

APSC



Area polifunzionale Spirito Chiappetta



POLITECNICO
MILANO 1863

Scuola di Architettura Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni
Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura
Anno accademico 2019-2020

Utilizzo di materiali FRM per il rinforzo strutturale di edifici esistenti:
sperimentazione e approcci progettuali su casi studio:
la Basilica della Santissima Immacolata di Merate

APSC
Area polifunzionale Spirito Chiappetta

Autrice:

Francesca Di Massa
843527

Relatore

Prof. Matteo Colombo

Correlatori

Prof. Paolo Bossi
Ing. Marco Carlo Rampini
Prof.ssa Elisabetta Rosina

ABSTRACT

Il progetto **Area Polifunzionale Spirito Chiappetta (APSC)** affronta la tematica del recupero storico-architettonico di un bene di grande valenza storica. L'edificio in questione è la Basilica della SS. Immacolata di Merate, in provincia di Lecco. L'intero progetto si prefigge di recuperare e consolidare, in modo rispettoso, l'immobile apportando il minor numero di modifiche possibile all'edificio, in modo tale da non alterare la sua forma originale se non inserendo alcuni elementi presenti nei disegni progettuali di Chiappetta, ma mai realizzati, come il campanile in facciata e il tiburio. L'inserimento di tali elementi è giustificato anche dal fatto che essi hanno un fine illuminotecnico (tiburio) e di distribuzione di flussi verticali (campanile).

Tutti gli interventi sono stati pensati in seguito ad un'attenta analisi dei documenti presenti nell'Archivio Chiappetta presso l'Istituto Beato Angelico di Milano e nell'Archivio della Parrocchia S. Ambrogio di Merate.

Ci si prefigge di introdurre, ove possibile, dettagli architettonici del progetto originario, come la pavimentazione a dame bianche e rosse e le cancellate in ferro battuto secondo i disegni di Chiappetta. Si è scelto di operare nell'ottica di un intervento il più neutro possibile anche perché molti edifici di Chiappetta sono andati distrutti o sono stati restaurati cancellandone l'aspetto originario. Quindi, per evitare di dover effettuare numerosi interventi sull'involucro dell'edificio, il progetto architettonico verte sul concetto della **"scatola nella scatola"** in modo tale da non dover ricoprire con numerosi strati le muraure, limitando, così, gli interventi sulle facciate. Questo approccio ha anche importanti risvolti funzionali, permette, infatti, di non dover riscaldare un primo piano alto 15 metri, con il conseguente rischio di un dispendioso spreco di energia. Le "scatole" sono unità indipendenti al cui interno si trovano luoghi di studio individuali, di gruppo e di coworking. Sono tutti spazi autonomi, ma collegati fra loro, e all'interno di ciascuno di essi si trovano gli impianti di illuminazione, di riscaldamento e di ventilazione. Questi spazi sono pensati per impattare il meno possibile all'interno della struttura e per permettere una grande flessibilità grazie a vetrate scorrevoli che consentono una totale apertura sull'esterno. In coerenza con una linea di recupero il meno invasiva possibile, gli interventi di consolidamento vengono effettuati con i materiali **FRCM** poiché sono materiali versatili, reversibili e di facile applicazione.

La scelta delle modalità d'utilizzo degli spazi interni ed esterni si fonda su due binomi: **individuo/collettività e memoria/ contemporaneità**. Entrambi gli elementi dei due binomi sono da intendersi in interdipendenza fra loro, poiché l'identità dell'individuo si definisce all'interno della comunità e la comunità è definita dalle relazioni tra i propri individui, allo stesso modo la memoria fonda la contemporaneità, così come la memoria risente dello sguardo contemporaneo. Si è voluto sottolineare questa interdipendenza concettuale dando **flessibilità** agli spazi progettati.

Al **pian terreno** è previsto un piccolo teatro, rito di comunità per eccellenza, così come era già ipotizzato nel progetto originario. La zona antistante al teatro è pensata come un percorso espositivo che può essere rimosso per lasciare spazio a postazioni per laboratori, per esempio di composizioni floreali, o per corsi (yoga, danza, ecc.). L'area espositiva è riservata a mostre di artisti contemporanei o di foto di scena degli spettacoli ospitati. **Al primo piano** si trovano ambienti di studio o di lavoro individuali e di coworking, sempre facilmente trasformabili grazie a un sistema di pareti opache scorrevoli che permettono di passare da un ambito individuale ad uno di gruppo. Nell'abside è collocata una piccola mostra permanente sulla produzione di Chiappetta. **All'esterno**, nella zona nord-ovest sono previste serre e aiuole coltivate da una cooperativa sociale.

Lo spazio verde a sud è adibito a giardino pubblico in cui è possibile collocare strutture mobili per eventuali laboratori o corsi all'aperto. **Nel seminterrato** si trovano depositi e locali impianti. Infine, nei **corpi accessori** sono collocati i loculi funerari, per adempiere al vincolo presente nell'atto di donazione. Anche se questa soluzione sembra non arricchire il progetto, in realtà enfatizza il binomio memoria/temporaneità.

Si spera che il progetto APSC valorizzi il bene architettonico grazie alla creazione di spazi di studio, di coworking, di incontro, di produzione e promuova attività culturali e artistiche per la popolazione di Merate e dei comuni circostanti.

The **Area Polifunzionale Spirito Chiappetta (APSC)** project undertakes the architectural restoration of a great historical landmark: the Basilica of SS. Immacolata in Merate (province of Lecco). This project aims to restore and stabilize the building in a conservative fashion, making as few changes as possible so as not to alter its original structure. The only new elements are two details from Chiappetta's original design plans that were never realized: a bell tower on the façade and a lantern. These additional elements will allow for provision of lighting (lantern) and vertical flow distribution (bell tower).

All planned changes to the building are based on careful analysis of documents from the Chiappetta Archive at the Beato Angelico Institute in Milan and the St. Ambrogio Parish Archive in Merate.

The aim of the project is to include features from the original design plans wherever possible, i.e., red and white dame flooring and wrought iron gates, by following Chiappetta's drawings. Unfortunately, many of Chiappetta's buildings have been destroyed or restored in a manner that effaces their original appearance. The choice was therefore made to operate in an extremely conservative way that limits unnecessary changes, following the so-called **"box in the box"** approach in order to reduce the number of layers used to cover the walls and restrict the number of interventions made to the façade. This approach also has important functional implications, since it avoids the necessity of heating a 15-metre-high first floor and therefore reduces energy waste. Since the 'boxes' are independent units containing separate individual, group, and coworking spaces – and thus are both autonomous and interconnected – they contain independent lighting, heating, and ventilation systems. These spaces are designed to have as little impact as possible on the interior of the structure; sliding glass doors opening outward also guarantee great flexibility. Consistent with this less-invasive approach, preservation work is being carried out with **FRCM** materials that are versatile, reversible, and easy to apply.

Choice of how to use the building's interior and exterior spaces was based on two sets of paired elements: **individual vs. community and past vs. present time**. These elements are strongly interrelated: the identity of the individual is defined within the community just as the community is defined by the relationships among its individuals; similarly, memory both constitutes the foundation of the present and is informed by the contemporary gaze. This conceptual interdependence is highlighted by the **flexibility** of the project's planned spaces.

On the ground floor, there will be a small theatre – a site emblematic of community ritual already envisioned in the original project plans. The area in front of the theatre is intended as an exhibition space that can be rearranged to host workshops, such as on flower arranging, or courses (yoga, dance, etc.). The exhibition area may also showcase contemporary artists or photography exhibitions related to performances taking place in the theatre. **On the first floor**, there will be individual study or work spaces as well as coworking areas; thanks to a system of opaque sliding walls, these spaces will be easy to shift from individual to group areas. The apse will house a small, permanent display of Chiappetta's work. **Outside**, along the north-west perimeter, there will be greenhouses and flowerbeds maintained by a social cooperative. The green space to the south will be used as a public garden, where it will also be possible to place mobile structures for open-air workshops or courses. **The basement** will be made up of storerooms and the wiring system. The funerary spaces (required by the terms of the donation) are located in the accessory body situated on via Baslini. Though this latter addition may not seem relevant to the project, it in fact emphasizes the persistence of memory.

We hope that APSC will provide study, coworking, meeting, and production spaces for the local community that promote cultural and artistic activities and highlight the continued relevance of our architectural heritage.

INDICE

CAPITOLO 1		20
Analisi territoriale		20
Classificazione territoriale		21
Aspetti geografici		22
Analisi climatica		23
Sistema viario		23
Trasporti pubblici		24
Analisi del contesto urbano		25
Cenni storici		26
Catasti		28
Luoghi d'interesse		34
Tessuto urbano		36
Vincoli		38
Lotto di progetto		39
Contesto		40
Flussi esterni		42
Analisi FDOM		44
CAPITOLO 2		46
Chiappetta: uno Spirito eclettico		47
Il contesto familiare		48
La formazione		49
Lo stile unico di Chiappetta		54
La Basilica della Santissima Immacolata di Merate		62
Un modello esplicito: la Basilica della Santissima Immacolata di Lourdes		63
Il culto mariano fra Otto e Novecento		66
Il processo costruttivo		72
- 1905		72
- 1096 - Il capitolato d'appalto		76
- 1907		84
- 1908		85
- 1909		88
- 1910 - 1912		88
- 1913		91
- 1914		92
- 1915		93

- 1916	94
- 1917	95
Gli anni successivi al cantiere	106
Gli incarichi in Vaticano: il sodalizio con Pio XI	110
Chiappetta al servizio del "Papa costruttore"	111
Gli ultimi anni di Chiappetta	115
Uno Spirito dedito non solo al sacro	117

CAPITOLO 3 125

I rilievi	125
Metodo di lavoro	126
Rilievi geometrici	127
Indagini fotografiche e fotogrammetriche	129
Descrizione dell'edificio	132
Rilievi materici	142
Rilievo del degrado	145
Rilievo tecnologici	147

CAPITOLO 4 149

Il progetto architettonico	149
L'Area Polifunzionale Spirito Chiappetta: un progetto di recupero	150
La scelta delle funzioni	155
Il masterplan	156
Il concept	158
Gli spazi interni	160
L'attenzione al dettaglio e ai materiali	170
Le analisi illuminotecniche	171
L'illuminanza	172
L'FLDm	176
Il progetto energetico	178
Schematic design 21 dicembre	179
Schematic design 21 giugno	179
Strategie sostenibili adottate	180

Il progetto di accessibilità	181
-------------------------------------	------------

CAPITOLO 5 185

Il progetto strutturale	185
Dimensionamento della lamiera grecata e della trave secondaria - unità ottagonale	187
Dimensionamento della trave principale - unità ottagonale	201
Dimensionamento della trave continua - unità ottagonale	206
Dimensionamento dei pilastri - unità ottagonale	211
Dimensionamento del solaio a graticcio:	
- pannello in compensato multistrato incrociato	216
- travi secondarie della navata	222
- travi reticolari della navata	226
- travi secondarie del transetto	236
- travi primarie del transetto	239
- pilastri	241
Il tiburio: l'azione della neve e del vento	245
Verifica delle terzere di cornice della copertura lignea	254
Verifica delle terzere centrali e finali della copertura lignea	262
Verifica del puntone centrale della copertura lignea	265

CAPITOLO 6 271

Gli FRCM	271
Introduzione	272
Rinforzo in fibra di vetro	274
La matrice	276
Le fibre disperse	278
Il comportamento del composito	280
I provini	281
Le prove sperimentali	283
I risultati sperimentali delle prove A	287
I risultati sperimentali delle prove B	290
I risultati sperimentali delle prove C	294
I risultati sperimentali delle prove D	298
I risultati sperimentali delle prove E	302
I risultati sperimentali delle prove F	307
La rielaborazione dei dati	311

Il passo e il numero delle fessure	315
Introduzione alle verifiche effettuate	316
Verifica al ribaltamento semplice	317
Verifica a flessione	329
Verifica al ribaltamento semplice di parete monolitica - parte alta	336

CAPITOLO 7	342
Il progetto tecnologico	342
Stratigrafie	343
Blow up sull'unità ottagonale	353
Nodo NV.01	354
Nodo NV.02	356
Nodo NV.03	358
Nodo NV.04	360
Nodo NV.05	362

ALLEGATI	365
-----------------	------------

INDICE DELLE FIGURE	395
----------------------------	------------

INDICE DELLE TABELLE	408
-----------------------------	------------

INDICE DEI GRAFICI	412
---------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	415
---------------------	------------

RINGRAZIAMENTI	424
-----------------------	------------

ANALISI TERRITORIALE

Classificazione territoriale

Merate è un città situata in provincia di Lecco, nella regione Lombardia, in Italia. Sorge al centro di una zona nevralgica della regione, infatti è distante 43 km da Milano, 20 km da Lecco, 27 da Bergamo e 34 da Como. E' quindi possibile raggiungere facilmente tutte queste città percorrendo un numero esiguo di chilometri.

Merate si trova anche al centro di un'area densamente popolata che comprende numerosi comuni ed aree naturali e che prende il nome di Brianza. La densità abitativa è 1350 ab./km² con un totale di 14857 residenti a Merate (il dato è aggiornato al 31.12.2019) di cui 7109 uomini e 7719 donne.

La città ricopre una superficie di 11.07 km² ad un'altitudine di 298 metri s.l.m. ed è composta da diverse frazioni fra cui Brugarolo e Novate Brianza a sud, Cicognola, Pagnano e Sabbioncello ad ovest e Cassina Fra Martino e Sartirana a nord, dove si concentra più della metà della popolazione di Merate.

Il Comune confina a nord con Calco e Cernusco Lombardone, a ovest con Montevecchia, Olgiate Molgora, Osnago, a est con Robbiate ed Imbersago e a sud con Ronco Briantino che è in provincia di Monza e Brianza.

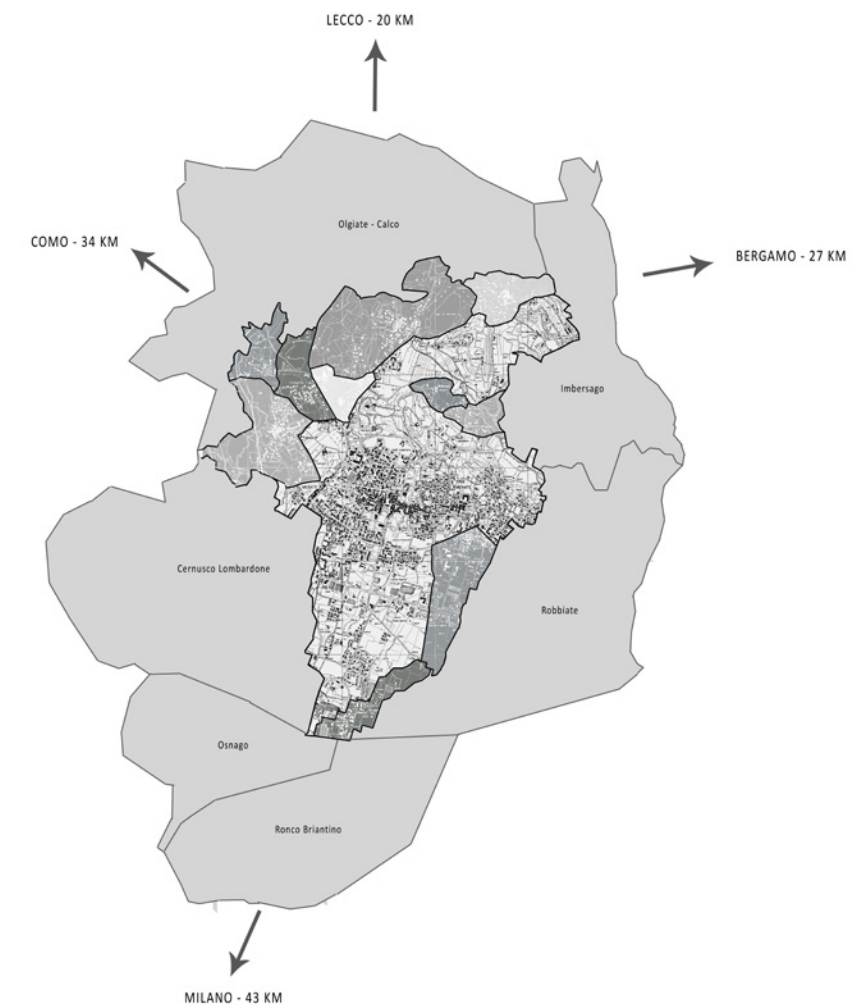


Figura 1.1: localizzazione della città di Merate e dei suoi Comuni adiacenti. Scala 1:20000.

Aspetti geografici

Merate sorge in un territorio collinare tipico delle pre-Alpi lombarde di cui fa parte, più precisamente sul lembo meridionale della collina morenica dell'Adda che attraversa il comune di Robbiate con il quale Merate confina. L'Adda è il quarto fiume più lungo d'Italia con 313 chilometri di lunghezza ed è l'affluente più lungo del Po. Lungo il letto del fiume e nei dintorni circostanti, si sviluppa il Parco Adda Nord, area naturale protetta che nasce nel 1983 e si estende su una superficie di 5580 ettari. Spostandoci ad ovest, è presente un'altra area naturale protetta denominata Parco Regionale di Montevecchia e della Valle del Curone. Si estende su una superficie di circa 2360 ettari con 11 sentieri percorribili a piedi, 6 ore di percorrenza circa per ammirare la parte più suggestiva, a cavallo ed in bicicletta. L'altitudine minima del parco è di 242 metri s.l.m. e la massima è di circa 600 metri s.l.m. Il parco è attraversato dal fiume Curone e dal torrente Molgora e vi si possono ammirare diverse specie di fauna e di flora. Inoltre, i boschi di questa zona sono ricchi di sorgenti naturali la cui acqua permetteva, in passato, la creazione di canali artificiali, vasche e lavatoi. Dal punto di vista geologico, il parco è un luogo di interesse in quanto è l'ultima propaggine dell'anfiteatro morenico.

Tra queste due riserve naturali si trova il lago di Sartirana, bacino di origine morenica e dal 1938 viene proclamato "Riserva naturale della Regione Lombardia" (legge 86/1983). La superficie totale è di 23.60 ettari, mentre la superficie del lago è di 9.80 ettari. La profondità massima è di 3.50 metri, con una media di 2.50 metri.

Dal punto di vista sismico la città di Merate è stata classificata come zona 4, cioè a basso rischio.



Figura 1.2: il lago di Sartirana, foto dell'autrice



Figura 1.3: foto storica del borgo di Merate. "La Torre" in primo piano e in lontananza Montevecchia
Autore sconosciuto, data sconosciuta

Analisi climatica

Merate gode di un clima temperato delle medie latitudini, piovoso o generalmente umido in tutte le stagioni e con estati molto calde e afose con temperature che non superano mediamente i 35 ° C. Le precipitazioni si concentrano da marzo a maggio con un lieve calo nei mesi estivi e un peggioramento nel periodo che va da ottobre a fine novembre. L'inverno è generalmente caratterizzato da una bassa percentuale di precipitazioni e le precipitazioni nevose si concentrano tra novembre e marzo.

Il vento soffia da est da febbraio a maggio e da luglio a novembre, da sud da maggio a luglio, da nord, da novembre a febbraio.

Le condizioni migliori a Merate, con temperature comprese tra i 18 ° C e 27 ° C, sono da inizio giugno a fine settembre.

Il comune appartiene alla zona climatica E.

Sistema viario

Merate è collegata alle principali città del territorio con strade di diverso tipo. È collegata a Milano con l'autostrada A 51 tangente alla città stessa e alla periferia di Milano. Da Carnate a Beverate, è percorribile la SP 342 che dopo quel tratto diventa SP 72 e procede direttamente a Lecco. Merate è collegata a Bergamo con la SP 342 che collega Varese alla città. Ugualmente, Como è raggiungibile da Merate con questa strada.



Figura 1.4: studio della mobilità all'interno del Comune. Scala 1:20000

Trasporti pubblici

Merate condivide con il comune di Cernusco Lombardone una stazione ferroviaria dove ogni mezz'ora transitano treni dalla linea Milano - Lecco e viceversa. Ferma anche la linea Tirano - Milano, con un paio di corse giornaliere. E' presente anche un'altra stazione ferroviaria tra i comuni di Robbiate e Paderno d'Adda. Si trova a 4 km dalla città. In questa stazione ferma la linea Milano - Bergamo. Le due linee effettuano tutte le fermate nei comuni che si trovano sulla direttrice dei binari.

Merate gode anche della vicinanza di due degli aeroporti più importanti della regione. E' possibile percorrere la SS 671 e la SP 342 per 27 chilometri per raggiungere l'Aeroporto di Orio al Serio (BG) e la A51 per 34 chilometri per arrivare all'aeroporto di Linate. L'aeroporto di Malpensa è il più lontano: dista 76 chilometri ed è necessaria più di un'ora di viaggio utilizzando l'Autostrada dei Laghi, l' A8.



Figura 1.5: reti di collegamento fra gli aeroporti, le maggiori città della regione e Merate. Fuori scala.

Oltre al trasporto ferroviario, stradale e aeroportuale, esiste una rete di trasporto pubblico urbano su strada con più linee che utilizzano principalmente i lavoratori ed, in particolare, gli studenti. Le linee più utilizzate sono la D48 che collega Santa Maria Hoè a Besana in Brianza e la D70 che arriva fino a Vimercate. Le fermate principali sono in Viale Giuseppe Verdi e A. De Gasperi dove fermano le linee precedentemente citate e dove fermano la C46 (Como - Merate - Bergamo) e la C 47 (Como - Casatenovo - Merate).

A Merate non è presente il servizio di bike sharing. Ci sono però alcune piste ciclabili intorno al comune e all'interno dello stesso.

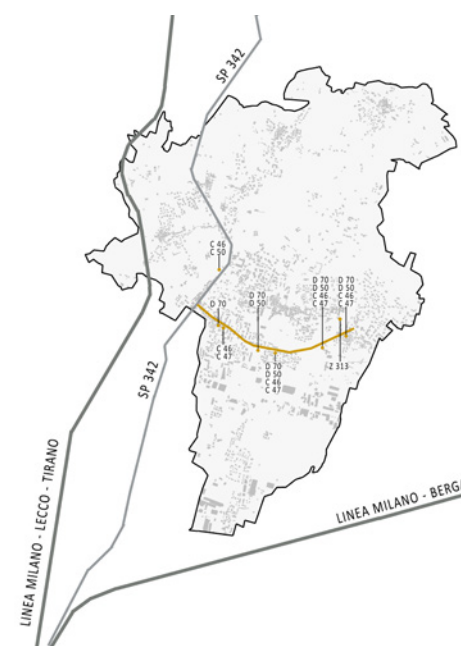


Figura 1.6: studio della mobilità pubblica all'interno del Comune. Sc1a 1:20000

ANALISI DEL CONTESTO

URBANO

Cenni storici

Le origini di Merate sembrano risalire all'epoca gallo-romana. Anticamente era chiamata Melate che deriva dal greco antico "melas" che significa buio, dovuto alla presenza di fitti e numerosi boschi. Un'altra spiegazione è che il nome possa derivare da "mela" per l'elevata quantità di coltivazioni di mele nel vicino territorio e questo appellativo compare per la prima volta in un documento del 926 a.C.

