approccio metodologico per un progetto di riqualificazione, con inserimento di nuovi impianti all'interno di un complesso edilizio sottoposto a tutela.

Il progetto di restauro architettonico della *Scuola traversante* negli edifici che sono stati trattati nello studio marsigliese è stato concepito tenendo conto dell'integrazione dei nuovi impianti, in particolare di quello termico e di illuminazione. Infatti, pur avendo lavorato dapprima sull'aspetto di composizione architettonica, le premesse per l'introduzione degli impianti erano già state previste.

Secondo l'*Atlante della Riqualificazione*, "per un miglioramento dell'efficienza energetica nell'edificio esistente si rende necessario, come per un edificio nuovo, un tipo di approccio integrato alla progettazione."

Il modus operandi, presentato in questo studio, fornisce delle linee guida che è possibile seguire per mettere in atto una progettazione integrata riguardante gli impianti, che risponda alle esigenze e alle problematiche proposte, che soddisfi i requisiti dettati dalla normativa e che possa far dialogare le diverse figure professionali e le differenti discipline coinvolte all'interno di un progetto d'architettura.

Questa tesi ha visto l'attuazione dell'approccio studiato, all'interno di un caso studio particolare, approfondendo l'applicazione del progetto dell'impianto termico e dell'impianto di illuminazione; ma in generale si vuole affermare che questo lavoro di analisi è stato volto a dimostrare come sia possibile mettere in pratica la teoria fornita, estendendola al progetto di altre tipologie di impianto, in qualunque contesto di restauro che riguardi il coinvolgimento di beni storici.

Nello svolgimento di questa tesi, le limitazioni sono state molteplici, soprattutto nella fase iniziale di rilievo e ridisegno dell'esistente. A causa delle condizioni sanitarie attuali, i sopralluoghi compiuti sono stati limitati e limitanti e non hanno potuto fornire una mappatura completa e puntuale degli impianti esistenti e dei degradi presenti.

In vista di un eventuale proseguimento del progetto, che vedrebbe potenzialmente anche l'inserimento di altri tipi di dotazioni impiantistiche, sempre seguendo l'approccio metodologico illustrato, si potrebbero effettuare delle visite del sito che possano fornire in maniera più accurata, informazioni riguardanti gli elementi presenti sopracitati, che in questa sede non sono stati approfonditi.

Per concludere, potrebbe risultare interessante testare l'approccio studiato e approfondito in questa tesi, in modo da aiutare il dialogo tra *storico ed esistente* in ambito architettonico, in altri casi studio di progetto che coinvolgano diversi tipi di sistemi impiantistici.

## **Bibliografia**

### **Monografie:**

- 1) Astolfi A. e Corrado V. , Dispense del corso di *Fisica tecnica ambientale*, a.a. 2016-2017, Politecnico di Torino
- 2) Ballarini I. e Taraglio R., Dispense del corso *Atelier Progetto di restauro architettonico A (Tecniche del controllo ambientale e impianti negli antichi edifici)*, a.a. 2018-2019, Politecnico di Torino
- 3) Ballarini I. e Taraglio R., Dispense del corso *Atelier Progetto di restauro architettonico A (Tecniche del controllo ambientale e impianti negli antichi edifici)*, a.a. 2020-2021 , Politecnico di Torino
- 4) Brandi C., *Teoria del restauro*, 1963, Piccola Biblioteca Einaudi
- 5) Dezzi Bardeschi C. (a cura di), Dezzi Bardeschi M., *Abbecedario minimo 'Ananke. Cento voci per il restauro*, 2017, Altralinea
- 6) English Heritage, *Energy conservation in traditional buildings*, English Heritage, Londra, 2009.
- 7) Germana M.L. , *La qualità nel recupero edilizio*, 1995, Alinea Firenze
- 8) Giannini C. (a cura di), *Dizionario del restauro*, 2010, Nardini Editore
- 9) Giebeler G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K., Rudolphi A., (traduzione a cura di George Frazzica e Bruno Persico), *Atlante della riqualificazione degli edifici*, 2009, Utet Scienze tecniche
- 10) Ginesi A., *Teoria dell'illuminazione dei beni culturali*, 2000, Editoriale Domus
- 11) Natterer J., Herzog T., Volz M., (traduzione a cura di Margaroli R.), *Atlante del legno*, 1999, Utet Scienze tecniche
- 12) Lucchi E., *Tutela e valorizzazione. Diagnosi energetica e ambientale del patrimonio culturale*, Maggioli Editore, 2009.
- 13) Lucchi E., Pracchi V., a cura di, *Efficienza energetica e patrimonio costruito. La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*, Maggioli Editore, 2013
- 14) Urbain P., *Architectures historiques à Marseille*, 1987, Edisud
- 15) Zask J., *Quand la place devient publique*, 2018, Le bord de l'eau.