Per secoli la storia della città è simile a quella della Brianza, con guerre e lotte tra Impero e Papato, Comuni, Signorie, principi, francesi e spagnoli. Il Castello di Merate e Convento di Sabbioncello subirono gravi danni durante le guerre tra Visconti e Torriani nel XIII secolo per la supremazia su Milano.

Nel periodo compreso tra il XVI e il XVII secolo ci furono numerose vittime a causa della peste che colpì l'intera area. Nonostante questa tragedia, Merate, già in questo periodo, divenne, dopo Lecco, il centro abitato più importante e più ricco della zona.

Grazie alla posizione geografica, alla non eccessiva distanza da Milano, alla bellezza e salubrità dei luoghi, a Merate poterono prendere forma i sogni dei nobili che cercavano luoghi ameni per costruire le loro dimore estive.

Nel 1684 Merate divenne Comune autonomo. All'epoca napoleonica seguì il dominio spagnolo e austriaco e con la repressione degli ordini religiosi, i Somaschi dovettero lasciare la gestione del collegio del Comune.

Una volta tornata l'amministrazione austriaca Merate diventò un'importante sede militare e l'economia ne beneficiò.

Merate è nota anche perché nel 1791 dal 1796 ospitò Alessandro Manzoni in una casa di insegnamento che fu costruita, a proprie spese, da Battista Riva e Anna Spoletì.

Dopo le Guerre d'indipendenza, nel 1861 la città entrò a far parte della provincia di Como. Quel periodo fu anche caratterizzato da un forte fervore nei settori delle costruzioni.

Dopo la Prima guerra mondiale iniziò un processo di industrializzazione, in particolare nei settori meccanico e tessile. Nel 1927 fu costruito l'Osservatorio Astronomico, ancora in uso, e nello stesso anno Novate Brianza fu incorporata nel comune di Merate. Un anno dopo è il turno di Sabbioncello e Sartirana Briantea. Dopo la Seconda guerra mondiale, la scelta tra monarchia e repubblica ha visto i meratesi optare per la repubblica con una percentuale del 63% a favore. Nel 1991 Merate è stata elevata al titolo di città e nel 1992 è passata sotto la giurisdizione della provincia di Lecco.

Oggi Merate non è molto conosciuta a livello turistico, anche se presenta edifici di rilievo storico ed architettonico e, nel corso dei secoli, vi hanno soggiornato personaggi illustri. Nel XVI secolo San Carlo Borromeo vi soggiornò più volte durante le sue visite pastorali. Tra il 1733 e il 1735 Carlo Emanuele III di Savoia, a capo dell'esercito franco-piemontese, fece tappa nella città. Nella prima metà dell'800 il musicista Gioacchino Rossini fu ospitato a Villa Belgiojoso. Negli anni successivi giungeranno anche Antonio Baslini, Antonio Faverzani, Giulio Prinetti e nell'aprile 1945 il generale dell'esercito Raffaele Cadorna si stabilirà a Villa Subaglio.



Figura 1.7: Piazza Giulio Prinetti, Merate. Anno 1908, autore sconosciuto.



Figura 1.8: Chiesa di Sant'Ambrogio, Merate. Anno 1902, autore sconosciuto.

Nel 1928 al Comune di Merate vengono inglobati i comuni di Sabbioncello e di Sartirana Briantea. Negli anni precedenti, la città ha visto la costruzione dell'osservatorio astronomico e nel 1929, della nuova sede dell'ospedale pubblico.

Con la conclusione della Seconda Guerra Mondiale, l'Amministrazione comunale si deve confrontare con le problematiche che affliggono la cittadina fra cui quella dell'acqua potabile, della viabilità e della carenza di abitazioni.

Nel 1949 viene adottato il provvedimento per la costruzione in località Carzaniga, sull'attuale via Verdi, di abitazioni adibite ai lavoratori da parte dell'ente INA- Case (Piano Fanfani) e di case popolari per la popolazione (Piano Tupini). E' anche previsto il collegamento delle case alla strada statale SP 342 con un tratto di strada che verrà prolungato fino a Novate che consentirà l'espansione a sud del centro abitato, favorendo lo sviluppo dell'edilizia popolare sovvenzionata e privata oltre che delle iniziative produttive e commerciali.

In questi anni si registra un forte sviluppo nell'edilizia privata, con la conseguente comparsa di edifici residenziali che portano a loro volta all'apertura di nuove vie al traffico. Quest'ultime necessitano di interventi onerosi che provvedano alla rettifica dei tracciati, al passaggio del fondo sterrato alla pavimentazione asfaltata e all'ampliamento della rete stradale. Nel 1957 viale Verdi viene aperto progressivamente e viale De Gasperi seguirà l'analogo destino.

Nel 1995 il Consiglio comunale approva il Regolamento Comunale di Edilizia e l'annesso Piano di Fabbricazione in base alla legge urbanistica del 1942.

Nel 1958 l'intervento per sistemare ed asfaltare la strada per Brugarolo, prolungata la via della Pace, ora via Papa Giovanni XXIII, fino all'incrocio con viale Verdi, rientra nel programma di miglioramento della viabilità.

Con la crescente problematica dell'aumento della popolazione si presenta, di conseguenza, il problema dell'ampliamento del cimitero che verrà realizzato lungo il lato sud del complesso esistente. Vengono anche acquistati 12440 m² di terreno per futuri ampliamenti e per la realizzazione della via E. Bianchi.

La nuova legge regionale del 1975 nel settore dell'urbanistica impone ai Comuni l'adozione del Piano Regolatore Generale in sostituzione dei Piani di Fabbricazione e pertanto anche il Comune di Merate si interfaccia con il problema di porre allo studio il P.R.G.



Figura 1.12: il Comune di Merate, Catasto Teresiano, 1722, Archivio di Stato di Como



Figura 1.13: il Comune di Merate, Catasto Teresiano, 1722, Archivio di Stato di Como



Figura 1.14: il Comune di Merate, Cessato Catasto, 1857-1903, Archivio di Stato di Como



Figura 1.15: il Comune di Merate, Cessato Catasto, aggiornamento del 1898, Archivio di Stato di Como



Figura 1.16 : il lotto di progetto (n°98), Cessato Catasto aggiornato in data 1898, Archivio di Stato di Como



Figura 1.17: il lotto di progetto (n°98), Cessato Catasto, 1903, Archivio di Stato di Como

Luoghi d'interesse

Al di là dei luoghi naturali e paesaggistici che circondano Merate, in città è possibile ammirare molti edifici e chiese di interesse storico ed architettonico. Alcuni dei più noti sono il Convento francescano di Sabbioncello, che è un complesso costituito da più edifici attorno a due chiostri quadrangolari e la chiesa di S. Maria (1500 circa), la chiesa di S. Ambrogio, Villa Confalonieri, Palazzo Prinetti, Villa Belgiojoso, Villa Subaglio.

La chiesa di S. Ambrogio fu costruita da Buzzi Carlo tra il 1602-1648 e rimane incompiuta. È possibile trovare numerose ville come spiegato prima.

Villa Subaglio è un prezioso gioiello dell'architettura settecentesca. Si tratta di un ambiente elegante e raffinato immerso in un ampio parco dal design lineare e dall'elegante decoro floreale. La casa è circondata da un immenso bosco e da un parco. Gli elementi architettonici e naturali si alternano armoniosamente suscitando l'illusione di visitare un luogo magico. C'è anche un'alternanza tra un giardino all'inglese e uno all'italiana.



Figura 1.18: vista aerea della Villa Subaglio reperita dal sito ufficiale

Villa Belgiojoso Brivio Sforza è il più sontuoso esempio di villa nobiliare brianzola e vi soggiornò, anche, Giocchino Rossini. I Marchesi Villani Novati nel XVII secolo fecero costruire il complesso e poi nella seconda metà del XVIII secolo fu rimaneggiato dalla famiglia Belgiojoso. All'interno della Villa è possibile trovare ambienti decorati con affreschi e stucchi e anche un'antica biblioteca. Un giardino circonda l'edificio e di fronte ad esso si trova il parco pubblico di Merate, il Parco del Cannocchiale.



Figura 1.19: Villa Belgiojoso, foto reperita dal sito beni culturali Lombardia

Palazzo Prinetti si trova nel centro di Merate e si affaccia sulla piazza più importante della città. Sorse sui resti di un antico castello appartenuto ad Ariberto d'Intimiano, distrutto nel 1275 durante una battaglia tra Torriani e Visconti. Il costruttore fu Ercole Visconti all'inizio del Settecento. L'aspetto generale è severo e la facciata è sagomata in conci. Pare che nel progetto iniziale ci fossero delle torri angolari, ma alla morte dei Visconti ne era stata costruita solo una ed è quella che vediamo ancora oggi: una torre cilindrica a sette piani. Il corpo principale si sviluppa su due livelli e insiste intorno alla corte nobile, al centro della quale si trova un pozzo. Nel 1892 Giulio Prinetti vi apportò importanti modifiche.



Figura 1.20: Piazza Prinetti a Merate, 1908, autore sconosciuto

Nella frazione di Sartirana è presente la chiesa San Pietro Apostolo e l'oratorio progettato dall'architetto Mario Botta. La chiesa si presenta come un parallelepipedo circoscritto a un cilindro e, mentre all'esterno il rigido volume si contrappone alla realtà frammentaria del luogo, all'interno la forma curva avvolge i fedeli in uno spazio a pianta centrale.



Figura 1.21: la chiesa San Pietro Apostolo di Mario Botta, foto reperita dal sito ufficiale botta.ch/it

Tessuto urbano

Analizzando l'evoluzione edilizia si osserva che nel 1888 la totalità del fabbricato sorse lungo Viale Garibaldi, Via Puecher e lungo l'area adiacente al Lago di Sartirana. Nel 1931 l'urbanizzazione rimane prossima all'antico conglomerato mentre nel 1974 si estende nelle zone periferiche. Le nuove costruzioni del 1982 seguono il medesimo sviluppo, seguendo il tessuto urbano e rimanendo concentrate accanto al polo più antico. Questa è l'urbanizzazione più massiccia del secolo.

Oggi, intorno all'antico nucleo, è possibile trovare edifici a più livelli che si alternano a servizi, attività rurali, aree di tutela agricola e ambientale e siti di importanza comunitaria.

Spostandosi dal centro della città alla zona periferica cresce la disposizione delle aree verdi. All'interno del comune di Merate è possibile trovare parchi e pascoli.

Nelle zone più settentrionali del comune sono presenti molti terreni come campi agricoli, boschi di latifoglie, frutteti, orti, vivai. Alcuni degli appezzamenti naturali sono protetti da vincoli ecologici e sostenibili.

Riassumendo, il centro di Merate è composto da un antico tessuto con edifici anche recenti di quattro o cinque piani e parchi, campi e verde pubblico. Spostandosi all'esterno si trovano campi agricoli delimitati da boschi selvaggi.

L'intero comune di Merate sorge su una classe 2 di fattibilità geologica. La classe 4 con gravi vincoli è data al Lago di Sartirana che è caratterizzato da vulnerabilità idraulica.

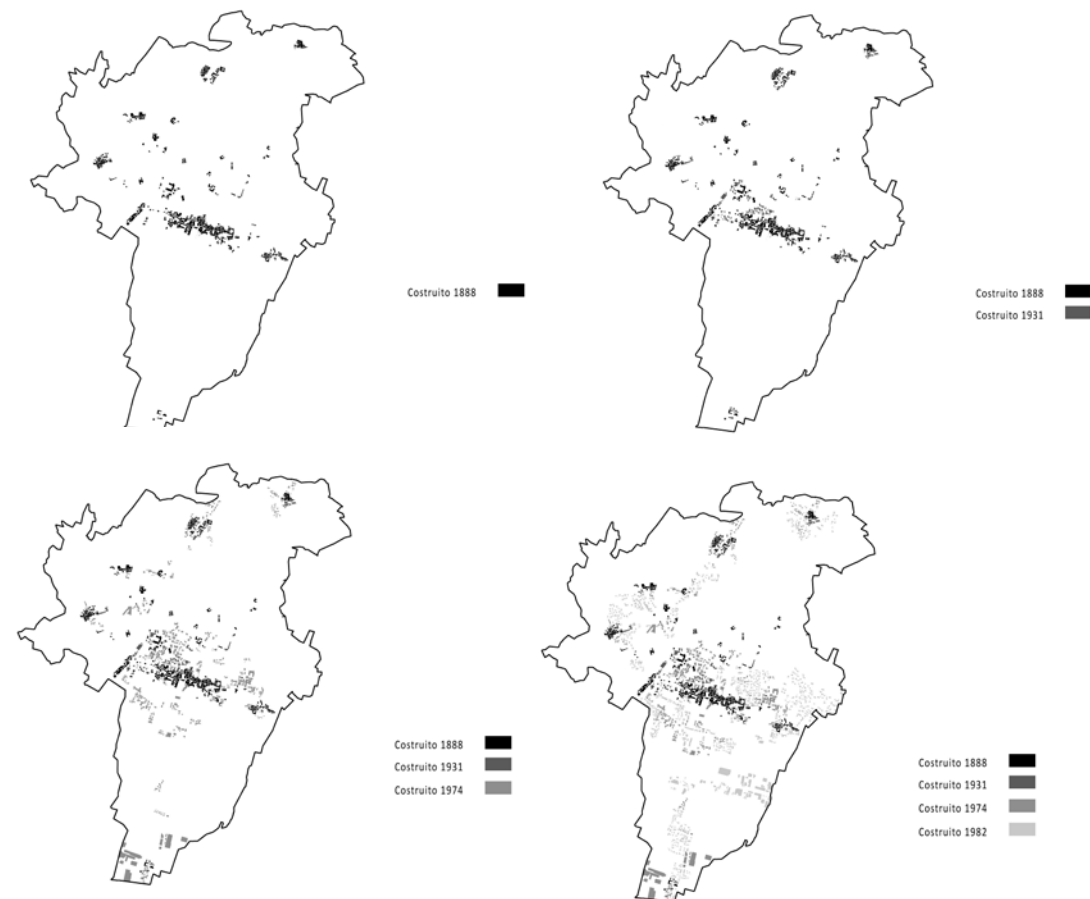


Figura 1.22: studio dell'evoluzione del costruito all'interno del Comune. Scala 1:20000.

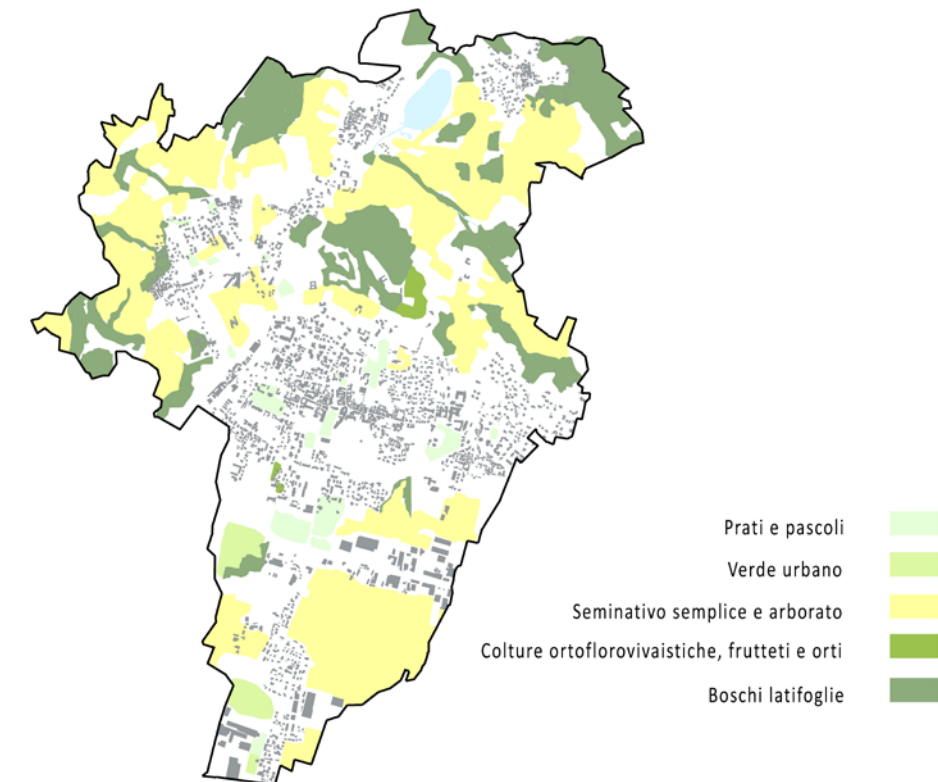


Figura 1.23: studio del verde all'interno del Comune. Scala 1:20000.

Vincoli

E' in vigore a Merate il Piano del Governo del Territorio, strumento di pianificazione comunale, ai sensi della L.R. 11 marzo 2005, n° 12 e s.m.i.

L'area su cui sorge l'oratorio della SS. Maria Immacolata è soggetto a numerosi vincoli. E' un bene culturale di interesse culturale tutelato a sensi del D.l.g.s. 42/2004 e rientra in zona verde di salvaguardia ambientale. Non sono presenti decreti di vincolo puntuali, il bene è soggetto ad un regime di salvaguardia essendo deceduto da più di 70 anni l'architetto che lo progettò e non essendoci decreti di vincolo. La Soprintendenza sarà colei la quale stabilirà gli interventi da effettuare e se accettare o meno il recupero ipotizzato per il bene.

Nei confronti dell'edificio sono consentite le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di ristrutturazione edilizia.

Il lotto, inoltre, sorge a pochi metri di distanza dal complesso cimiteriale, rientrando, quindi, nella fascia di rispetto di quest'ultimo, negando la possibilità di effettuare costruzioni ex novo su tutta l'area di pertinenza.

Nel 1975, nel contratto di donazione del bene da parte del parroco Longoni al Comune di Merate, inoltre, viene inserita la clausola per cui l'immobile sarebbe dovuto rientrare a far parte del contiguo cimiteriale entro 15 anni dall'atto e per cui sarebbe stato necessario l'inserimento di loculi funerari con una cappella per le celebrazioni.

Nella fase progettuale vengono rispettati tutti i vincoli precedentemente elencati ponendo una particolare attenzione alla conservazione della struttura, sulla quale si effettueranno interventi di consolidamento reversibili e poco invasivi.

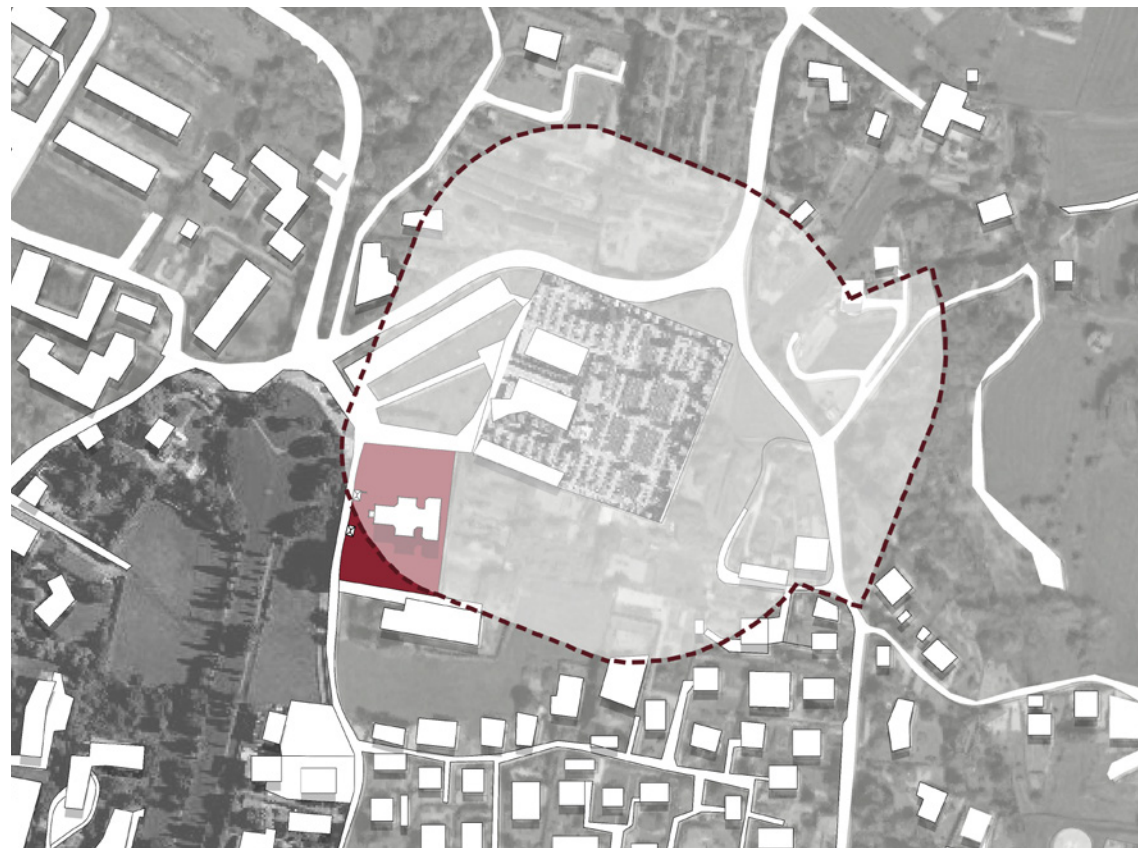


Figura 1.24: i confini del lotto di progetto e la fascia cimiteriale. Scala 1:2500.

LOTTO DI PROGETTO

Contesto

Il sito di progetto è un lotto che si trova a nord del nucleo storico di Merate tra il Parco del Cannocchiale e il cimitero di Merate con una superficie totale di 5006,89 metri quadrati. Ad est e a sud confina con delle proprietà private, una adibita alla coltivazione arborea e l'altra ad uso residenziale.

Nella parte ovest è percorsa da via Antonio Baslini, strada a senso unico, nella parte nord si trova il parcheggio cimiteriale, dove è ubicato l'unico ingresso al lotto, costeggiato dalla strada E. Bianchi

In questo lotto sono presenti una chiesa (662,10 mq) e due costruzioni più piccole simmetriche che si affacciano su via Antonio Baslini (17,62 mq).

L'area è classificata come zona di salvaguardia con verde di rispetto e tutela ambientale edilizia con valore storico architettonico. Il lotto definisce elementi importanti del paesaggio, rientra sotto l'area di rispetto cimiteriale e l'intera area rientra in classe 2 di fattibilità geologica.



Figura 1.25: localizzazione del lotto di progetto. Scala 1:2500.

Nella pagina successiva:

Figura 1.26: vista sud-est aerea del lotto effettuate con un drone, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020.

Figura 1.27: vista nord aerea del lotto effettuate con un drone, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020.



Flussi esterni

Al fine di recuperare l'area di progetto e restituirla alla comunità, si va ad analizzare la distribuzione dei flussi esterni e la gestione della nuova viabilità che si creerà a seguito dell'intervento di ripristino dell'immobile.

Attualmente il lotto di progetto risulta inagibile a causa delle condizioni pericolanti dell'edificio ed è delimitato da un muro di recinzione risalente allo stesso periodo di costruzione dell'immobile.

L'accesso al luogo avviene facilmente grazie alle due strade principali che lo costeggiano: via Antonio Baslini ad ovest e via E. Bianchi a nord che fanno preferire, così, il raggiungimento del luogo con mezzi privati. Queste due vie svolgeranno un ruolo importante come principali arterie di collegamento fra il nuovo edificio riqualificato, la città stessa e quelle adiacenti. Si prevede che la maggior parte degli utenti che usufruirà della struttura sia dislocata nelle vicinanze del comune e che non debba raggiungere con mezzi pubblici il lotto.

Le fermate degli autobus ubicate sulla via A. De Gasperi (C46, C47, D50, D70) sono raggiungibili camminando per una ventina di minuti. Le stesse linee C46 e D50 sono raggiungibili sulla statale SP 342 con 15 minuti di cammino. Le tempistiche si allungano dovendo pensare di dover raggiungere il lotto utilizzando la linea ferroviaria Milano - Lecco che ferma nella stazione di Cernusco - Merate raggiungibile a piedi in 40 minuti circa.

Il pedone o il ciclista, invece, viene tutelato trovandosi a disposizione una pista ciclo-pedonale che costeggia tutta la fiancata ovest del lotto e che procede verso il lago di Sartirana, collegando così la città di Merate alla Riserva Naturale della frazione.



Figura 1.28: studio dei flussi e delle vie di accesso. Scala 1:2500.



Figura 1.29: studio delle funzioni. Scala 1:2500.



Figura 1.30: vista aerea del lotto e di ciò con cui confina. Scala 1:1000.

Analisi FDOM

Il lotto di progetto gode di numerose qualità. Fra di esse troviamo la vicinanza al centro storico che favorisce il facile raggiungimento di servizi, l'ubicazione sul colle del Subaglio che è uno dei punti panoramici della città, nonché un luogo tranquillo e silenzioso, la presenza di numerosi parcheggi nei dintorni del lotto oltre alla presenza della pista ciclo pedonale che costeggia il versante ovest dell'area.

Carenti sono i collegamenti con i mezzi pubblici e le stazioni ferroviarie che non sono facilmente raggiungibili. Inoltre, l'unica strada che costeggia il lotto è ad una sola carreggiata, molto stretta e a senso unico.

La presenza del cimitero è sicuramente una minaccia oltre che un vincolo ingombrante.

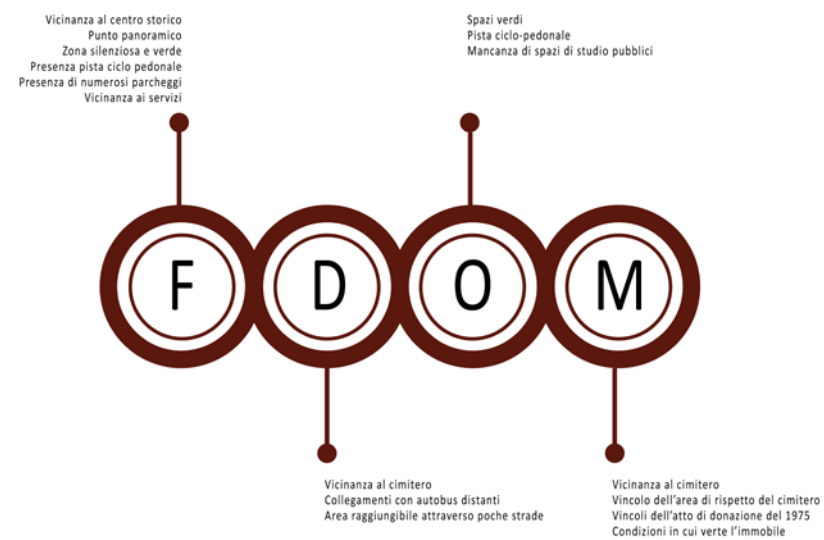


Figura 1.31: schema riassuntivo delle forze, debolezze, opportunità e minacce.

ANALISI STORICA

CHIAPPETTA:

uno Spirito eclettico

Il contesto familiare

Chiappetta nacque il 22 maggio 1868 a Milano da una famiglia agiata, culturalmente elevata e profondamente devota al culto cristiano. È fondamentale spendere due parole sul contesto familiare in quanto quest'ultimo ha segnato profondamente la sua vita e la sua formazione da architetto e da ingegnere.

Il nucleo familiare è composto dal padre Paolo Chiappetta, di cui si sa molto poco, dalla madre Luigia Maria Volontieri, donna molto religiosa e devota, e da tre fratelli. Il padre sembrerebbe essere stato un artista o un architetto che frequentò l'Accademia di Brera (un disegno di Paolo Chiappetta conservato presso l'Archivio Scuola Beato Angelico di Milano, riporta il timbro dell'Accademia) e che morì quando il figlio aveva vent'anni. A prendere le redini della famiglia fu la madre, maestra di scuola e figura autoritaria, persona, oltre che pia, molto colta e istruita a cui Chiappetta fu molto legato, nonostante potesse sembrare ai nostri occhi una donna molto austera, fredda e quasi fanatica. Uno dei fratelli di Spirito divenne missionario e partì per la Cina dove lo zio materno ricopriva già la carica di vescovo, mentre la sorella si fece suora all'età di 60 anni. L'impronta religiosa della famiglia si riscontra anche nelle zie paterne, entrambe suore. Il secondo fratello della madre era Angelo Volontieri, un ingegnere. Quest'ultima figura potrebbe aver influenzato ed alimentato la curiosità del nipote verso questa disciplina. Inoltre, gli stimoli fornitogli dalla madre, dal padre artista e dallo zio ingegnere, nonché la possibilità di consultare testi e manuali sia italiani che stranieri, lo portarono ad approfondire tematiche artistiche ed architettoniche. In conclusione, Spirito Maria Chiappetta si trovò immerso in un contesto familiare erudito e religioso. Questo forte attaccamento alla fede lo portò sicuramente ad un grande successo nel campo dell'architettura sacra, poiché egli sentiva così vicine alla sua sensibilità le tematiche religiose da farle risuonare nelle sue opere.

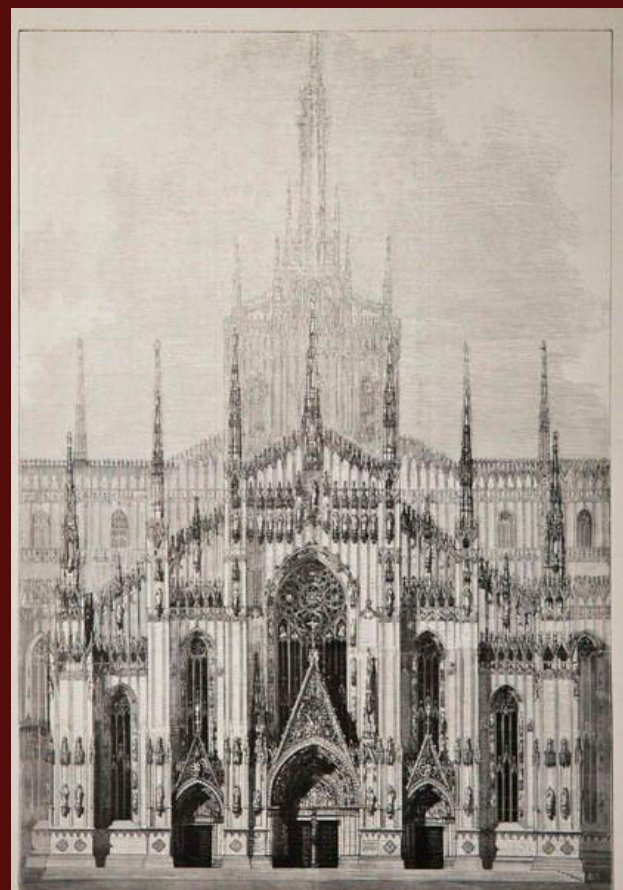
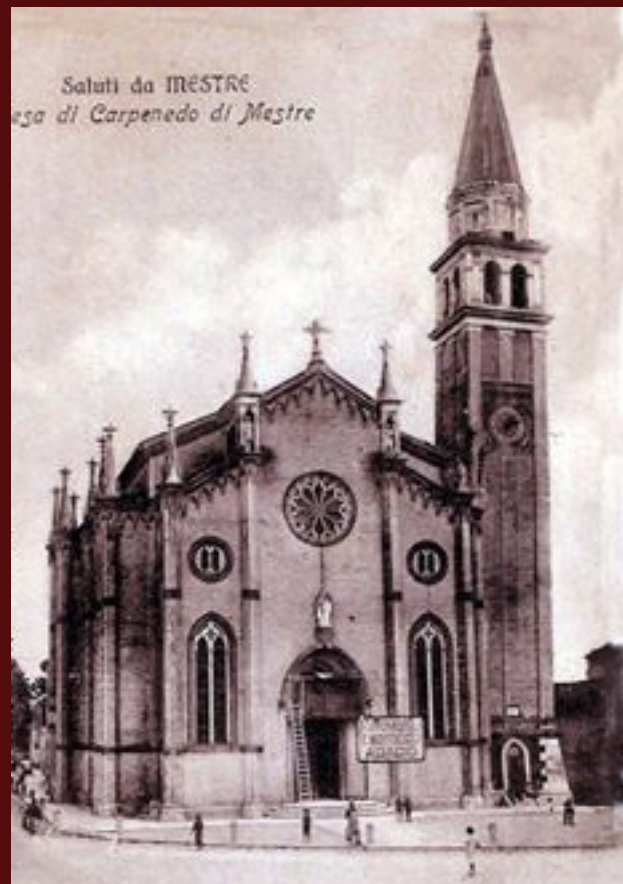
La formazione

Oltre al contesto familiare, è interessante indagare, per meglio comprendere le scelte architettoniche ed ingegneristiche, la formazione universitaria di Chiappetta e, in generale, il suo percorso formativo considerando anche le grandi figure artistiche che egli incontrò in quegli anni.

Chiappetta frequentò le scuole superiori a Milano e nel 1889-1890 si iscrisse alla scuola preparatoria dell'Istituto tecnico superiore di Milano dove studiò il tedesco, lingua chiave che gli permetterà di comprendere a fondo il gotico tedesco che rielaborerà in quella che sarà la propria unica forma espressiva architettonica. In seguito frequentò i corsi di matematica e fisica presso l'Università di Pavia nel 1892. A Pavia, sognando un futuro da architetto ed ingegnere, seguì tutti i corsi di disegno sia architettonico che prospettico e anche tutte quelle discipline che lo avrebbero fatto accedere alla scuola di applicazione per ingegneri. Un anno dopo si trovò a seguire i corsi presso la scuola d'applicazione per ingegneri dell'Università di Padova che garantiva un'ottima preparazione nei settori delle costruzioni idrauliche e meccaniche, ma, forniva una scarsa preparazione nelle discipline del disegno.

Sicuramente il periodo universitario fu quello decisivo per la formazione di Chiappetta. A Padova entrò in contatto con Giovanni Zambler, suo professore di architettura tecnica. Quest'ultimo, figura poca conosciuta, si occupò di costruire numerosi edifici per conto dell'Ateneo applicando uno stile rinascimentale, anche se non lo utilizzò prepotentemente in ogni sua costruzione. Egli, infatti, era in grado di comprendere al meglio ogni contesto e di applicare ad ogni costruzione lo stile che più si riteneva adatto, seguendo la cosiddetta "grammatica degli stili" propria dell'eclettismo. Zambler, inoltre, essendo docente di storia dell'architettura, conosceva molto bene i diversi tipi di linguaggio architettonico: dal bizantino al gotico, dal rinascimentale al barocco e gli studenti, all'epoca, erano in grado anch'essi di padroneggiare tutte le tipologie del linguaggio architettonico. Una seconda figura significativa con cui Chiappetta entrò in contatto, anche se indirettamente visitando le sue opere, fu Camillo Boito. Chiappetta vide il Palazzo delle Debite (1873-1874), l'ingresso del Museo Civico (1879) e le scuole elementari alla Reggia Carrarese (1880).

Inoltre, rimase sicuramente colpito dal Cimitero Maggiore costruito nel 1882 da Enrico Holzner in stile romanico lombardo e dal Pedrocchino di Japelli (1839), esempio eccellente di neogotico italiano. Allo stesso modo fu colpito dalle opere di Giuseppe Meduna, uno degli architetti più importanti sul territorio veneto nell'Ottocento, così come furono per lui figure di riferimento Giuseppe Brentano e Pietro Selvatico.



*Padova - Municipio e lato artistico
del Caffè Pedrocchi*



Dalla foto in alto a sinistra andando in senso orario della pagina X:

Figura 2.1:

Chiesa dei Santi Gervasio e Protasio a Carpenedo, progettata da Giuseppe Meduna nel 1853 e concluso nel 1857 in stile neogotico

Autore sconosciuto

Figura 2.2 - 2.3:

Palazzo delle Debite, Padova, Camillo Boito, 1874

Foto storiche, autore sconosciuto

Figura 2.4:

Cimitero Maggiore, Padova, Enrico Holzner, 1882

Autore sconosciuto

Figura 2.5:

Pedrocchino, Padova, Giuseppe Japelli, 1837

Autore sconosciuto

Figura 2.6:

Progetto preliminare per la facciata del Duomo di Milano, Giuseppe Brentano, 1886

Disegno di Giuseppe Brentano

Nelle pagine successive

Figura 2.7:

Municipio di Padova e Caffè Pedrocchi, 1958

Autore: Adriano Danielli

Figura 2.8:

Scuole elementari reggia carrarese, Padova, Camillo Boito, 1880

Autore: Camillo Boito 1883

Non furono, come è ovvio, solo gli ambienti accademici a formare Chiappetta, ma come già sottolineato in precedenza, anche il contesto familiare fu ricco di stimoli più o meno importanti. Curioso aneddoto, in una rivista degli anni Novanta dell'Ottocento dedicata ai lavori di casa e al cucito, si trovavano decorazioni floreali che colpiscono per la similitudine con i dettagli architettonici proposti da Chiappetta¹.

Oltre ai manuali di progettazione sia italiani che stranieri, di cui sarà entrato in possesso, Spirito possedeva anche numerose illustrazioni e pubblicazioni su l'epoca medievale che, possiamo immaginare, colpiscono la sua fantasia.

Indispensabile per capire la formazione di Chiappetta è anche il ruolo che ebbero gli incarichi svolti in Brianza. Infatti, in quegli anni si assistette ad una progressiva espansione della città di Milano verso la periferia e verso la Brianza, dove si costruirono e restaurarono case signorili e nobiliari estive: questo fenomeno permise a Chiappetta di non rimanere legato al nucleo storico milanese dove gli interventi architettonici erano vincolati allo stile neorinascimentale, ma di sperimentare e proporre i più disparati accostamenti.

Infine, è da sottolineare l'importanza del viaggio di pellegrinaggio avvenuto nel 1900 a Lourdes dove egli rimase estasiato dalla Basilica dell'Immacolata Concezione (1866-1871), in stile neogotico e neobizantino, di Hyppolite Durand e dalla Nostra Signora del Rosario (1883-1889) di Leopold Hardy commissionata per compensare le dimensioni troppo ridotte della sopracitata Basilica, in vista dei flussi sottodimensionati.

Terminati gli studi, Chiappetta tornò a Milano dove aprì uno studio che ebbe, sin dall'inizio, un grande successo con numerose richieste e incarichi, grazie anche all'influenza della madre, legata agli ordini religiosi ed al clero. Altri fattori, ovviamente, determinarono il successo del Nostro, primo fra tutti il fatto che il suo stile corrispondesse alle richieste dei committenti.

Nel corso del tempo la sua carriera sarà un continuo crescendo tanto che oggi può considerarsi come il massimo esponente di architettura sacra lombarda del primo Novecento².

¹ Galli, in F. Galli, *L'architetto del papa. Il neogotico di Spirito Maria Chiappetta*, Oggiono, Cattaneo Paolo Grafiche s.r.l., 2018, p. 32, riporta che nell'Archivio Chiappetta, presso la Scuola Beato Angelico di Milano, sono presenti diverse pagine di una rivista femminile francese, "*Le Moniteur des Dames et des demoiselles*", in cui sono riportate illustrazioni floreali per lavori di cucito e di ricamo. Il periodico era probabilmente acquistato dalla madre di Chiappetta e ad esso ricorreva per i modelli dei suoi lavori.

² Tuttavia, la storiografia artistica, forse anche a causa di un certo pregiudizio verso l'eclettismo e il neogotico, non ha apprezzato il lavoro di Chiappetta che, per molto tempo, è caduto nell'oblio. I primi studi significativi risalgono agli anni Ottanta del Novecento, quando Maria Antonietta Crippa pubblicò un articolo dal titolo *Un esempio lombardo del neogotico transalpino: note sull'opera di S.M. Chiappetta*, nel numero LXXI di *Arte cristiana* del settembre-ottobre del 1983. Forse anche per questo, molte delle sue opere sono state restaurate, trasformate senza nessun rispetto degli intenti dell'architetto o, peggio ancora, si è permesso che andassero in rovina, come nel caso della Basilica della SS. Immacolata di Merate.

Lo stile unico di Chiappetta

Chiappetta produsse centinaia di opere architettoniche in un periodo storico che vide come protagonista la corrente dell'eclettismo, termine che viene utilizzato dalla storiografia artistica per indicare quei fenomeni di recupero storicistico e di contaminazione formale tra i vari stili del passato che caratterizzano gran parte della produzione architettonica compresa tra la fine del periodo neoclassico e l'inizio del Movimento moderno. Una componente dell'eclettismo storicistico è il neogotico che rivalutò l'arte medievale, in particolare l'architettura gotica, considerata la sola in grado di rappresentare gli ideali e la fede cristiana. In Inghilterra si affermò più di un secolo prima e prese il nome di Gothic Revival.

In Italia, il neogotico si sviluppò nella seconda metà dell'Ottocento, discostandosi dai modelli inglesi, francesi e tedeschi poiché richiamò, oltre alle caratteristiche del gotico anche numerosi elementi dell'architettura romanica. La fusione di questi due stili architettonici è chiaramente visibile nelle opere di Chiappetta che abbracciò il pensiero di Boito sull'elevazione del gotico medievale a stile nazionale, tuttavia egli, in parte, si contrappose ad essa poiché inserì particolari accostamenti, come, per esempio, i dettagli neobarocchi che si innestavano in strutture neogotiche.

Inoltre, Chiappetta ricorse all'utilizzo di molte decorazioni floreali nei capitelli e nelle finestre, oltre che all'uso del ferro battuto e delle piastrelle in ceramica colorata, tutti elementi ornamentali che ricordano il liberty³.

Chiappetta fece propri gli elementi del neogotico transalpino ispirandosi alla Francia (Durand), alla Germania e al neogotico inglese di Pugin. Tra i diversi elementi neogotici uno che stava molto a cuore a Chiappetta era la torre campanaria a falda inclinata, giustificata ed apprezzata anche da Pugin che la riteneva un elemento carico di idealità religiosa. La sua ubicazione in facciata, però, è tipica del neogotico francese e Chiappetta fece propria questa pratica, anche se egli non racchiuse la torre campanaria in un portale come, spesso, avveniva in Francia.



Figura 2.9:
"Nuova chiesa parrocchiale in Milano, la Madonna del Buon Consiglio, prospetto dalla piazza San Tommaso, Arch. Ing. Spirito Maria Chiappetta"
Archivio Parrocchiale Sant'Ambrogio, Merate

³ Si ritiene interessante segnalare che in un preventivo, datato 19 maggio 1916 della ditta di piastrelle G. Valsecchi di Merate, per la Basilica SS. Immacolata di Merate, conservato presso l'Archivio Beato Angelico di Milano, era prevista una pavimentazione con piastrelle "a pressione a dama bianche e rosse".

Nella maggior parte degli edifici religiosi di Chiappetta sono presenti aperture monofore ogivali, meno sovente si trovano trifore o bifore e modanature in rilievo che non sono arretrate come invece vorrebbe il neogotico inglese. Inoltre, egli si discostò da esso proponendo tetti con inclinazioni più dolci da quelli realizzate in Inghilterra, eliminò gli archi rampanti perché nelle sue architetture erano presenti delle putrelle e altri elementi in ferro collocati all'interno delle volte e in altri elementi dell'edificio. In molti edifici, sono presenti anche alzati costituiti da pietre che interagiscono con laterizi. Le dimensioni delle pietre sono di ridotta grandezza, come prediligeva Pugin per edifici neogotici.



Figura 2.10:
Cordonature delle volte nella chiesa di S. Camillo de Lellis, Milano
Autore sconosciuto

Il suo ispirarsi così profondamente al neogotico europeo, nelle declinazioni assunte nelle diverse nazioni, lo ha contraddistinto da chiunque altro suo collega italiano operante nello stesso periodo storico. Infatti, la maggior parte degli architetti italiani, fautori del neogotico, si ispirarono esclusivamente al gotico italiano.

Negli edifici di Chiappetta, affiancati al neogotico transalpino, si trovano numerosi elementi neoromanici di matrice lombarda come l'utilizzo del mattone, degli archetti pensili, dei pilastri aggettanti: tutti elementi apprezzati dal Nostro che richiamano l'economicità, la moralità, la funzionalità e l'eleganza dell'edificio.