### **Articoli e seminari:**

- 1) Bellini A. (articolo di), *Il restauro architettonico al Politecnico di Milano: l'apporto di Liliana Grassi*, 2016, Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, Milano
- 2) Lopez R. (articolo di), *Les Suisses à Marseille : une immigration de longue durée*. in: *Revue européenne des migrations internationales*, vol. 3, n°1-2, 1er-3e trimestre 1987. pp. 149-173
- 3) Vaudano R. G (a cura di) , *Ciclo di seminari "Il recupero, il restauro e il consolidamento di immobili storici e vincolati"*, *Gli impianti tradizionali e moderni negli edifici storici e la loro integrazione negli interventi di restauro e recupero*, 2017, Alessandria

### **Legislazione:**

- 2) Comitato dei Ministri del Consiglio d'Europa, *Carta Europea del Patrimonio Architettonico*, Congresso di Amsterdam, 1975
- 2) Decreto ministeriale n°42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, art. 2, *Patrimonio culturale*, 22 gennaio 2004
- 3) Decreto ministeriale n°42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, art. 3, *Tutela del patrimonio culturale.*, 22 gennaio 2004
- 4) Decreto ministeriale n°42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, art. 6, *Valorizzazione del patrimonio culturale*, 22 gennaio 2004
- 5) Decreto ministeriale n°42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, art. 10, *Beni culturali*, 22 gennaio 2004
- 6) Decreto ministeriale n°42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, art. 11, *Beni oggetto di specifiche disposizioni di tutela*, 22 gennaio 2004
- 7) Decreto ministeriale n°42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, art. 29, *Conservazione*, (parte seconda, titolo I, Capo III, Sezione II), 22 gennaio 2004
- 8) MiBACT, *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale*, pubblicate il 4 novembre 2015
- 9) Ordinanza n° 2004-178, *Code du Patrimoine*, Articolo L1, *Patrimoine*, 20 febbraio 2004
- 10) Ordinanza n° 2004-178, *Code du Patrimoine*, Articolo L642-1, 20 febbraio 2004

### **Normativa tecnica:**

- 1) UNI EN ISO 6946:2018, Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo
- 2) UNI EN ISO 10077:2018, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica
- 3) UNI 10339:1995, Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- 4) UNI 10838:1999, Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.
- 5) UNI 10840:2007, Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale
- 6) UNI 11150:2005, Qualificazione e controllo del progetto edilizio per gli interventi sul costruito
- 7) UNI EN 12464-1:2011, Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni
- 8) UNI CEN/TR 12831:2018, Prestazione energetica degli edifici - Metodo per il calcolo del carico termico di progetto
- 9) UNI CEI EN 16247-1:2014, Diagnosi energetiche
- 10) UNI EN 16798-1:2019, Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