Le piante delle chiese di Chiappetta sono costituite da un impianto innovativo, ma pragmatico. Dovendo far fronte ad un numero molto elevato di commissioni, Chiappetta presentava delle piante che erano riconducibili ad un numero esiguo di schemi che, a seconda dei desideri del committente e degli spazi disponibili, venivano variate, senza modificarne l'impianto autentico originario. Questi schemi erano del tutto innovativi, infatti, egli propose piante che si discostavano dalla tradizione, in grado di rinnovare in

un periodo storico che prediligeva il ritorno ai vecchi stili architettonici.

La visibilità dell'altare era una delle tematiche molto sentite da Chiappetta e, perciò, lo studio planimetrico era rivolto a risolverla. Egli propose dei sostegni per le volte molto più esili rispetto ai normali canoni presenti nelle chiese neogotiche e neoromaniche dell'epoca e degli impianti completamente innovativi.

Le sue piante, inoltre, denotavano un attento studio della praticità: le funzioni erano ben distinte in spazi ben precisi, facilitando il flusso e l'accesso delle persone, pensando anche ad eventi straordinari come le cerimonie o le processioni.

Spirito propose piante centrali o schemi planimetrici generati dall'unione ibrida di piante longitudinali con altre centrali, concependo spazi con ampia visibilità, con l'area presbiteriale intesa come nucleo sacro della chiesa.

Si pensa che l'eliminazione del transetto, da parte di Chiappetta, voglia richiamare una forma a croce, di forte valore simbolico già nel Medioevo. Negli edifici religiosi di Spirito, oltre ad una spiccata inclinazione per la fusione tra forme longitudinali e centrali, è presente anche una forte passione per gli spazi centrali, come i profili polilobati generatori in alzato di spazi suggestivi dalla connotazione centripeta. Tuttavia, oltre a proporre piante completamente rivoluzionarie per l'epoca, basti pensare alla pianta della chiesa di S. Camillo de Lellis a Milano e alla pianta della chiesa dell'istituto Buon Pastore a Monza, bisogna constatare che in numerose occasioni Chiappetta si risolse ad adottare anche degli impianti più tradizionali e simili tra di loro. Si tratta di chiese costituite da una o tre navate, prive di transetto, con l'aggiunta facoltativa di cappelle estradossate a pianta poligonale, ubicate al termine delle navate come nell'atto di simulare uno pseudo transetto.

Martyria, mausolei imperiali, la rotonda costantiniana dell'Anastasis a Gerusalemme, il Pantheon, le architetture barocche di Bernini e Borromini, S. Lorenzo Maggiore e il sacello di san Satiro a Milano, il battistero di Lomello, le rotonde di Brescia e Mantova, sono solo alcune delle possibili opere che Chiappetta investigò per rielaborarne le planimetrie. Anche negli alzati, Chiappetta propose elementi ricorrenti progettati con molta attenzione, in grado di conferire all'edificio un risultato decorativo di notevole spessore. Egli concepì le facciate come schemi decorativi, negando l'interazione fra masse e volumi. Propose l'uso di materiali come mattoni e pietre locali, tradizione tipica ottocentesca ma si scostò dal neogotico e dal neoromanico eliminando elementi cari ad entrambe le correnti architettoniche, come gli archi rampanti.

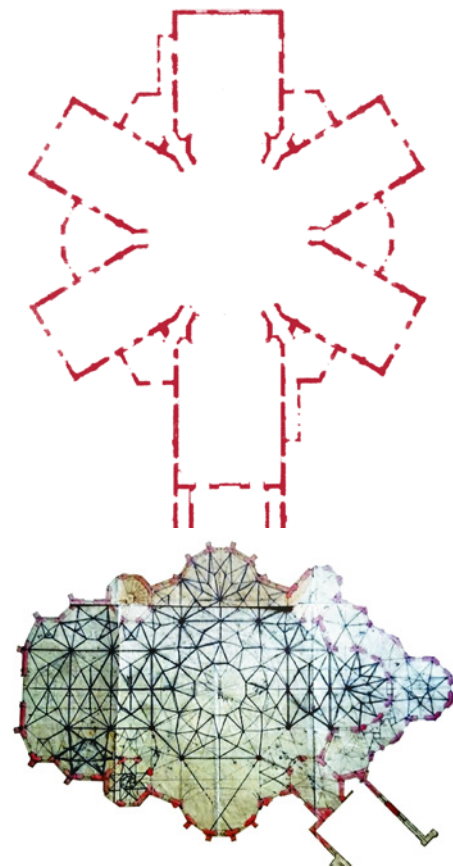


Figura 2.11 - 2.12
Schema della pianta della chiesa all'istituto
Buon Pastore a Monza
Chiappetta, pianta S. Camillo de Lellis, Milano,
Archivio Beato Angelico, Milano

Altro elemento caratteristico di tutte le chiese di Chiappetta sono i contrafforti, elementi tipici della scuola gotica transalpina: salienti a risega che più che uno scopo strutturale assumono uno scopo decorativo ed estetico.

Figura 2.13:
Dettaglio di un saliente a risega dell'Oratorio della SS. Maria Immacolata a Merate
Foto dell' Arch. Paolo Gatti, 1994

Una critica effettuata agli edifici di Spirito è la loro mancata esasperazione verso l'alto. Infatti, le sue chiese non posseggono il violento slancio verticale degli edifici gotici e neogotici. Un chiaro esempio è S. Camillo de Lellis a Milano in cui sono presenti numerosi corpi in facciata che, non essendo controbilanciati da uno slancio in altezza, delineano una facciata massiccia, tozza e poco armonica. L'aspetto finale è aggravato, poi, dalla presenza delle cappelle poligonali estradossate che appesantiscono ulteriormente la struttura. Nonostante ai nostri occhi possano sembrare strutture poco armoniche e poco gradevoli, l'Architetto ha volutamente ricercato questi effetti per poter rivelare all'osservatore la chiara distribuzione degli spazi interni senza obbligatoriamente dovervi entrare. Questo criterio di razionalità era molto sentito dai commentatori di architettura sacra dell'epoca.

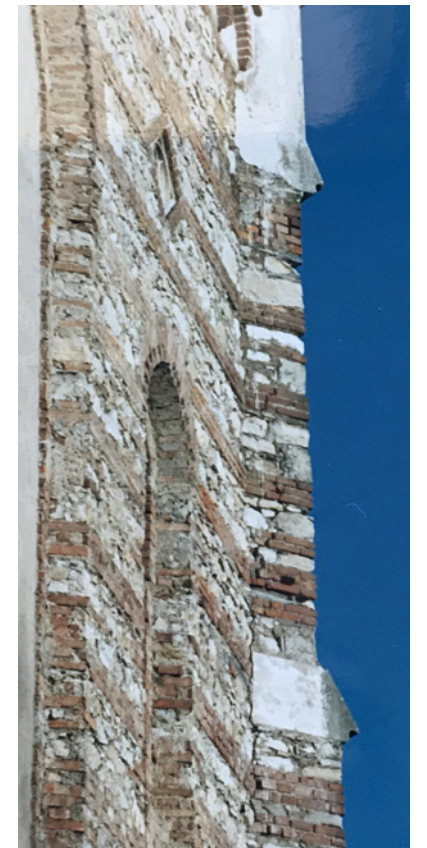


Figura 2.14: S. Camillo de Lellis, Milano, autore sconosciuto

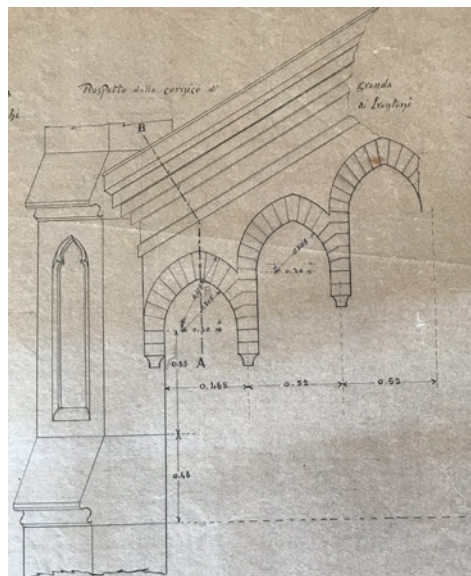


Figura 2.15:
Chiappetta, dettaglio di archetti pensili e contrafforte per l'Oratorio SS. Maria Immacolata a Merate,
Archivio Beato Angelico, Milano

L'innovazione portata da Chiappetta a livello planimetrico non si presenta, quindi, anche sugli alzati che non mostrano un particolare studio compositivo.

Per Chiappetta il laterizio è l'elemento che costituisce il paramento esterno per eccellenza delle chiese e viene scelto di diverse tonalità in base al contesto e interagisce con gli elementi decorativi in pietra, dando vita ad interessanti e tradizionali dialoghi cromatici. Il laterizio non è l'unico materiale utilizzato dall'architetto, infatti, in determinati contesti, ne predilesse altri come la pietra locale o l'intonacatura che conferisce una sobria decorazione.

Sugli alzati si trovano la maggior parte delle volte, le monofore lanceolate che permettono un copioso ingresso della luce evitando l'eccessivo indebolimento della struttura. Bifore, trifore e rosoni, connotati da un andamento centripeto, sono ricorrenti, invece, in progetti più importanti e sono realizzati in pietra o in cemento seguendo i disegni dello stesso Chiappetta. Si trovano anche appariscenti ghimberghe, teorie di archetti pensili, false gallerie scalari, pinnacoli, piccole guglie, edicole e protiri, tutti elementi fedeli al repertorio decorativo gotico.

Le torri nolari in facciata caratterizzano numerose delle chiese, realizzate e non, di Chiappetta. Esse costituiscono un monumentale elemento di ingresso, visibile a chilometri di distanza che al giorno d'oggi verrebbe definito come un landmark. Ponendo queste torri in facciata, il neogotico di Chiappetta riesce a ritrovare una verticalità non sempre raggiunta e, se nel neogotico francese le torri sono costituite da una forte compattezza e solidità, le sue sono suggestive, con le loro strutture più esili e più slanciate, maggiormente finestate con polifore lavorate a traforo e decorate con statue ed edicole.

In alcune chiese Spirito, invece, propose un elemento completamente innovativo per l'architettura di quel tempo: l'uso di torricini in facciata come successe per la Basilica di S. Rita da Cascia, ubicata nell'omonimo paese (1934).

Chiappetta aveva anche sviluppato un gusto personale per la ceramica e gli affreschi, infatti, sono presenti, in alcuni suoi studi e disegni per delle chiese commissionate, delle facciate caratterizzate dalla policromia dovuta al dialogo fra il mattone, il cotto, la pietra e le piastrelle in ceramica.



Figura 2.16:
Chiesa S. Stefano, Cesano Maderno, realizzata da Chiappetta,
Autore: beniculturali Lombardia

Gli ambienti interni creati da Chiappetta sono sempre catalogabili con caratteristiche ricorrenti. Alcune di queste sono la presenza di cripte o di sale sotterranee, l'utilizzo dell'arco a tutto sesto, l'utilizzo di volte con luce molto ampia, ma molto ribassate, la struttura in laterizio lasciata a vista e la presenza di tiranti, chiavi e catene in ferro affogate nella muratura per la tenuta delle volte.

Nella maggior parte delle chiese, lo spazio interno è costituito da un corpo longitudinale formato da tre navate, dove quelle laterali sono di dimensioni ridotte, ma comunque funzionali e ben pensate per il flusso dei fedeli e per l'ubicazione di statue o altri elementi decorativi.

Come già scritto in precedenza, l'altezza delle navate era all'incirca la medesima (*Hallenkirche*). Gli spazi generati dalle navate sono divisi fra di loro da pilastri e colonne in pietra grigia o in marmo policromo, materiale molto apprezzato e ben conosciuto dall'architetto che viene utilizzato da Chiappetta anche per le pavimentazioni.

Le tipologie di pilastri più ricorrenti sono quelle dei polistili a sezione ottagonale o dodecagonale, dotati di base o capitelli scolpiti, dal modello tardogotico, quelle dei pilastri a fascio privi di capitello dai quali le nervature partono senza continuità, mentre nelle chiese di dimensioni più ridotte si trovano i pilastri polilobati alternati ad esili pilastri non sagomati. Fanno eccezione le chiese dei SS. Giacomo e Donato a Monza (1914) e di S. Maria del Buon Consiglio in Bovisa a Milano (1916) che presentano colonne tortili a sezione ottagonale su plinti che generano, così, un effetto dinamico unico.

Conoscendo l'immensa devozione e religiosità di Chiappetta, non stupisce il fatto che egli introducesse diversi elementi che assumevano una forte valenza simbolica.

Non è un caso, infatti, l'utilizzo frequente di capitelli e colonne a sezione sia ottagonale che dodecagonale. Essi venivano concepiti con queste sezioni per conferire loro un valore simbolico: il giorno della resurrezione è l'ottavo giorno e gli apostoli sono dodici. I capitelli sono sempre realizzati partendo dai disegni di Chiappetta. In essi dominano i soggetti vegetali che, anche nei tratti, appaiono tipici del gusto floreale liberty del tempo.

Tuttavia, la sensibilità religiosa di Chiappetta riconduce ogni capitello ad un significato simbolico cristiano.

Così in essi si trovano spighe e tralci di uva per l'Eucaristia, il melograno a simboleggiare la fecondità dell'Apostolato, la quercia come invito ad esercitare la virtù con forza, la palma come metafora del martirio, il giglio per la verginità e la passiflora a ricordare la Passione di Cristo⁴.

Nell'architettura sacra del Nostro troviamo sempre coperture che presentano volte a crociera costolonate, realizzate in mattoni.

Quasi sempre, le volte sono innervate da sottili trame di cordonature in stucco o cemento, con lo scopo di simulare complesse volte reticolate o a ventaglio, secondo un'ispirazione tardogotica tedesca, presente anche nell'area alpina⁵.

⁴ Per i significati simbolici si fa riferimento anche E. Urech, *Dizionario dei simboli cristiani*, Roma, ed. Arkeios, 1995.

⁵ Si trovano volte di questo tipo nelle chiese milanesi di S. Camillo di Lellis (1912), di Santa Maria del Buon consiglio in Bovisa (1916) di S. Benedetto (1921), a Monza nella chiesa dei SS. Giacomo e Donato a Monza (1914), a Seregno in quella di S. Valeria (1923) e a Vigevano nel Santuario della Madonna di Pompei (1920). Al contrario, nella chiesa della S. Maria Assunta a Concesa (1909) le volte presentano solo più tradizionali costoloni che sottolineano le vele.

Attraverso l'eccezionale virtuosismo del disegno delle nervature, non solo si crea un effetto di dinamismo suggestivo che viene amplificato dalla particolare planimetria, ma lo sguardo è guidato verso l'alto, dove incontra un altro potente simbolo: il cielo stellato. Chiappetta riprese oltre che le volte affrescate del Cimitero Monumentale di Milano di Carlo Maciachini, la tradizione del Medioevo presente sul territorio di Assisi. Questa scelta avrebbe conferito all'altare e alla cupola un'interazione figurativa come quella della morte e della resurrezione. In altre occasioni le volte, invece, non sarebbero state intonacate ed affrescate per valorizzare la struttura e le costolonature in mattoni. Purtroppo, le volte affrescate sono pressoché scomparse da tutte le sue chiese per una mancata attenzione nel restauro⁶. Anche le forme disegnate dalle cordonature sulle volte propongono significati simbolici. In particolare sono frequenti i simboli mariani, come le stelle, e le croci che rimandano sempre a un modello germanico.



Figura 2.17:
Chiappetta, progetto per capitello, matita su carta
Archivio Beato Angelico, Milano



Figura 2.18:
Chiappetta, particolare delle volte, Cappella dell'istituto
delle suore Canossiane (oggi auditorium BCC Treviglio),
Treviglio, foto di Francesco Galli



Figura 2.19:
Chiappetta, particolare di capitello con fiori e passiflora, Santuario Madonna della Guardia, Tortona
foto di Francesco Galli

⁶ Galli - *in op. cit.*, p. 136, nota 14 - segnala che è quanto accaduto in S. Maria Ausiliatrice a Carugate, in SS. Giacomo e Donato a Monza, in S. Redentore a Bettola di Pozzo d'Adda, nel Santo Crocifisso a Desio, nel santuario di Lovere.

Riprendendo la tradizione lombarda, Chiappetta inserì, negli edifici di ridotte dimensione come le cappelle, dei matronei a quali viene assegnato un valore completamente differente rispetto a quello ricoperto nel romanico lombardo in cui questi ultimi venivano utilizzati con il solo scopo di contenere la spinta della navata centrale e non per accogliere i fedeli. Chiappetta li investì, al contrario, di una nuova funzione: ospitare il maggior numero di fedeli.

Per le pavimentazioni, in base alla tipologia dimensionale, venivano utilizzati marmi policromi (chiese più grandi) o cementine (chiese più piccole). Anche quando Chiappetta si avvaleva di cementine prodotte all'ingrosso, si preoccupava di disporle in modo da esaltare il valore simbolico del fedele che dall'ingresso procedeva in modo salvifico verso l'altare. Per questo la messa in posa delle cementine avveniva secondo seguendo un suo disegno appositamente preparato.

Altrettanto scrupolosa era la cura che metteva nella scelta dei marmi, infatti era lui a proporli ai marmorari e non viceversa, come di solito accadeva. In moltissimi dei suoi progetti si trovano indicati i tipi di materiali da usare e da essi si evince una notevole conoscenza di tutti i marmi in circolazione al tempo. Basti pensare che "Per la sola cappella Mater Divinae Gratiae in villa Sacro Cuore a Triuggio, Chiappetta stila un elenco di trentasei marmi policromi da acquistare⁷."

E' altrettanto interessante notare come Chiappetta non utilizzasse mai balaustre, capitelli o acquasantiere prodotte in serie, ma le progettasse egli stesso, ispirandosi, in molti casi alle illustrazioni di libri o cataloghi, molto frequenti alla fine dell'Ottocento, pensati ad uso degli artisti in cui si proponevano motivi decorativi tipici delle diverse e poche⁸.

In conclusione, le opere di Chiappetta erano studiate nei minimi dettagli, proponevano materiali innovativi o locali, economici o costosi, si rifacevano ad uno stile gotico transalpino e neoromanico lombardo, con qualche aggiunta di elementi Liberty, generando delle architetture uniche nel loro genere, eclettiche, che richiedevano tempi di costruzione molto lunghi e investimenti spesso onerosi.

⁷ F. Galli, *op. cit.*, p. 137.

⁸ Un testo di riferimento per Chiappetta avrebbe potuto essere C. Boito, *Ornamenti di tutti gli stili classificati in ordine storico*, Napoli- Milano- Pisa, Hoepli, 1881.

LA BASILICA DELLA SS. IMMACOLATA DI MERATE

Un modello esplicito: la Basilica della Santissima Immacolata di Lourdes

Come precedentemente detto, Chiappetta nelle sue opere architettoniche non si ispirò al gotico italiano che manteneva molte caratteristiche romaniche, ma si rifece a modelli stranieri, il che fece sì che le sue opere avessero un non so che di *"pittoresco"*¹ che fu una delle ragioni della sua fortuna.

Se, come si è visto, non è facile indicare con certezza a quale gotico straniero si ispirasse in generale il Nostro, sono, al contrario, piuttosto evidenti i modelli a cui si ispirò nella progettazione dei singoli edifici.

Il riferimento al neogotico francese è riconducibile alla Basilica di Nostra Signora di Lourdes di Hippolyte Durand che, si ribadisce, Chiappetta ammirò di persona e che fu il modello per la realizzazione di almeno tre chiese, tra cui la Basilica della Santissima Immacolata di Merate².

Nella chiesa di Merate il posizionamento del campanile e delle rampe in facciata, così come il piacere di collocarvi elementi archiacuti, deriva direttamente dalle caratteristiche architettoniche della basilica di Lourdes che venne presa come mirabile esempio. Osservando le immagini della basilica francese e del progetto di Chiappetta per la chiesa di Merate i punti di somiglianza sono manifesti.

La basilica francese, tuttavia, non è un semplice modello architettonico, ma anche spirituale. Infatti, tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento il culto mariano, ed in particolare quello di Lourdes, è stato centrale nella cristianità e nel Vaticano.

Nella pagina successiva

Figura 2.20:

Disegno di Chiappetta della Basilica della SS. Immacolata di Merate, Archivio Beato Angelico, Milano

¹ Il termine nell'accezione del contesto si trova in F. Galli, *op. cit.*, p.67. È interessante, tuttavia, riportare le parole di Clark: "Le opinioni potevano essere divergenti circa l'esatta interpretazione del termine "picturesque", ma tutti furono d'accordo sul fatto che nulla poteva essere più "picturesque" della architettura gotica." in K. Clark, *Il Revival gotico. Un capitolo di storia del gusto*, Torino, Giulio Einaudi Editore, 1970, p.53.

² Il progetto iniziale di S.M. di Lourdes a Milano (1895), S.M. di Lourdes di Arquate (1930), e la chiesetta del Mottarone (1909) si rifanno direttamente alla basilica di Hippolyte Durand.



Il culto mariano fra Otto e Novecento

Le questioni teologiche. Per comprendere a pieno l'importanza che assunse il culto mariano alla fine dell'Ottocento si è obbligati a una digressione storica su questioni teologiche che prendono il loro avvio fin dall'affermarsi del Cristianesimo. I temi di riflessione furono molteplici e tra i principali si possono annoverare la verginità di Maria *ante, in* e *post-partum*, nonché il problema della Immacolata Concezione e la natura divina di Maria³.

Il concilio di Efeso del 431 mise un punto fermo alle dispute mariane dei primi secoli poiché confermò ufficialmente che Maria era Theotokos (madre di Dio) e chiuse un periodo che aveva visto tante dispute rispetto la verginità di Maria. E, per quanto possa apparire strano oggi, anche la questione della santità della Madonna venne dibattuta lungamente e il cammino dei Padri della Chiesa per risolvere la questione fu molto lungo. Tutte queste cautele erano da ricondursi al rischio di possibili contaminazioni con i culti delle dee pagane, infatti Maria, in quanto madre di Dio, avrebbe potuto essere considerata a sua volta una dea.

Al termine di questo periodo resteranno insolte due grandi questioni dogmatiche, quella dell'Immacolata Concezione e quella dell'Assunzione che accompagneranno tutta la storia del Cristianesimo e che troveranno una soluzione solo nei secoli XIX e XX.

Si consideri che la questione teologica dell'epilogo terreno di Maria, l'Assunzione, che aveva preso l'avvio nel 377 con le riflessioni di S. Epifanio, vescovo di Salamina, verrà risolta da Papa Pio XII che proclamerà il dogma solo nel 1950.

Queste due questioni teologiche, e in particolare quella dell'Immacolata Concezione riguardano da vicino gli argomenti trattati in questo scritto perché "le devozioni mariane più importanti dell'Ottocento, la Medaglia miracolosa e le apparizioni di Lourdes sarebbero, ad esempio, incomprensibili fuori dalla definizione della Immacolata Concezione[...]: il successo della Medaglia miracolosa prepara la definizione del dogma, l'apparizione di Lourdes la legittimerà a livello di massa⁴".

E' utile ricordare, quindi, che la questione della Immacolata Concezione era stata ostacolata nel corso dei secoli da indiscusse autorità religiose, come San Bernardo e San Tommaso d'Aquino. Quando Duns Scoto, uno dei più importanti filosofi scolastici, frate francescano, aveva iniziato a insegnare a Parigi negli ultimi anni del XIII secolo, l'Immacolata Concezione era universalmente misconosciuta dai teologi.

Nel 1439 i teologi riuniti a Basilea definirono l'Immacolata Concezione un dogma di fede, ma questa restò una definizione senza alcun effetto perché tale Concilio non era riconosciuto a Roma.

Nel 1644 l'Inquisizione emanerà un decreto contro gli immacolisti, proibendo il titolo di Immacolata Concezione: Immacolata doveva riferirsi alla persona di Maria, ma non alla sua concezione.

³ Si Cfr. E. Fattorini, *Il culto mariano tra Ottocento e Novecento Simboli e devozioni. Ipotesi e prospettive di ricerca*, Milano, Franco Angeli, 2009, pp.17-24 per un'analisi approfondita di questi temi nei Vangeli e nella lettera di Paolo ai Galati.

⁴ E. Fattorini, *op. cit.*, p.9.

Dopo estenuanti controversie teologiche il movimento immacolista ottenne la vittoria del dogma dell'Immacolata nel 1854⁵.

Le associazioni mariane diventarono un potente movimento internazionale che si manifestò prepotentemente a seguito delle apparizioni ottocentesche ed esplose poi con il pronunciamento del dogma: Associazione Devoti Maria ausiliatrice, Milizia dell'Immacolata, Legioni di Maria, e tantissime altre ancora. Due fattori erano comuni a queste nuove forme di associazionismo: il carattere bellicoso e militante necessario per combattere i nuovi mali del mondo e gli effetti che l'influenza mariana esercitava sulle nuove opere di carità.

Non sono poi da sottovalutare i "caratteri romantici" del culto mariano che vennero ampiamente utilizzati dal mito nazionalista e che, essendo in sintonia con il sentire del tempo, agevolarono, a loro volta, affermarsi della devozione mariana⁶.

Le apparizioni di La Salette e di Lourdes. Nel corso dell'Ottocento si inaugurarono le grandi apparizioni che continueranno anche nel Novecento. Anche nell'antichità e nel Medioevo le apparizioni mariane erano diffusissime, ma venivano vissute come parte della pratiche religiose collettive e facevano parte del normale senso religioso. Al contrario, nell'Ottocento ed all'inizio del Novecento, secoli più laici, le apparizioni furono eventi più circoscritti e ben identificabili e vennero percepiti come avvenimenti eccezionali. I mezzi di comunicazione spettacolarizzarono a tal punto le apparizioni da farle apparire più importanti e numerose di quelle del passato e, se era raro che i pellegrinaggi mariani medievali iniziassero in seguito ad una visione, quelli dei secoli XIX e XX nacquero direttamente dalle esperienze visionarie e d'apparizione.

La Salette inaugurò le grandi apparizioni mariane dell'Ottocento e vi si trovavano tutte le caratteristiche che saranno costanti nelle apparizioni contemporanee: si verificano in spazi aperte, in presenza di sorgenti prodigiose, sempre di giorno, i veggenti sono fanciulli poco istruiti a cui vengono rivelati segreti e messaggi, non si limitano alla sfera privata del veggente, ma coinvolgono la comunità e hanno, quasi sempre, un impatto sociale.

⁵ Non bisogna compiere l'ingenuità di pensare che queste dispute dogmatiche non influissero sulla vita dei fedeli. A riprova di ciò riportiamo solo l'esempio di quanto avveniva nella Parrocchia di Merate, poiché il contesto interessa da vicino questo scritto. Il 2 maggio del 1904, in occasione del cinquantesimo anniversario della proclamazione del dogma della Immacolata Concezione, il Prevosto di Merate organizzò un imponente pellegrinaggio al Santuario della Madonna del Sasso, sopra Locarno, in Svizzera. Vi parteciparono 800 persone. Per rendersi conto della portata dell'iniziativa, bisogna ricordare che il pellegrinaggio prevedeva due trasferimenti in treno e una tratta in battello: l'organizzazione del tragitto per 800 persone doveva aver richiesto notevoli capacità organizzative e una forte motivazione.

⁶ La cristianità medievale, anziché obiettivo di attacchi laici come durante l'Illuminismo, diventa oggetto di rimpianto e aspirazione per un futuro idealizzato, per esempio in Novalis, *La cristianità ovvero l'Europa*. La poesia romantica unisce la figura dell'amata con quella di Maria e trova nella sua figura la sublimazione dell'"eterno femminile". Inoltre, l'idealizzazione femminile, nella sua declinazione materna di Maria, dà voce alla *Sehnsucht*, allo struggimento, al desiderio, alla tensione tipico del romanticismo tedesco. Autori come Novalis (*Inni e canti*), Chateaubriand (*Genio del cristianesimo*), Verlaine (*Saggezza*) Nerval, Goethe (*Faust*) rappresentano queste istanze. Similmente, nelle arti figurative si ritrovano movimenti, come quello dei Nazareni in Germania, che propongono una figura femminile materna, rassicurante, sicura, ma mai mascolina o aggressiva, in cui si ha una confluenza degli ideali romantici con la figura di Maria. Tale confluenza la si ritrova anche nei Preraffaelliti in Inghilterra che percepirono la donna come una Madonna da venerare nel tempio dell'estetismo e assunsero la rosa a simbolo di tutto quello che la donna doveva incarnare: purezza, castità, delicatezza.

Queste caratteristiche si svilupperanno in un vero proprio culto di massa moderno con le apparizioni a Lourdes, dove dall'11 febbraio al 16 luglio 1858 la Madonna apparve 18 volte a Bernadette Soubirous⁷.

L'intercessione di Maria, nel corso dei secoli, è stata invocata soprattutto nei momenti di maggior pericolo e di minaccia per la cattolicità.

Ora, entrambe le apparizioni vedono nell'Immacolata Concezione un argine potente contro la modernità e invitano ad una nuova devozione contro la laicità e il progresso: la Madonna di La Salette rimprovera i fedeli di non santificare la domenica, il *dies dominica*, con il riposo e la Messa, invita alla conversione e a pregare mattina e sera, mentre i miracoli di Lourdes sono una sfida alla fiducia del positivismo nella scienza che tuttavia non si era rivelata onnipotente.

In questo solco si inseriscono anche le apparizioni più importanti del Novecento, quelle di Fatima, avvenute in Portogallo tra il 13 maggio e il 13 ottobre del 1917, a cavallo tra l'ultima estate della Prima guerra mondiale e la Rivoluzione russa. Fatima consegnò un messaggio profetico contro il comunismo. La madonna di Fatima preannunciò la fine della guerra e la conversione della Russia e chiese "La consacrazione della Russia al mio cuore immacolato...se si darà ascolto alle mie domande, la Russia si convertirà e si avrà pace. Altrimenti diffonderà nel mondo i suoi errori. Il Santo Padre mi consacrerà la Russia. Questa si convertirà ed una pausa di pace verrà concessa al mondo⁸."

Il contenuto dei segreti rivelati ai veggenti, componente che ritroviamo in tutte le apparizioni mariane, ha un rilievo particolare in quella di Fatima, per gli aspetti esoterici, apocalittici e catastrofici che vi si ritrovano.

E' proprio il carattere profetico e storico che alimenterà notevolmente il culto mariano.

Il pellegrinaggio di Chiappetta a Lourdes. La formazione spirituale e la devozione di Spirito Chiappetta incrociò sicuramente questo sentire della comunità cattolica e il suo pellegrinaggio a Lourdes, intorno al 1901, importante per i riferimenti architettonici a cui in seguito si ispirò, fu fondamentale anche per l'impatto emotivo e spirituale che ne derivò. Egli fu testimone del culto ormai modernizzato e di massa che, trent'anni dopo il suo manifestarsi, aveva colpito anche Zola, quando nell'estate del 1891, capitò a Lourdes. Emile Zola affermò "Ecco un mondo nuovo, che vale la pena di analizzare!" e scrisse un libro che accese furiose polemiche tra laici e cattolici su come interpretare questo eccezionale "bisogno di fede", proprio quando la contemporaneità si era vantata di averlo messo al bando⁹.

Pur non avendo una documentazione diretta si può facilmente immaginare che anche Chiappetta si imbatté nelle manifestazioni concrete di questo processo di modernizzazio-

ne del pellegrinaggio che aveva modificato le coscienze e le forme del culto.

Manifestazioni quali la diffusione di numerosi manuali di viaggio rivolti ai pellegrini che contenevano un rigoroso regolamento pratico e spirituale. Essi erano personali e rilasciati a ogni pellegrino che, a sua volta, era contrassegnato con un numero. Nel manuale erano raccomandate dedizione spirituale e partecipazione a precise manifestazioni liturgiche, ma anche pazienza e rispetto rigorosissimo dell'organizzazione: "Ciascun pellegrino è contrassegnato con un numero di iscrizione, posto sul libretto [...] con esso segnerà le valigie, ombrelli e oggetti simili [...] a ciascun pellegrino verrà dato, oltre l'orario col biglietto di ferrovia, il libretto per l'alloggio e il vitto, il distintivo di pellegrino, un manuale di preghiere e l'ordine delle funzioni¹⁰".

Tutto quanto detto finora dovette enfatizzare l'esperienza del pellegrinaggio compiuto da Chiappetta e dovette colpire profondamente la sua sensibilità religiosa e d'architetto se, pochi anni dopo il pellegrinaggio, ripropose gli stimoli ricevuti a Lourdes nella progettazione della Basilica della Santissima Immacolata di Merate e in altre costruzioni sacre¹¹.

Non stupisce, quindi, che il Corriere della sera, il 13 novembre 2014, in un articolo dal significativo titolo *Merate, abbandonata la basilica che doveva somigliare a Lourdes* scriva "E quando [Chiappetta] nel 1906 passò da Merate pensò che potesse essere il posto giusto per dare vita a una basilica in grado di richiamare fedeli da tutta la Lombardia. Insomma, l'idea era costruire una Lourdes ai piedi delle Alpi, anziché dei Pirenei¹²."

⁷ Non si può non accennare, per la vicinanza geografica con la SS. Basilica dell'Immacolata di Merate, alle apparizioni mariane presso il Santuario della Madonna del bosco di Imbersago. L'ultima avvenne l'8 dicembre 1896 quando la Madonna apparve a Teresa Secomundi (1863-1921) che, a causa di manifestazioni demoniache, non poteva pregare o recarsi nei luoghi di culto. La Madonna, dopo averle consegnato il proprio rosario, la accompagnò fino alla porta del santuario. Già nel 1615 cominciarono a girare in paese voci di presunte apparizioni avvenute nel bosco soprastante. Secondo la leggenda, il 9 maggio 1617 tre piccoli pastorelli assistettero ad una di queste visioni. Alla fine, uno dei tre bambini, un certo Pietro, scorse tra i rami un riccio maturo, completamente fuori stagione. La scoperta fece gridare al miracolo e gli abitanti locali iniziarono a praticare il culto della Beata Vergine che, in pochi anni, attirò fedeli da tutto il milanese e dalla bergamasca. Un secondo miracolo, avvenne dopo poco tempo: un'intera famiglia stava pascolando il proprio gregge nei pressi di una fonte, quando un lupo ne ghermì il figlio. La madre si rivolse alla Madonna che apparve sopra un castagno, facendosi consegnare dal lupo il neonato.

⁸ L. G. da Fonseca, *Le meraviglie di Fatima*, Milano, ed. Paoline, 1991.

⁹ E. Zola, *Mes voyages, Lourdes-Rome. Journaux inédits présentés et annotés par J. Ternois*, Paris, 1958.

¹⁰ *Il pellegrinaggio italiano a Lourdes*, Libretto, Roma, 1899.

¹¹ A dimostrazione del forte impatto del pellegrinaggio in Chiappetta resta la realizzazione delle Grotte di Lourdes presso oratori e chiese (se ne contano ben 8 in Lombardia e 1 in Piemonte) e degli interni delle cappelle dell'Istituto Vittoria Colonna (1896) e della casa delle suore Marcelline in via Quadronno a Milano (1919) che si rifanno agli stilemi di Lourdes.

¹² *Merate, abbandonata la chiesa che doveva assomigliare a Lourdes*, in "Corriere della Sera", 13 novembre 2014.

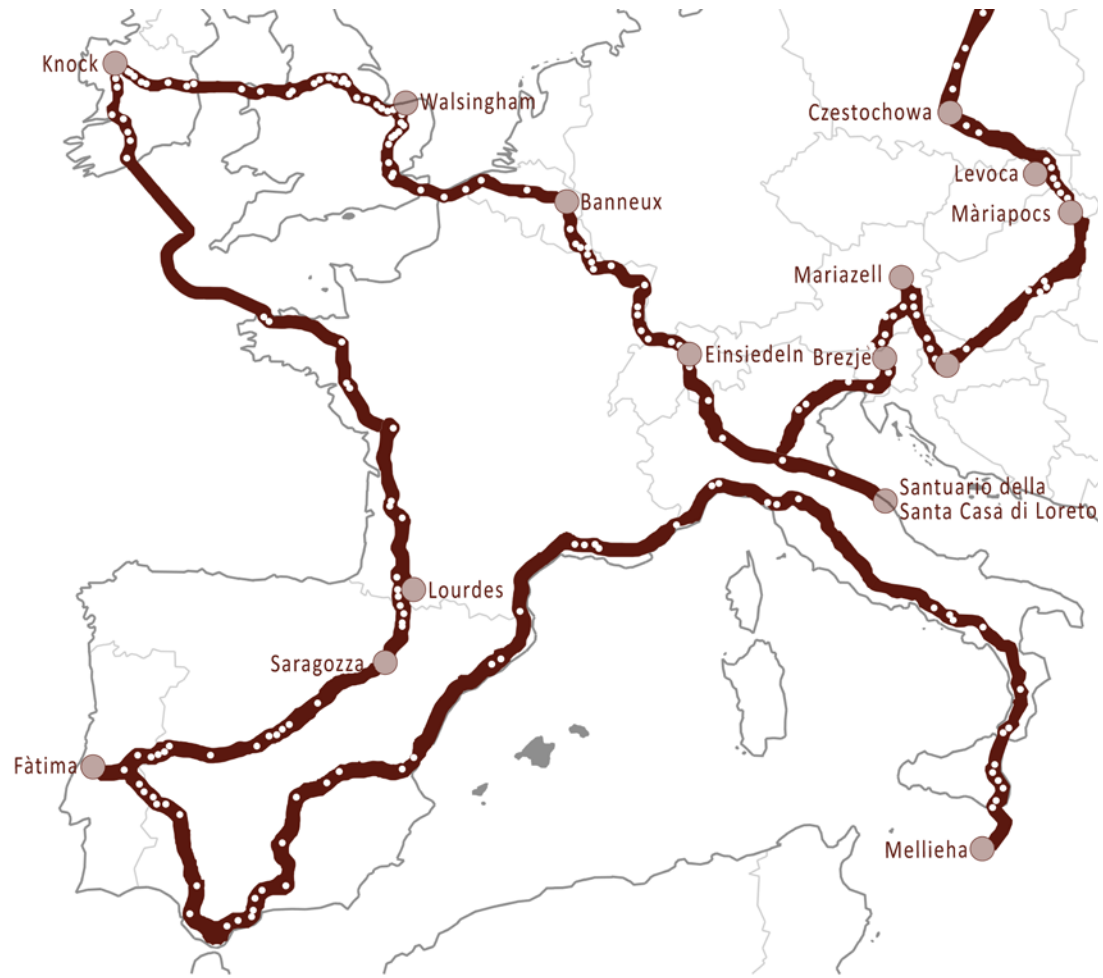


Figura 2.21:
I percorsi mariani in Europa

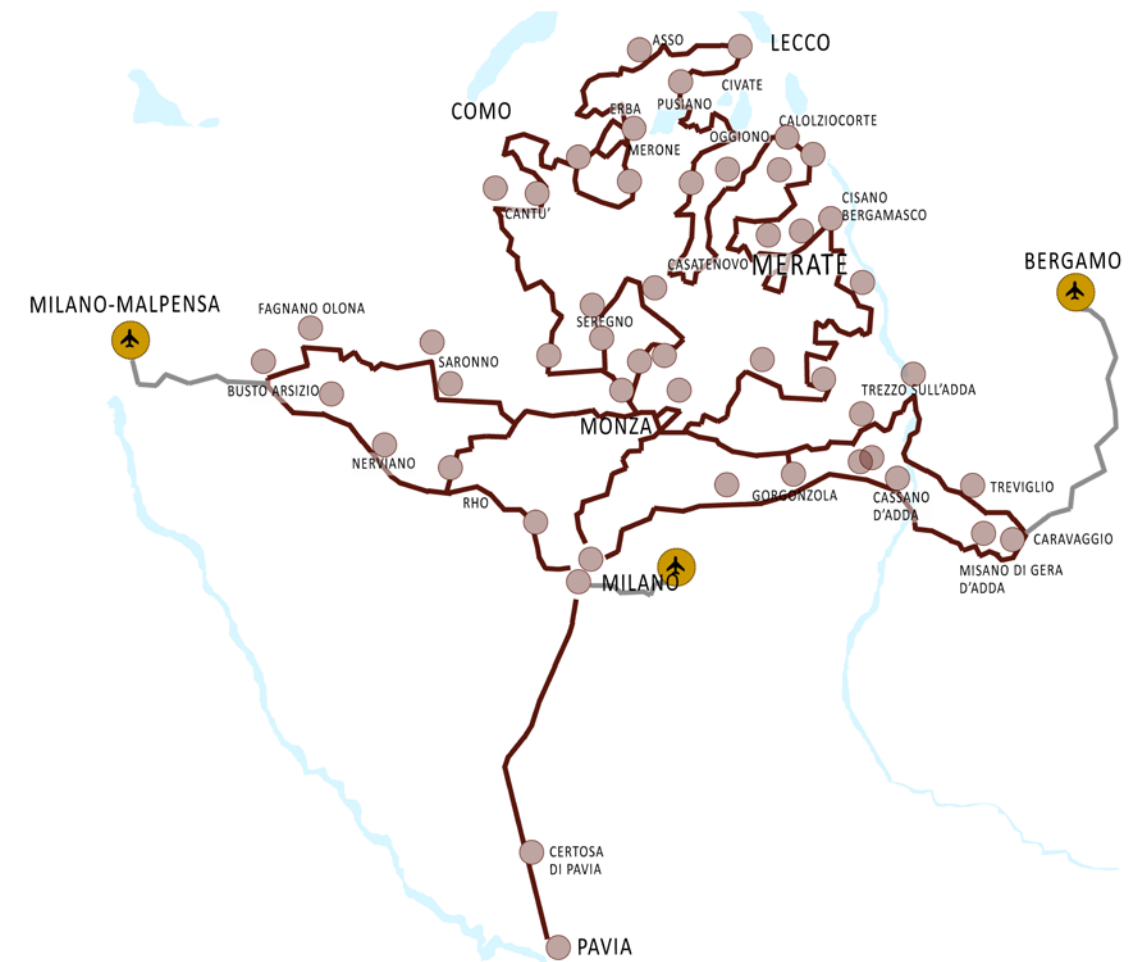


Figura 2.22:
I percorsi mariani più conosciuti in Lombardia

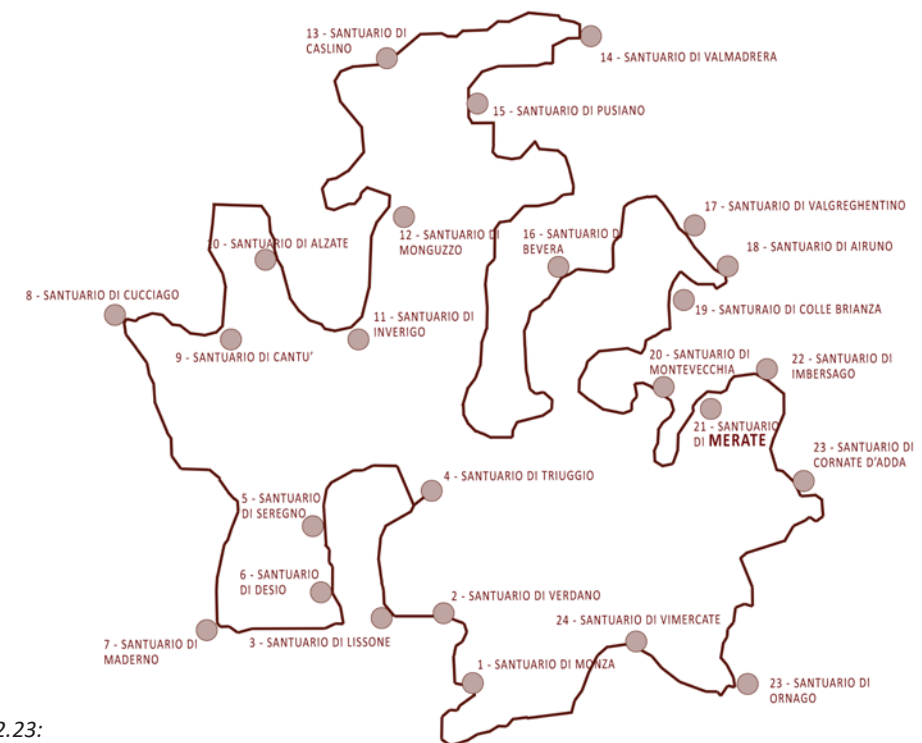


Figura 2.23:
I percorsi mariani più conosciuti in Brianza

Il processo costruttivo

1905. Ci troviamo a Merate, un comune italiano alle porte di Milano che agli inizi del '900, conta poco più di 6000 anime, ma che, come successe per Milano, dovette far fronte ad un sempre più crescente aumento della popolazione, con la conseguente espansione del borgo.