### ***Sitografia:***

- 1) Cartografia di Marsiglia, <https://remonterletemps.ign.fr/>, 05.2020
- 2) Catasto di Marsiglia, <https://www.cadastre.gouv.fr/>, 05.2020
- 3) Cartografia di Marsiglia, <http://archivesplans.marseille.fr/>, 05.2020
- 4) Cartografia di Marsiglia, <http://www.numerique.culture.fr/>, 05.2020
- 5) Dati geografici sulla città di Marsiglia, <https://www.marseille-provence.fr/>, 05.2020
- 6) Dati climatici, <http://adigitalinteractiveart.altervista.org/>, 06.2020
- 7) Riferimenti progettuali, <http://www.abitare.it/>, 06.2020
- 8) Riferimenti progettuali, <http://www.archiviocarloscarpa.it/>, 06.2020
- 9) Riferimenti progettuali, <https://www.fondazionealdorossi.org/>, 06.2020
- 10) Riferimenti progettuali, <https://divisare.com/authors/47181-paulo-mendes-da-rocha>, 06.2020
- 11) Cartografia, <https://www.lexilogos.com/marseille.htm>, 07.2020
- 12) Cartografia, <https://gallica.bnf.fr/>, 07.2020
- 13) Riferimenti progettuali, <https://www.ozetecture.org/glen-murcutt-projects>, 07.2020
- 14) Dati statistici sulla popolazione, [www.insee.fr/fr/statistiques/](http://www.insee.fr/fr/statistiques/), 10.2020
- 15) Articolo L642-1 del Code du Patrimoine, <https://www.legifrance.gouv.fr/>, 04.2021
- 16) Dichiarazione di Amsterdam, 1975, <http://www.ari-restauro.org/>, 05.2021
- 17) Rivista online, articolo sulla scuola francese, <https://www.la-croix.com/>, 06.2021
- 18) Sito ufficiale dell'amministrazione francese sull'istruzione, [www.service-public.fr/](http://www.service-public.fr/), 06.2021
- 19) Apparecchi per l'illuminazione, <https://www.deltalight.com/>, 07.2021
- 20) Apparecchi per l'illuminazione, <https://www.iguzzini.com/>, 07.2021
- 21) Apparecchi per l'illuminazione, <https://www.linealight.com/>, 07.2021
- 22) Valori trasmittanza termica progetto europeo, <https://episcopo.eu/welcome/>, 08.2021
- 23) Catalogo UNI, <http://store.uni.com/>, 08.2021

## *Ringraziamenti*

A conclusione di questo elaborato, vorrei dedicare qualche riga a chi, con dedizione e pazienza, mi ha sostenuto durante questo percorso.

Un ringraziamento particolare va alla mia relatrice, Ilaria Ballarini, che mi ha seguito, mettendosi sempre a disposizione con grande gentilezza, nella realizzazione di questa tesi.

Insieme a lei, vorrei ringraziare anche la mia corelatrice, Rossella Taraglio, per i suoi preziosi consigli e per la completa disponibilità.

Vorrei dedicare il prodotto finale del mio percorso magistrale a due persone speciali:

Maria e Giovanni. A loro che si sono donati a me e che fanno parte della mia crescita. A loro che hanno contribuito a rendermi la persona che sono oggi. A loro che, tra tutto, mi hanno insegnato ad affrontare le difficoltà che possono arrivare, perché fanno parte della vita, così come le cose belle, anche le più piccole, che sono il tesoro più prezioso. Grazie.

Un grazie ai miei genitori, che mi hanno dimostrato che occorre avere il coraggio di tuffarsi per raggiungere almeno un pezzetto di felicità.

A mia sorella Giovanna e a mio fratello Francesco, che sono i miei modelli, le linee guida su cui posso contare e gli unici che mi capiranno sempre.

Alla mia famiglia marsigliese, che mi ha accolta, mi ha cambiata e fatto innamorare.

A Maddalena, con cui ho affrontato questo percorso universitario. A lei che c'è sempre stata, dal primo giorno di triennale fino a qui.

E infine il più grande grazie va a Giulia, Giulia e Yasmine, le mie migliori amiche. A loro che non sono mai lontane, che mi hanno sostenuto in ogni momento difficile e che tifano per me ad ogni nuova sfida.

Grazie.