Nel 1905, Don Elia Caversasio propose la costruzione di un nuovo oratorio per rispondere ai bisogni derivanti dalla crescita demografica, con l'intento di creare, così, ambienti e spazi più ampi ed accoglienti sia per i fruitori dell'oratorio stesso sia per i fedeli. Il vecchio oratorio presente a Merate si trovava nella chiesa tuttora esistente di Santa Marta ed aveva a disposizione un cortile, dove i giovani si ritrovavano per le pratiche religiose festive e per le ricreazioni, molto più piccolo di quello che sarebbe stato pensato per la nuova costruzione. Il vecchio oratorio era stato fondato da Don Andrea Sala nel 1832, malgrado la chiesa esistesse da almeno un secolo. Dopo aver affrontato numerose indecisioni derivanti dalla scelta del lotto che avrebbe ospitato la nuova sede, nel febbraio del 1905 venne contattato l'Ingegnere Dottore Amilcare Avignone per iniziare i lavori preliminari di rilievo e frazionamento del terreno che si trovava ai piedi del colle Subaglio e che prima della cessione era di proprietà del Signore Giulio Maggioni.

Nei primi mesi del 1905, l'Ing. Avignone si preoccupò di affrontare le operazioni più burocratiche legate al lotto come i rilievi e le misure reali dell'appezzamento, il frazionamento del numero di mappa rappresentante l'appezzamento del terreno, le pratiche per la voltura, la delimitazione dei confini locali con la consegna della planimetria al capo mastro il 17 febbraio e con la stesura in relazione dei confini del lotto in data 12 maggio.



Figura 2.24:
Chiappetta, frazionamento del lotto, scala
1:1000, non datata, Archivio Beato Angelico,
Milano

L'architetto ed ingegnere investito del compito della costruzione del nuovo Oratorio SS. Maria Immacolata fu Spirito Maria Chiappetta che venne contattato da Don Elia Caversasio, sempre nei primi mesi del 1905, con cui scambiò numerose lettere nei primi anni del cantiere. Tale corrispondenza andrà affievolendosi con il passare degli anni per diversi motivi che verranno svelati con la progressione della ricostruzione del processo edilizio. La commissione esecutiva creata per la costruzione del nuovo Oratorio di Merate è costituita dall' "Illustrissimo Rev. Signori M.R.D. Velzi Cesare Parroco e Vicario di Merate, il dottore D. Cesare Cazzaniga, Prof. D. Angelo Pagnoni, il Prof. D. Federico Colombo, M.R.D. Elia Caversasio, Dal Verme Conte Ing. Carlo, Sig. Rusca Rog Luigi e avvocato Giovanni Paleari affianca il Sig. Capomastro Natale Colombo domiciliato in Merate [...]”¹³.

Altri assistenti alla costruzione furono Don Ersilio Magni, Don Giuseppe Alborghetti, Don Gino Gobetti, Don Mario Ferrario, Don Natale Basilico, Don Giuseppe Castiglioni Don Peppino Fumagalli.

¹³ Capitolo d'appalto, 13 giugno 1906. La brutta copia redatta da Spirito Chiappetta è conservata presso l'Archivio Beato Angelico a Milano, mentre la copia finale è conservata presso l'Archivio Parrocchiale S. Ambrogio di Merate

Il primo anno, ovvero il 1905, fu un anno di confronto tra Chiappetta e i membri della commissione, infatti, già in una lettera del 24 marzo 1905, Caversasio introdusse le prime osservazioni al progetto¹⁴. Egli affermò che il campanile avrebbe dovuto servire da elemento catalizzatore per i fedeli e aggiunse che quest'ultimi non avrebbero dovuto per forza accedere alla chiesa attraversando il cortile. L'accesso alla chiesa doveva essere, a suo parere, lineare e pulito, mentre un accesso più lungo e meno visibile poteva essere utilizzato per accedere alle sale retrostanti, come la biblioteca e gli spazi dell'oratorio. Caversario giustificò queste osservazioni affermando che negli edifici ecclesiastici ci sono sempre due ingressi separati anche con scale esterne per il pubblico. Infine, criticò la pianta, che a suo parere risultava troppo larga, temendo un risultato spiacevole come la chiesa di Carnate che appariva sproporzionata in confronto alla sua altezza, aggiungendo, infine, che il risultato finale della costruzione doveva assolutamente avvalersi della sua bellezza per attrarre ragazzi e fruitori del teatro pubblico presente all'interno della costruzione. In una lettera indirizzata a Chiappetta, concluse dicendo che non gli era possibile comunicargli le dimensioni del terreno vista la mancanza in loco del Capomastro che poi, il 12 maggio 1905, avrebbe eseguito la livellazione del terreno.

“*La mia opinione in merito al progetto del Sig. Capomastro
Farò tesoro delle sagge osservazioni fattemi e dei desideri espressi riguardo l'erigendo
Oratorio e senz'altro vedrò di attemperarvi completamente.*”

Così rispose Chiappetta con la lettera del 27 maggio, in cui chiese che fossero esplicitate le prescrizioni e tutti i requisiti in modo tale che l'edificio venisse realizzato nel modo più conforme possibile alle richieste. Chiappetta scrisse che avrebbe voluto porre in facciata una campanella decorativa, ma che ora avrebbe dovuto pensare un nuovo posto per il campanile, che avrebbe posto gli adeguati disimpegni per i locali e che avrebbe studiato meglio la funzionalità del salone. Alle obiezioni relative all'ingresso poste da Caversasio l'architetto rispose che avrebbe lasciato un ingresso all'angolo nord-ovest, comodo e utile per l'accesso all'oratorio dal paese. Ribatte, invece, a tono riguardo alla chiesa di Carnate affermando che, in quel caso, l'eccessiva economia fatta sul cantiere aveva portato ad un risultato davvero scadente che non avrebbe dovuto ripetersi nel caso di Merate.



Figura 2.25:
Chiappetta, schizzo della pianta ed elenco
delle diverse funzioni che saranno presenti
Archivio Beato Angelico, Milano, 17.03.1905

¹⁴ Tutte le informazioni riferite nel paragrafo relativo al processo costruttivo sono dedotte da lettere, da fatture e da preventivi conservati presso l'Archivio Beato Angelico e presso l'Archivio della Parrocchia S. Ambrogio di Merate, così come le citazioni riportate, quando non specificate. La maggior parte dei documenti utilizzati non sono stati archiviati in modo organico e, quindi, la citazione sarebbe risultata particolarmente difficoltosa.

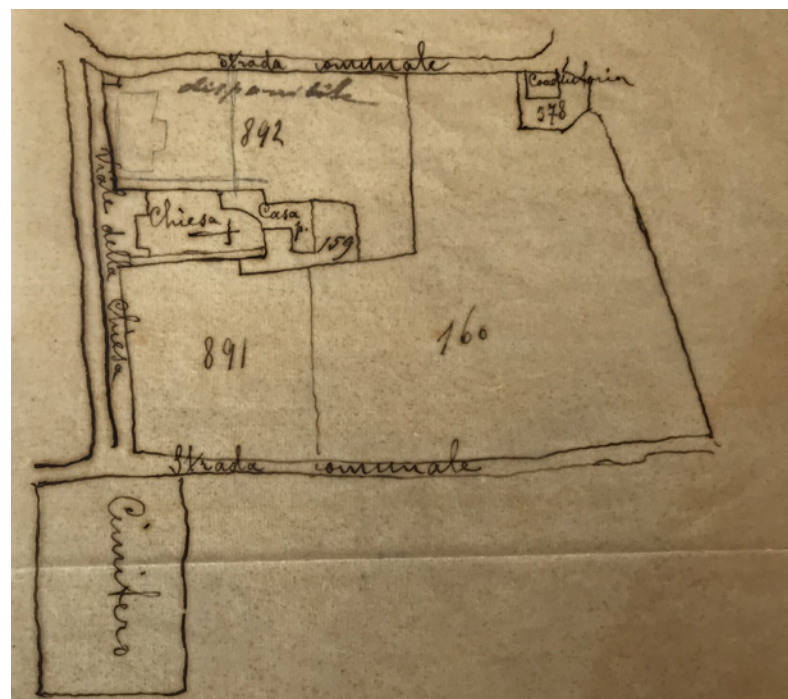


Figura 2.26:
Chiappetta, schizzo degli ingombri,
non datata
Archivio Beato Angelico, Milano

L'8 giugno, Chiappetta, inviò alla Commissione solamente uno schizzo per le altezze del muro di cinta e un abbozzo della facciata perché stava ancora ultimando il progetto generale. I muri di cinta verranno costruiti su tutti i lati, eccetto che in corrispondenza dei due locali di ingresso che saranno uniti con un cancello. Infine, l'ingresso delle ragazze è stato spostato verso il cimitero affinché non bisognasse porre un terzo locale "posto al cancello d'angolo" che avrebbe bloccato l'accesso e la visibilità della chiesa.

Dopo 4 mesi, il bozzetto della centralina verrà ultimato e già a metà ottobre i dubbi sul costo dell'opera iniziarono a sorgere fra i membri della commissione.

In una lettera del 23 ottobre, Chiappetta affermò che il preventivo totale dell'opera, che si basava su confronti di edifici simili, sarebbe stato di 40 mila lire, con la possibilità di abbassare ulteriormente questa cifra tralasciando "la pittura" e le decorazioni con la conseguenza di avere però un'opera incompiuta. Nonostante ciò, si dichiarò disponibile a qualsiasi cambiamento da apportare al progetto, assicurando Don Caversasio che il bozzetto mostrato alla Commissione è stato realizzato in fretta e per questo risultava troppo appariscente, quando in realtà "la costruzione sarà semplice" e con la disposizione di locali "più semplice e meno dispendiosa." Concluse scrivendo che si sarebbe recato a Merate per la verifica dei rilievi e per dare indicazioni riguardo l'escavo.

Nei giorni successivi, i due cercheranno di fissare un giorno per la discussione del progetto, e per un sopralluogo sul posto, ma, a causa dei numerosissimi impegni di Chiappetta, a fine anno non era ancora stata stabilita una data. L'ingegnere per le verifiche in loco avrebbe voluto visionare il conto del Capomastro e il 24 ottobre Caversasio ribadì quanto la Commissione fosse spaventata dal costo dell'opera e sottolineò che più di un componente aveva delle osservazioni da apportare al progetto.

Il 30 dicembre, Chiappetta scrisse che la pianta era stata modificata secondo le ultime osservazioni che gli erano state fatte e che, una volta stabilito il giorno dell'incontro, avrebbero potuto vedersi e tracciarla sul terreno.

di ciò ipi teniva in oltre del proprio del by Capomastro
 "[...]togliendo ogni possibile incertezza nello stesso"
 perché concerni ad un altro progetto di cui è stato parlato a
 mandato appena varrebbe anche bisogno. Non più quindi il

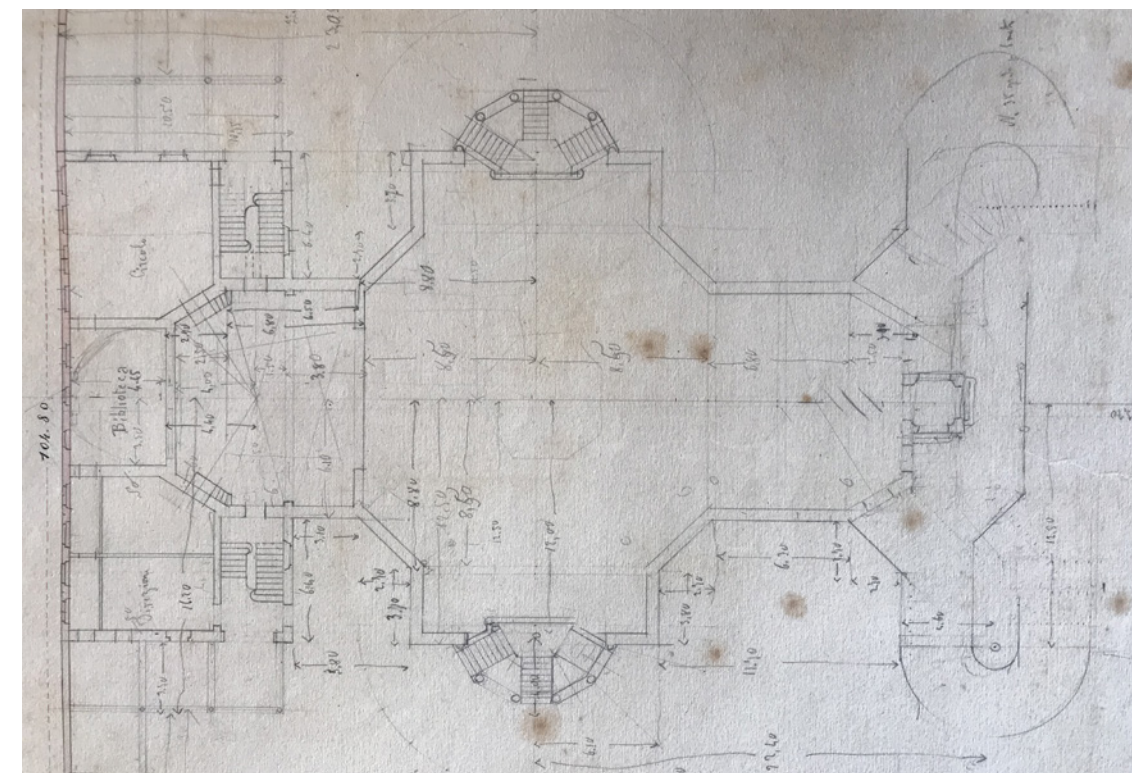


Figura 2.27:
Chiappetta, ipotesi della pianta per l'oratorio e per la chiesa prima che gli venisse richiesto l'allontanamento del fabbricato dal muro di cinta ad est, fuori scala, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano

Già alla fine del 1905, leggendo ed analizzando le lettere dell'ingegnere e architetto, si può comprendere come Chiappetta fosse molto indaffarato e impegnato. Basti pensare che in tutto il periodo del cantiere di Merate, egli sia stato occupato in ben 52 progetti sparsi per tutta la Lombardia. Tutte queste committenze costrinsero Spirito

di ciò ipi teniva in oltre del proprio del by Capomastro
 "[...] a rubare il tempo al sonno"
 perché concerni ad un altro progetto di cui è stato parlato a
 mandato appena varrebbe anche bisogno. Non più quindi il

e ad iniziare ogni sua lettera con scuse e giustificazioni dovute all'eccessivo carico di lavoro, scuse che diventeranno una costante anche nelle lettere degli anni successivi.

1906. Il nuovo anno portò con sé, ancora una volta, i ritardi e le giustificazioni di Chiappetta che si dilungò eccessivamente nella realizzazione delle sezioni.

Finalmente il 18 gennaio 1906, spedì il disegno del salone ubicato sotto la Cappella, giustificando il suo ritardo con l'esecuzione delle sezioni che a loro volta avevano imposto notevoli cambiamenti nelle piante. Sebbene il progetto del salone sia stato ultimato, rimangono ancora incompleti quelli del campanile e delle due rampe di accesso ubicate in facciata che, a loro volta, impedivano il dimensionamento delle fondazioni.

Chiappetta continuò la lettera affermando che avrebbe pensato ulteriori modifiche come l'allontanamento del fabbricato dal muro di cinta al piano terreno, lasciando, così, percorribile il passaggio dietro al salone e l'aggiunta di altri due locali ("solo però ai due lati dell'abside") al piano della cappella, superiormente al portico. Chiappetta rassicurò la Commissione sul fatto che all'interno della cappella, seppure di dimensioni ridotte rispetto a quelle originarie, si potessero ospitare 900 ragazzi con i loro banchi e aggiunte che avrebbe lasciato uno spazio posteriore che avrebbe potuto sempre essere utilizzato, "sopprimendo il passaggio posteriore e facendo locali con finestre nel muro di cinta".

Per andare incontro alle richieste di modifica del piano superiore Chiappetta dichiarò che avrebbe cercato di aggiungere due locali. Concluse la lettera affermando che le sezioni e i prospetti, una volta ultimati, sarebbero stati consegnati da lui stesso alla Commissione, in modo tale da poter fornire a Don Elia una spiegazione orale di quest'ultimi. Da questa lettera si evince una certa sbadataggine di Chiappetta perché nel post scriptum egli si scusa del ritardo dovuto al fatto che gli era caduta una lampada ad olio sui disegni obbligandolo a rifarli.

Malgrado tutte le rassicurazioni bisognerà aspettare il 2 maggio per la spedizione dei disegni ultimati e modificati.

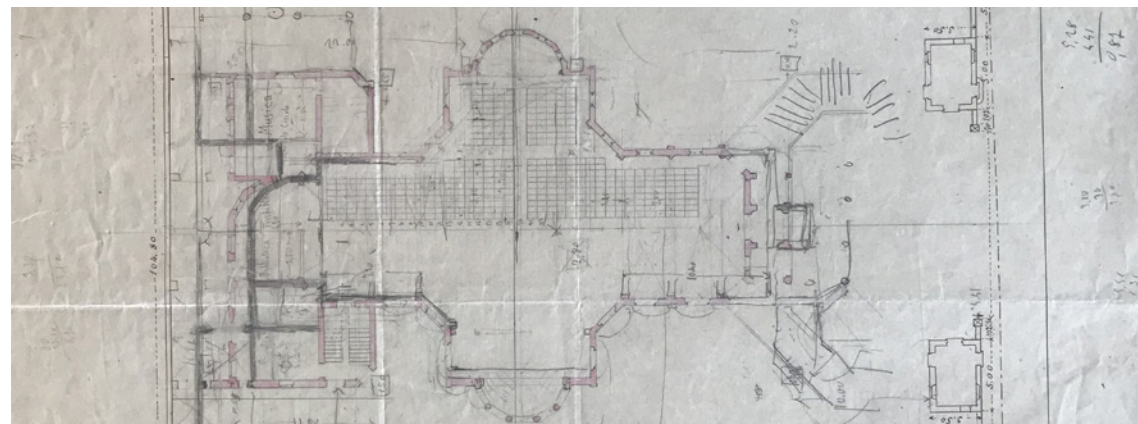
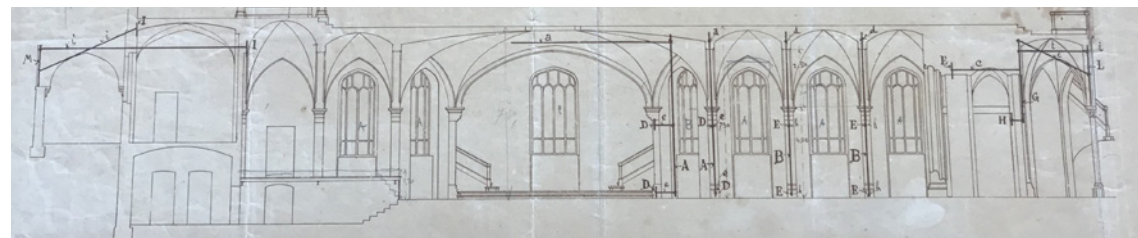


Figura 2.28-2.29:
Chiappetta, Sezione del salone ubicato al piano terra e pianta con le modifiche richieste: allontanamento del corpo dal muro di cinta con la relativa aggiunta dei due locali in presenza dell'abside, scala 1:100 e 1:200
Non datate, Archivio Beato Angelico, Milano

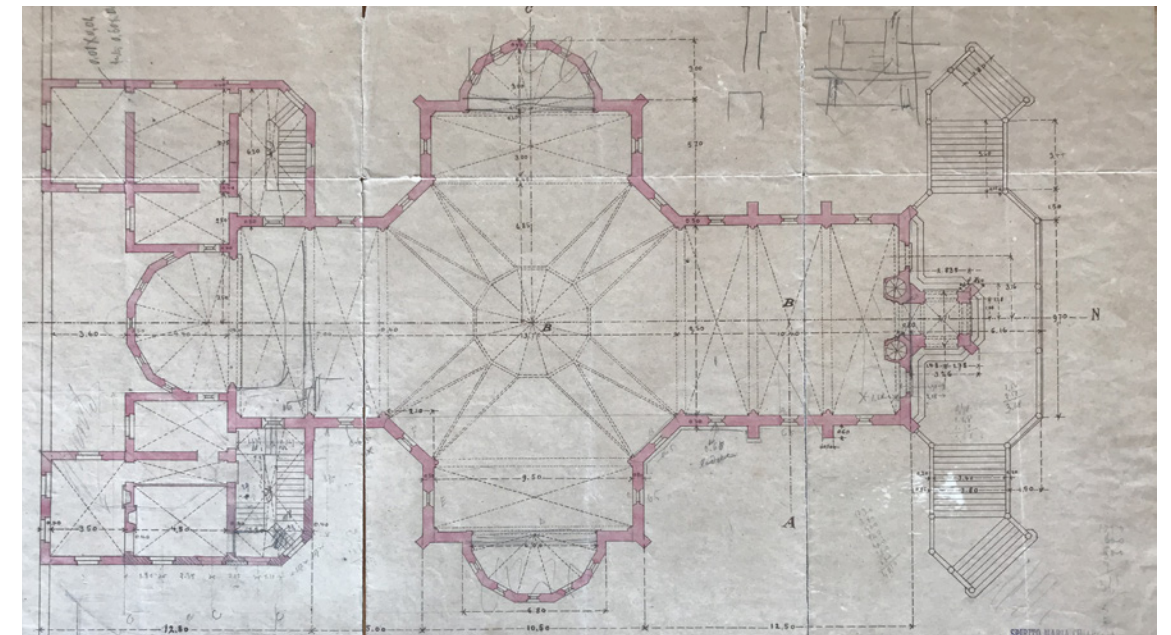


Figura 2.30
Chiappetta, Ipotesi della pianta nel caso di soppressione del passaggio retrostante e costruendo le finestre nel muro di cinta, scala 1:100, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano

Nel frattempo il 10 aprile avvenne la benedizione e la posa della prima pietra, alla presenza del padrino il Conte Dal Verme e della madrina Signora Luisa Baslini Nathan. Accompagnata dalla banda, una solenne processione con l'immagine dell'Immacolata partì dalla parrocchia e si diresse sul luogo destinato alla costruzione della Basilica dove, di fronte a numerosissimi fedeli, avvenne la cerimonia. Una pergamena, firmata dal Clero presente, dal Padrino, dalla Madrina, dall'architetto e ingegnere Chiappetta e dai componenti del Comitato promotore, venne rinchiusa nella pietra benedetta. Terminata la cerimonia, la processione ritornò in Parrocchia per la benedizione solenne. Il 17 aprile, il Capomastro Natale Colombo spedì a Chiappetta due campioni di sabbia per iniziare a scegliere i materiali da utilizzare per i cementi e per le murature e lo stesso giorno Colombo riceverà da Chiappetta il progetto modificato per poter concludere gli scavi.

Per la scelta dei materiali in gioco ci sono gli impianti di Imbersago per il beton e, per la muratura, le sabbie dell'Adda. La preoccupazione dell'ingegnere e architetto è che i campioni ricevuti non offrano una rappresentazione omogenea dei materiali che verranno forniti, spesso costituiti da sabbie terrose non adatte alla costruzione.

Il 22 maggio a Merate, era stato fissato da Caversasio un incontro con la Commissione, incontro al quale Chiappetta non avrebbe potuto partecipare poiché sarebbe stato in viaggio spirituale, viaggio che desiderava intraprendere da circa un anno. Caversasio, determinato, spostò la convocazione della Commissione al giorno 28 maggio (nella lettera di Chiappetta però risulta il 29) chiedendo la disponibilità all'ingegnere che acconsentì. Questo incontro portò all'approvazione del capitolato d'appalto, steso da Chiappetta, che venne formalizzato il 13 giugno 1906.

Il capitolato d'appalto - 1906

All'interno del capitolato vennero riportati i nomi dei componenti della Commissione, dell'architetto incaricato di fornire i disegni e i dettagli per l'opera e del Capomastro. Il ruolo del Capomastro sarà quello di realizzare la costruzione "nelle forme e dimensioni risultanti dai disegni e dettagli dei quali dichiararsi pienamente edotto" secondo le migliori regole costruttive, assicurandosi il perfetto stato dei materiali, scegliendo materiale di prima qualità, escluse le pietre, sia naturali che artificiali, che verranno fornite dalla Commissione così come i serramenti e le opere di finimento¹⁵. La Commissione potrà anche introdurre ai lavori altre ditte costruttive non scelte dal Capomastro e, quando saranno ultimate le opere in rustico e la posa del tetto, sarà libera di sospendere ulteriori ordinazioni e di procedere al collaudo e alla liquidazione. Il collaudo dei lavori spetterà "all'Ingegnere Progettante" in aggiunta al compito di liquidare con prezzi unitari presenti nella perizia descrittiva dove, al loro interno, sono comprese l'assistenza e la direzione del Capomastro, oltre che le armature, i ponteggi, gli attrezzi e le macchine. "Viene esplicitamente convenuto che gli eventuali guasti di qualsiasi natura avessero a riscontrare e la conseguente sostituzione saranno tutte e a carico del Sig. Capomastro senza diritto ad indennizzo di sorta."

Nel punto 6 del capitolato, vi è la descrizione di come avverranno i pagamenti dell'opera. La strategia adottata è quella del pagamento in rate che si baserà sull'avanzamento del progetto. Verranno pagati i 2/3 del lavoro quando l'immobile toccherà la prima fase di costruzione, ovvero "giunta la costruzione in rustico al piano del pavimento della chiesa". Il secondo pagamento avverrà, invece, una volta posto il tetto e dopo aver effettuato il collaudo, nella medesima proporzione del primo pagamento. "In seguito, effettuandosi da parte della Committente Commissione la continuazione delle opere di costruzione del civile a richiesta del Sig. Capomastro si potranno effettuare ulteriori pagamenti in modo però sempre che l'importo complessivo delle opere eseguite superi almeno di 1/3 l'importo totale degli acconti." Infine, conclusa l'opera, collaudata e stabilita la cifra di liquidazione, chi di competenza dovrà liquidare l'intera opera trattenendo però 1/6 per un anno del totale come tutela del collaudo eseguito. "Durante questo periodo di tempo, tutte le riparazioni occorrenti saranno a carico dell'Assuntore."

Nel documento, la perizia viene divisa in lotti: dal lotto I fino al VII vengono spiegati tutti i lavori che verranno eseguiti e i materiali utilizzati.

Lotto 1 e I:

La cronologia dei lavori parte con i lotti 1 e I (numero romano) dove ci si occupa della "fondazione e costruzione in rustico fino al piano del porticato della chiesa e fondazione e costruzione in rustico fino al piano del pavimento della chiesa."

All'interno del lotto 1 si ha, a sua volta, la costruzione in rustico della chiesa e dei locali adiacenti fino alla posa del tetto, compresa la muratura del campanile fino al tetto, ultimazione in rustico e dell'intonaco civile fino al piano del pavimento della chiesa senza però l'intonacatura esterna, applicazione dell'intonaco civile nella cappella e dei locali adiacenti al piano superiore escludendo il portico anteriore in facciata, ultimazione in

¹⁵ *Capitolato d'appalto*, 13 giugno 1906. La brutta copia redatta da Sprito Chiappetta è conservata presso l'Archivio Beato Angelico a Milano, mentre la copia finale è conservata presso l'Archivio Parrocchiale S. Ambrogio di Merate

rustico e finimento interno ed esterno della parte superiore del campanile, intonacatura esterna della cappella, dei saloni e dei locali adiacenti al campanile e del portico in facciata, costruzione dei porticati laterali in rustico e civile, locali di servizio adiacenti ai porticati laterali e ultimazione del civile dei locali di portineria e di accesso.

Nel lotto I, verranno eseguite gli scavi del terreno con trasporto e adattamento in luogo con un prezzo di 0.40 lire al m³. Nella valutazione degli scavi verrà considerato solo la quantità necessaria allo scavo senza considerare franamenti e smottamenti del terreno che risultano, comunque, comprese nel prezzo.

Per le platee di fondazione verrà utilizzato calcestruzzo e beton "da eseguirsi nel fondo degli scavi di altezza 0.50 m e da formarsi con un metro cubo di ghiaia ben vagliata e lavorata e 2/9 di metro cubo di sabbia viva del fiume Adda e 1/9 di sabbia viva del Cavo di Merate e quintali 2 di calce idraulica di Palazzolo, il tutto ben impastato e battuto in opera in strati perfettamente orizzontali." (prezzo al m³ 6.50 lire)

Questa tipologia di calcestruzzo verrà utilizzata anche per le fondazioni dei muri di intercapedine con sabbia estratta in luogo (prezzo al m³ 5.80 lire), e si creerà la variante utilizzando malta di cemento idraulico (prezzo al m³ 8.50 lire).

La muratura di fondazione per i muri perimetrali del salone e dei locali adiacenti, si effettuerà con blocchi di pietra viva sana ricavata dalle cave, appositamente private degli strati più deteriorati o danneggiati, collegati nelle loro parti con malta costituita da 1/3 di calce dolce in zolle, 4/9 di sabbia viva del fiume Adda e 2/9 di sabbia viva del cavo di Merate ben posata al graticcio e lavorata con molta cura in modo tale da ottenere un impasto omogeneo in grado di raggiungere tutti gli interstizi. Ogni 0.50 m di altezza questa muratura sarà interrotta da un triplo corso orizzontale di "mattoni grossoni forti" eseguiti con la malta di calce descritta superiormente (prezzo 10 lire al m³). Viene utilizzata la stessa tipologia di muratura per i muri di intercapedine, eseguiti con sabbia viva e la calce descritta superiormente. Gli archi e le piattabande saranno costruiti con mattoni nuovi forti e malta di calce dolce costituita da un fine crivello e composta dalla precedente miscela, differenziandosi però nell'uso della sabbia che sarà esclusivamente quella dell'Adda (prezzo 22 lire al m³). Nella valutazione degli archi si troveranno le disposizioni anche per i controarchi. I muri dei pilastri esterni del campanile saranno costruiti con una muratura in pietra di Oggiono, mentre il campanile sarà costituito sempre con pezzi di questa pietra lavorata in modo grezzo, ma con facce piane combacianti (prezzo 40 lire al m³). In tutte le murature, durante la costruzione, bisognerà lasciare le incassature e le imposte in modo tale che "non si abbia poi da tormentare la muratura stessa [...]" per inserirle in un secondo luogo.

Nella nota 4 si trova la marca, Best, per chiavi, capochiavi con occhioli a doppia attorcigliatura di diverse dimensioni (prezzo 0.42 lire al kg), e putrelle. Le travi in ferro dovranno avere una posizione verticale. Le estremità saranno assicurate con apposita armatura in legno indipendentemente dalle altre armature in modo tale da impedire anche la minima oscillazione delle travi stesse mentre verranno racchiuse nella muratura.

Nella nota 5 è riportato il costo della posa in opera delle parti in pietra e di cemento. I gradini, la soglia e i ripiani delle scale sono effettuati in bevola bianca lavorati a pelle piana con tondino in parte a doppio risvolto, posti in opera a sbalzo per le due scale (prezzo al metro lineare compresa l'imbottitura a superficie piana inferiore ad un costo di 5 e 4.50 lire al metro lineare e 13 lire al metro superficie). La scaletta di servizio al campanile avrà gradini in bevola semplice con tondino con un costo cadauno di 3.20 lire. Queste sono le prescrizioni per i soli lotti 1 e I.

Lotto II:

Nel lotto II si considererà la costruzione in rustico della chiesa e dei locali adiacenti fino alla posa del tetto, compresa la muratura del campanile fino a prima del tetto. La muratura del piano del pavimento fino al tetto per i muri perimetrali, i pilastri esterni del campanile, i muri del campanile e gli archi e le piattabande verranno costruiti rispettando le prescrizioni elencate nel lotto precedente. Il sottotetto sarà costruito con la tipologia di muratura descritta sopra, ma eseguita con sabbia viva, escavata in luogo, e calce. I serramenti, le pietre, le decorazioni, i gradini, le soglie e i ripiani delle scale seguiranno sempre le indicazioni del lotto precedente. Il tetto, invece, è da costruirsi nella loggia comune detta "Lombarda" con terzere in larice della sezione 18/23 a distanza l'una dall'altra di 1.50 m. con "travellone pecchia" della sezione 8/10 distanziato 0.45 m da mezzera a mezzera e con "Cotichetta pecchia" grosse di centimetri 2/2 e di larghezza 5 cm alla distanza di 10 centimetri. Il tutto andrà assemblato con la "debita chioderia" e in copertura, saranno posizionate tegole Pavia con "raddoppi in numero 54 ogni metro di superficie" e con i "copponi opportunamente murati con malta di cemento." Le terzere in larice poggeranno sopra alla muratura degli arconi ed avranno le testate imbevute di carbolineum.

Lotto III:

L'ultimazione in rustico e civile delle opere facenti parte del Lotto 1 costituisce la determinazione del Lotto III. Le volte verranno costruite con "mattoni nuovi forti all'imposta" ed anche in mattoni forati al centro a seconda dalle prescrizioni di Chiappetta; le volte saranno rinfrancate alle imposte e costruite senza armatura con malta crivellata finemente descritta in precedenza. Il riempimento superiore delle volte avverrà con scorie di carbone (marogna) impastate con malta fino a raggiungere e formare il piano del pavimento della chiesa. La finitura delle volte e delle pareti sarà costituita da intonaco civile composto da calce dolce di Valmadrera, riposata almeno tre mesi, unita a sabbia più fine del Ticino. L'intonaco delle lesene sarà composto come al punto del lotto I, così come i ripiani delle scale. Viene, inoltre, elencato l'insieme delle opere che dovranno essere posate come i capitelli, le barrette delle lesene, le gradinate, la scaletta di servizio del palcoscenico in bevola e del palcoscenico stesso con la relativa armatura. Affinché si possa completare la finitura del pavimento, in piastrelle di cemento al costo di 3.50 lire al m², è previsto il riempimento di ghiaia sotto il pavimento del pian terreno con "formazione di strato di beton del pavimento." Avverrà anche la posa delle spalle e di tutte quelle opere in cemento e di decorazioni alle finestre e porte, dei serramenti delle finestre dei locali adiacenti al salone e del parapetto di scala.

Lotto IV:

Entriamo nella IV fase con l'ultimazione del civile interno della cappella e dei locali ad essa adiacenti al piano superiore escluse, però, le parti esterne, ma compresa la formazione delle campate esterne di accesso e del portico in facciata. Per realizzare le volte e le lesene si fa riferimento al caso precedente. L'intonaco alle lesene è "da valutarsi sviluppandone la superficie compresa la formazione del collarino doppio a metà lesena", così come l'intonaco degli arconi con formazione di spigoli e tondini sarà da valutarsi misurando la superficie di intradosso. Avverrà la posa in opera dei capitelli con tavola soprastante, delle barrette alle lesene, delle porte principali, della portina con stipite e controstipite della chiesa, dei serramenti dei locali adiacenti, delle pietre artificiali e delle pietre delle colonne delle gradinate del portico e delle scale in facciata.

Lotto V:

Il lotto V sancisce l'ultimazione in rustico e finimento esterno ed interno della parte superiore del campanile dove si costruiranno le murature e le volte secondo le precedenti prescrizioni, la posa delle pietre naturali e artificiali e dell'abside, dei serramenti, delle decorazioni esterne, dei gradini delle scale e delle campane e del parafulmine. Verranno intonacate le volte, applicata una tinteggiatura agli elementi prescritti ed intonacati ed intonachi a graffito secondo i disegni che verranno forniti. Inoltre, verranno posti in opera i finestroni a tre aperture del campanile.

Lotto VI:

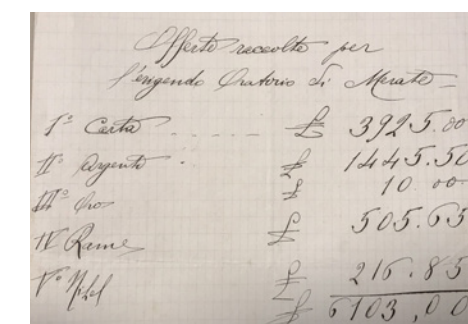
Il civile esterno della cappella e del salone e dei locali adiacenti del campanile, del portico in facciata sarà eseguito nel lotto VI. Si utilizzerà lo stesso intonaco prescritto nei precedenti punti, avverrà la posa dei contorni della finestra e delle porte in cemento, del canale in lamiera zincato di spessore di 1 mm, chiodato con chiavi di rame e saldato, arricchito da una doppia mano di minio all'interno e da doppia mano di tinta all'olio all'esterno, della cornice di gronda della cappella, dei pluviali di 0.10 m di lamiera di ferro zincata saldata e chiodata e dello spessore di 8mm. Si posizioneranno bracciali di ferro per i canali e per i pluviali costituiti con riccio verniciati con una mano di minio e tinta ad olio e infine, la posa del parapetto delle rampe in facciata.

Lotto VII:

L'ultima fase del cantiere è descritta nel Lotto VII che descrive la costruzione del portico esterno in rustico e civile. Il calcestruzzo, la muratura di fondazione, la posa in opera delle chiavi in ferro, la formazione degli archi in mattoni forti, le volte, il canale di gronda, l'intonaco civile sono da seguire come nei punti precedenti. Bisognerà eseguire anche il riempimento di ghiaia sotto al pavimento e la rifinitura sarà in piastrelle rigate applicate con calce e cemento.

Nel capitolato, quindi, viene elencata la cronologia di svolgimento delle diverse opere e si illustrano i diversi materiali che dovranno essere impiegati in cantiere, e le responsabilità dei diversi organi coinvolti nel cantiere. Per ogni opera e materiale sono anche riportati i prezzi unitari, segnati in matita e piuttosto elevati per avere una stima pessimistica del costo dell'edificazione dell'immobile.

Per far fronte alle spese per la costruzione dell'Oratorio, nell'anno 1906 vengono raccolte delle offerte per un totale di 6103.00 lire di cui 1445.50 lire corrispondono agli incassi costituiti dall'argento, 100 lire quelle dell'oro, 505.65 lire del rame e 216.85 lire del nichel e 3925 lire agli incassi di "carta".



Offerte raccolte per l'edifendo Oratorio di Merate	
1° Carta	L. 3925.00
1° Argento	L. 1445.50
1° Oro	L. 100.00
1° Rame	L. 505.65
1° Nichel	L. 216.85
	L. 6103.00

Figura 2.31: Elia Caversasio, nota dei fondi raccolti per "l'edifendo Oratorio di Merate", datato 1906, Archivio parrocchiale S. Ambrogio, Merate.

Secondo semestre 1906. Il 7 giugno, Chiappetta consegnò il prospetto delle chiavi in ferro e delle travi che aveva quasi finito di calcolare.

Circa un mese dopo, in una lettera del 2 luglio indirizzata a Caversasio, l'architetto reputò che i prezzi del ferro fossero di parte, ma il costruttore garantì che il prezzo delle chiavi e delle stanghette sarebbe stato al massimo di 0.38 o di 0.40 lire al chilo, a cui vanno aggiunti due centesimi per via della consegna a Merate.

Il capomastro, inoltre, effettuò delle modifiche al capitolato che il 6 luglio verrà spedito a Caversasio che potrà, a sua volta, effettuare tutte le modifiche e correzione più adatte.

In risposta alla preoccupazione dei prezzi troppo elevati per gli elementi di ferramenta, Chiappetta, il 17 giugno ricevette un preventivo da Pietro Carenini in cui vennero proposte 4 putrelle 7.90x0.14 %25 di kg 425 e 36 putrelle di kg 285 di dimensioni 7.90x0.8%27.90 ad un costo di 186.75 lire. Tale preventivo verrà confrontato con i preventivi di altri 3 fabbri che Caversasio gli fornirà il 28 giugno. Nel 1912, ci sarà poi, una diatriba fra il fornitore e Chiappetta per il mancato rispetto della scelta della marca del ferro di cui si parlerà in seguito. Il confronto di un gran numero di preventivi evidenzia la preoccupazione della maggioranza della Commissione e, in una lettera datata 10 luglio, Don Elia Caversasio ribadì a Chiappetta l'importanza di ridurre al minimo necessario le spese a causa di una mancanza di fondi e della difficoltà di ottenere dei prestiti. Contestualmente il sacerdote, riprendendo evidentemente un invito di Chiappetta a fidarsi nella Provvidenza, sentenziò che è bene fidarsi nella provvidenza, ma è meglio non metterla alla prova. In una successiva lettera, Chiappetta rinfacciò a Don Elia Caversasio di essere eccessivamente pessimista e lo invitò ad essere più fiducioso nella Provvidenza.

Il 25 agosto Chiappetta si incontrò con lo scalpellino.

In una lettera ricevuta in precedenza, a cui Chiappetta rispose il 27 agosto, sembra che gli sia stata sottoposta la richiesta di destinare ad uso della chiesa i saloni e di ridimensionare l'altezza del sotterraneo che ormai è quasi concluso. Sono già state posizionate le armature in ferro ed è quindi impossibile cambiare l'altezza dei muri. Per riuscire a destinare il salone e la cappella alla chiesa, propose di costruire l'altare al posto del palcoscenico e ipotizzò un tetto provvisorio in modo tale che, in futuro, si potesse eliminare e completare l'opera in modo definitivo.

da un'opera che trova tanti ostacoli fin dal principio deve essere certamente ottima e non bisogna scoraggiarsi. Così sono tutte le opere sante.

Affinché si potesse iniziare ad utilizzare al più presto la cappella bisognava concludere il rustico e accantonare momentaneamente la realizzazione del campanile,

così non sarà il caso di temere un futuro troppo futuro per l'utilizzo della cappella.

Il 9 ottobre, sarebbero dovuti arrivare in cantiere i dettagli in cemento della cornice della cappella, eseguiti in opera con sagome, insieme ai dettagli della facciata, ma Chiappetta aveva dovuto effettuare numerose modifiche che lo avevano portato a delle riflessioni impreviste che rallentarono i lavori. Inoltre, la costruzione al rustico non era ancora stata terminata.

A causa di altri ritardi, solo il 31 ottobre, terminò gli ultimi dettagli e apportò ulteriori modifiche al progetto per poterli consegnare al Capomastro a breve. Nonostante la mancanza dei disegni aggiornati, lo scalpellino potrà, comunque, preparare gli zoccoli in pietra. Lo scalpellino, il Sig. Rovelli, aveva bisogno però di alcuni chiarimenti che vennero dispensati da Chiappetta il 3 novembre, anche se l'Ingegnere preferì terminare tutti i dettagli di tutti gli zoccoli perché "l'uno si collega con l'altro".

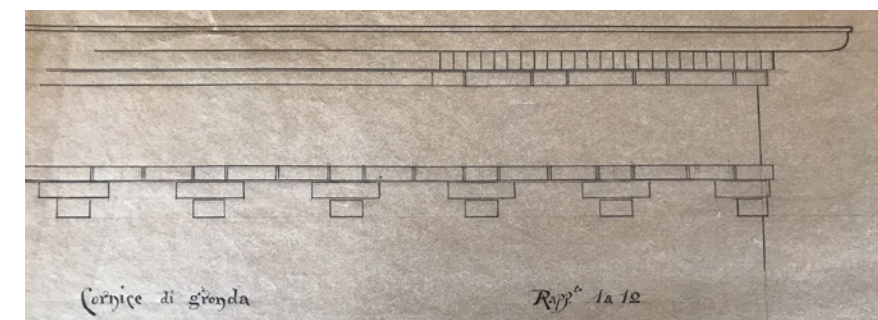


Figura 2.32 - 2.33
Chiappetta, dettaglio della cornice di gronda e schizzo del campanile che non verrà mai realizzato, scala 1:10 e fuori scala, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano.



Alla fine del primo anno di costruzione dell'Oratorio di Merate, il Capomastro Colombo Natale presentò una lista sommaria dei costi che aveva dovuto affrontare, per un totale di 20161.36 lire. Se si pensa che il cantiere della SS. Maria Immacolata durerà fino all'anno 1916 e che la stima preventivata da Chiappetta era di sole 40 mila lire, si comprende immediatamente il costo spropositato dell'opera.

1907. Il 1907 iniziò sempre all'insegna di preventivi e di spese. Il 20 aprile Chiappetta liquidò il conto del Capomastro con 15572.44 lire. Il compito di saldare la restante quota di 813.97 lire sarebbe dovuto spettare a Caversasio che non lo fece a causa della mancanza di dati sufficienti.

Una settimana dopo Chiappetta ricevette il preventivo per il compimento del rustico della parte superiore della chiesa che prevedeva una spesa di 6 mila lire per la muratura, di mille lire per il cupolino, di 776 lire per gli arconi, di 3 mila 723 lire per il tetto e di 800 lire per le chiavi. Il prezzo della muratura venne contestato da Chiappetta nella lettera del 31 maggio in cui egli affermò che il completamento di essa poteva avvenire solo ad un costo non inferiore alle 9 o 10 mila lire se si volevano rispettare i criteri indicati nel capitolato. I lavori effettuati dal 5 agosto 1906 fino al 13 aprile 1907 vennero liquidati al costo di 16 mila lire e restò un residuo di poco più di mille lire. Il 4 luglio venne liquidato un importo di 3547.82 lire per la fornitura di pezzi speciali utilizzati al pian terreno, tra cui contorni in serizzo per finestre, soglie e architravi, capitelli sagomati in pietra di Oggiono, soglie e gradini in bevola, legati in bevola per gli arconi e mattoni di forme speciali. Nello specifico vennero saldate 3541.182 lire ai fratelli Rovelli ed ulteriori liquidazioni avvennero il primo agosto.

La fine dell'anno 1907, si concluse com'era iniziata, con la richiesta di effettuare delle liquidazioni da parte di Colombo.

Il 20 settembre, il Capomastro si lamentò per lettera per il fatto che già due volte aveva dovuto recarsi a Milano, senza però trovare Chiappetta. Aveva bisogno che l'architetto liquidasse dei conti vecchi e che procedesse con il pagamento di tutto il legname ordinato e aggiunse che il Comitato avrebbe gradito che venisse effettuato anche il rilevamento di tutto quello che si trovava in opera. Colombo concluse la lettera assicurando Chiappetta sul fatto che, una volta provveduto a quanto sopra, non sarebbe stato più disturbato.

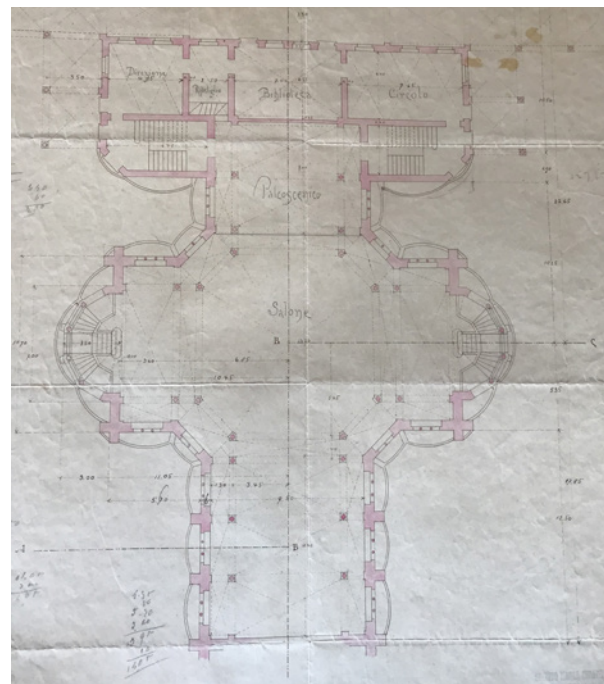


Figura 2.34: Chiappetta, disegno della pianta del pian terreno ulteriormente modificata, scala 1:100, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano

Il capomastro ricevette solo il 16 novembre i documenti per i proseguimenti dei lavori. La situazione peggiorò quando Caversasio, il 14 novembre, scrisse a Chiappetta che non era riuscito ad accordarsi con il Sig. Rettore dell'Istituto Manzoni, uno dei componenti della Commissione, per poter fissare un giorno in cui andare e chiedere un prestito. Aggiunse che sarebbe stato il caso di prolungare l'interruzione dei lavori ancora per qualche giorno, per comprendere come risolvere il problema economico, e che avrebbe preferito un contratto di pagamento a rate.

1908. In una lettera del marzo 1908, Chiappetta si scusò per l'ulteriore ritardo dichiarandosi di trovarsi "imbrogliato" in diversi impegni. Continuò affermando che il giorno in cui si sarebbe recato a Merate, avrebbe portato il progetto di una nuova copertura e, contestualmente, sollecitò affinché si ultimasse la parte sotterranea.

In risposta, il 27 marzo, Don Caversasio chiese ulteriori azioni per ultimare l'Oratorio, ma con spese ridotte e il 6 luglio lo sollecitò nuovamente affinché siano pronti i disegni delle piante e delle sezioni della cappella, al fine di proseguire i lavori. Don Caversasio informò Chiappetta che per il ritiro dei disegni non avrebbe potuto recarsi a Milano e lo minacciò di sospendere nuovamente i lavori se non avesse presentato un preventivo per il completamento delle opere. Infatti, nel giugno dello stesso anno la Commissione esecutiva ripropose, in seguito al blocco dei lavori durato qualche mese, una nuova scrittura del contratto in cui il Capomastro Natale Colombo si impegnò nella ripresa e nel compimento dei lavori.

Fino a quel momento era stato costruito il piano terreno e mancavano all'appello ancora il primo piano ed il tetto. La scrittura di questo contratto seguì pedissequamente i primi punti del capitolato d'appalto.

Il 14 agosto Colombo informò Caversasio che la spesa per la costruzione della muratura eseguita nell'anno 1906 è di 6 mila e 600 lire e questa è la prima di numerose lettere in cui il Capomastro chiederà al sacerdote di essere pagato.

La mancata consegna dei disegni da parte di Chiappetta e la continua necessità di doverli sollecitare è un ulteriore motivo di preoccupazione per Caversasio che il 18 agosto chiese nuovamente di spedire i disegni al Capomastro sottolineando che quest'ultimo ne aveva "urgentissimo bisogno". Infine, aggiunse che sarebbe stato opportuno scegliere il fornitore per il legname del tetto con un occhio di riguardo verso il costo del materiale.

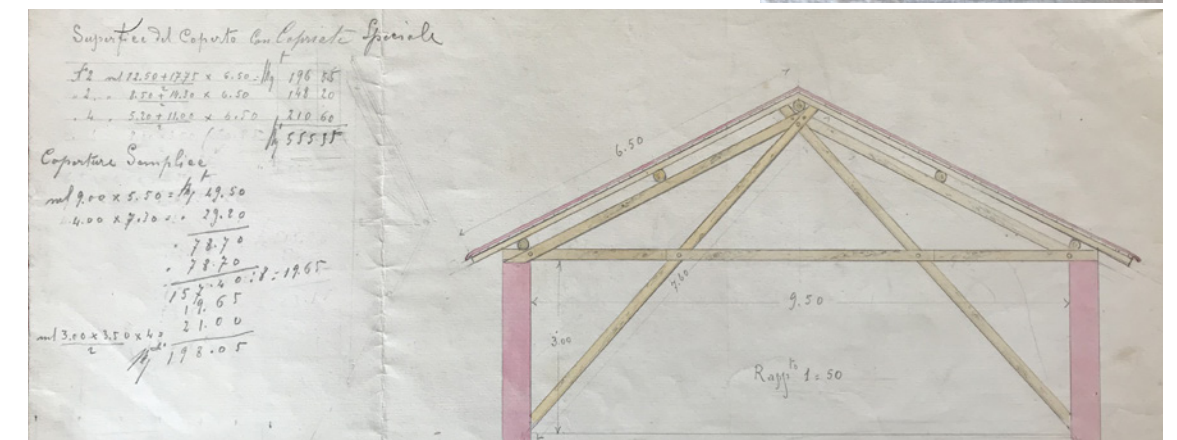
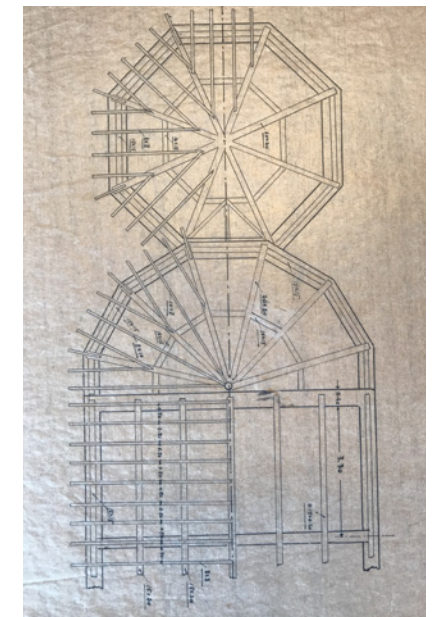


Figura 2.35 - 2.36 Chiappetta, dettaglio intelaiatura del tetto dell'abside e della copertura del corpo principale, fuoriscalda, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano.

Nel medesimo giorno, Caversasio presentò a Chiappetta il Sig. Viscardi che produceva legname a Paderno d'Adda, per paura di dover accettare un fornitore proposto dall'ingegnere con prezzi più cari. Chiappetta accettò di servirsi da Viscardi e il 24 agosto ricevette una lettera da "Legnami da costruzioni e calci Viscardi Giovanni & Figlio" in cui la ditta si impegnò a fornire, come da note, travi in abete a grossa squadratura, lavorati a sega al prezzo di 53 lire al m3, pilastri e listelli in abete al prezzo di 62 lire al m3. Da entrambi si le parti si convenne che il pagamento potesse avvenire anche dopo 10 anni, con un tasso di interesse pari al 4% per ogni anno a partire dal 1 gennaio 1909. Tale metodo di pagamento, sicuramente, aveva invogliato Caversasio alla scelta di questa azienda, mentre Chiappetta potrebbe essere stato convinto dalla provenienza del legname, la Valle Seriana, infatti il legname di quelle zone aveva fibre sottili ed era più resistente del legname del Tirolo.

La situazione non cambiò nel settembre del 1908, quando Caversasio era stufo di ricevere sorprese legate ai mancati pagamenti e chiese, in tono insistente, a Chiappetta anche di riferirgli esattamente "dove si va a finire" per non avere ulteriori sorprese di spesa. Appare evidente che Caversasio era sempre più dubbioso sul completamento e la fine dell'opera.

Il 6 settembre, i titolari dei Forni Hoffman si presentarono formalmente a Chiappetta poiché, nonostante il Capomastro Colombo conoscesse i produttori e i loro prodotti, la scelta di questi ultimi doveva passare sotto l'attenta osservazione di Spirito che ricevette anche un forato per constatare la "bontà e la resistenza del materiale."

Nonostante le numerose sollecitazioni di Caversasio, Chiappetta risultò particolarmente assente dal cantiere in questo periodo.

Il 10 settembre, Chiappetta annunciò che era fortemente impegnato e che sarebbe stato opportuno che il Capomastro si recasse a Milano per ritirare i disegni e i dettagli ultimati. Avrebbe voluto, inoltre, effettuare un sopralluogo per assicurarsi di parecchie misure, ma ciò sarebbe avvenuto solamente al ritorno dalla sua vacanza di 15 giorni, perché Chiappetta affermò:

*de ho ipi teniva in vita del proprio dal by Capomastro
perché "non ne posso più non avendo ancor fatto un giorno di riposo."
mentre appunto con bisogno. Ma più quindi il*

La figura che sostituirà l'ingegnere nei giorni di assenza sarà il suo assistente Calori.

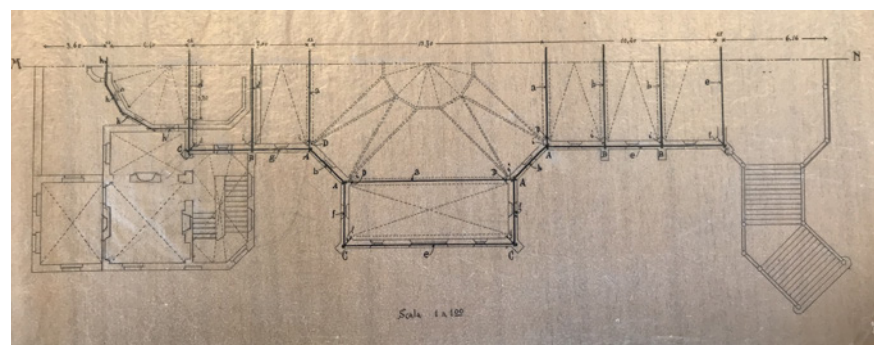


Figura 2.37
Chiappetta, disegno con le modifiche alla cappella, scala 1:100, 7.7.1908
Archivio Beato Angelico, Milano

Il giorno 12 settembre, la situazione dell'avanzamento del cantiere risultava tale: mancavano 2,30 metri al compimento del muro (non viene specificato quale, ma si deduce quello della chiesa) che è l'altezza finale di cui sono caratterizzati la maggior parte dei pilastri. Chiappetta, in questa lettera si chiedeva se e come fosse possibile apportare ulteriori economie, in aggiunta alle ulteriori diminuzioni delle prescrizioni del legname che avevano già cambiato il progetto più volte, non potendo diminuire ulteriormente le dimensioni dell'edificio per lo scopo a cui era pensato. La richiesta di diminuire l'altezza della costruzione di due metri era ritenuta insostenibile da Chiappetta poiché erano già stati fatti gli archi di testata e poste in opera le travi in ferro. Chiappetta rassicurò Caversasio, che era preoccupato per le ulteriori 7mila lire da investire nel tetto che era già costato 12 mila e 800 lire, dicendo che, anche volendo risparmiare su questa parte, sarebbe stato inutile, in quanto abbassare l'altezza della chiesa non avrebbe comporterebbe un grande risparmio, poiché il muro era l'intervento di costruzione meno costoso dell'intero edificio. Spirito si dichiarò, comunque, sempre disponibile a qualsiasi cambiamento, ma confessò che non sapeva in che altro modo intervenire. Nonostante le perplessità, la Commissione decise di portare avanti il progetto.

A novembre Chiappetta si trovò costretto a considerare dei preventivi piuttosto alti e, per far fronte a costi elevati e ai numerosi problemi di liquidazione, si dimostrò propenso a lasciare in opera i ponteggi che avrebbero potuto servire anche come mezzo di stimolo per concludere il più in fretta possibile la costruzione.

Conca Enrico, fabbro e meccanico, riportò un elenco di opere fornite a partire dal 20 giugno dello stesso anno fino al 21 ottobre, per una spesa totale di 489 lire di cui 200 lire che ancora non erano state saldate. I materiali forniti furono stanghette, balaustre con putrelle, un architrave per il coro, diversi testiroli, chiavi in ferro, chignoli, groppe per il tetto.

E' documentato anche un ordine presso i Forni Hoffman- Sesana Luigi & Figli in Bagaggera di 28 mila e 930 coppi per un costo di mille e 117.09 lire, dall'ottobre 1908 a gennaio 1909 che dovranno essere pagati per metà il 15 ottobre del 1910 e l'altra metà entro il 15 maggio del 1911.

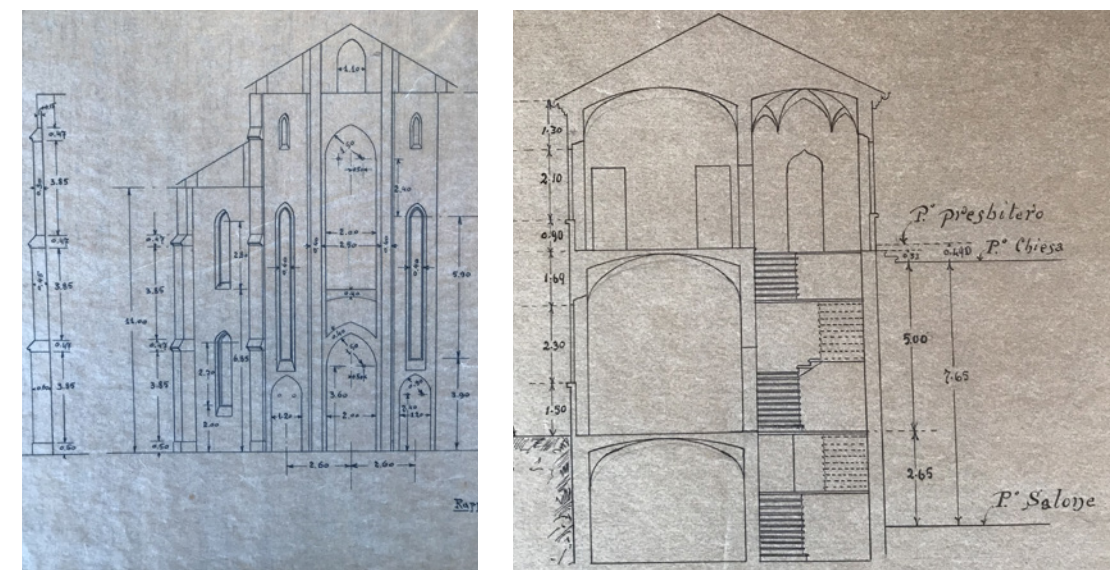


Figura 2.38 - 2.39
Chiappetta, dettaglio della facciata a ovest e sezione degli spazi retrostanti, scala 1:100, non datate,
Archivio Beato Angelico, Milano.

1909. Non ci sono lettere o documenti dell'anno 1909 o per lo meno non esistono lettere in cui questa data è espressamente indicata, infatti, sia nell'Archivio Beato Angelico a Milano sia all'Archivio parrocchiale di Merate, sono presenti numerose liquidazioni e preventivi sprovvisti di datazione. L'unico documento trovato, datato 1909, è la prova di liquidazione verso i fratelli Rovelli che hanno fornito i pezzi in beola con forme speciali per un valore di 2 mila e 106.44 lire di cui solo 1802.77 lire sono state pagate.

1910-1912. Il nuovo anno vide Chiappetta impegnato nella direzione di un cantiere per la casa degli esercizi spirituali dei RR.PP. Gesuiti, per il quale Caversasio gli consigliò il capomastro Bernasconi che "tanto desidera ricoprire quella carica¹⁶".

Il 31 gennaio 1910, Caversasio ricevette da Chiappetta gli schizzi di adattamento del terreno, mentre dovrà aspettare oltre l'8 marzo per ricevere i disegni dei serramenti del salone sottostante i quali non erano giunti in tempo perché erano andati confusi con altri disegni. Spirito, nello stesso periodo, ottenne dei preventivi dalla società Voltisti che egli reputò onesti, nonostante il tempo di crisi: 1.50 lire a metro quadro per le volte e 2 lire a metro quadro per il voltone centrale. C'erano due società denominate Voltisti che stavano competendo per ottenere l'incarico: la Società Voltisti, via Broggi 5, Milano e l'Unione Voltisti, in via Bramante 19, Milano. Chiappetta lasciò la scelta al Comitato, avendo quest'ultimo il desiderio e la necessità di vedere ultimate le volte per poter permettere alla comunità di Merate di iniziare ad usufruire del locale; tuttavia bisognerà aspettare ottobre per ottenere i due preventivi più economici per le volte.

Nel frattempo, dal 20 ottobre fino alla fine dell'anno, vengono ordinati dai Forni Hofman- Sesana Luigi & Figli in Bagaggera, 9150 tabelloni milanesi, 9800 quadretti forti, 3100 mattoni a due fori, 11550 coppi, 17750 mattoni a 4 fori. La maggior parte sono forniti da Sesana & Figli, mentre la minoranza proviene da Pontida, dai produttori Frugalli e Raveni, per un costo complessivo di 1656.05 lire

A causa dei numerosi problemi economici dovuti alla mancanza di fondi e alla negata possibilità di richiedere dei prestiti, oltre che al costo eccessivo dell'opera stessa, vennero interrotti nuovamente i lavori anche se non si sa con precisione da quando.

Nell'ottobre del 1911, però, venne redatto un documento dove furono riportate tutte le opere che mancavano al fine di completare l'edificio, con i relativi prezzi e dimensionamento. Le operazioni mancanti erano la pavimentazione con adattamento del sottofondo, l'intonaco civile per le pareti e per le volte, i parapetti delle finestre e la soglia della porta centrale e laterale, il contorno delle finestre con mattoni stillati, i tavolati di chiusura sotto i parapetti, i tavolati di chiusura provvisoria per finestre, i tavolati di chiusura provvisoria per le porte, i tavolati di chiusura provvisoria di portine, il serramento della porta centrale in larice, il serramento della finestra con vetri e una mano di olio, la finestra con vetri con ingresso, le finestre con vetri più grandi, il serramento di portine e l'adattamento del terreno per lo scolo delle acque nel retro del salone.

Per la chiesa le opere mancanti sono: le volte al piano del presbiterio, il riempimento e lo spianamento, i parapetti alle finestre della chiesa, i parapetti più grandi, i parapetti del coro, l'armatura sottostante, l'armatura dei finestroni, i tavolati

¹⁶ Dalla lettera pare che il cantiere si trovi a Sartirana, ma a causa della grafia e della mancanza di altri riscontri, la localizzazione del sito non è certa.

alle porte della sacrestia, i tavolati alle porte di facciata, i tavolati sottogronda i tavolati di facciata, i serramenti in opera con vetri, i serramenti grandi di facciata, le finestre laterali grandi, la nicchia completa con vetri, il pavimento in gettato, la porta principale ed infine, le portine laterali.

Da completare senza aver riportato i dettagli specifici sono il salone, la chiesa, il palcoscenico, l'abitazione, i portici, le cornici di gronda, l'atrio e le sale, il campanile e gli ingressi. Gli unici lavori che sono stati effettuati sono riconducibili al 23 dicembre, quando la ditta Francesco Romerio & figlio - Lattonieri/ Impianti completi per Gas-acqua -luce elettrica campanelli elettrici, aveva effettuato la fornitura di 23 lampadine, il ripristino di una lampada del palco, il cambio di un pezzo della pila della lampadina del palco, il cambio di un interruttore, la sostituzione di 6 valvole nel seminterrato e di 4 lampadine e la sostituzione di un portalampada. Il tutto per un costo di 4.80 lire. Insomma, interventi di poco conto.

Il mese di giugno del 1912, fu costellato di preventivi da parte dei lattonieri e della ditta Ramieri. Arlati Loenzo & Figli propose un preventivo per i canali dell'Oratorio che con canali zincati inchiodati e saldati con francioli /fraciali e zincati, con la posa in opera compresa, ad un costo di 0.75 lire al kg. Francesco Violetti offrì dei canali con tubi di lamiera zincata, tubi in ghisa con scarico in opera, canali pluviali in lamiera zincata lisci inchiodati e saldati a stagno, ganci di ferro in opera al prezzo di 0.80 lire al kg.

Tubi pluviali in lamiera zincata e ganci in ferro in opera al costo di 0.90 lire al kg. Gomiti in lamiera zincata in opera, al costo di 3.75 lire caduno e tubi in ghisa per scarico al costo di 0.56 lire al kg. Inoltre, prese piede una polemica riguardo alcuni elementi d'feramenta che furono prescritti nel 1906-1907 poiché la fornitura non aveva rispettato la marca scelta da Chiappetta (Best). Egli affermò che era necessario liquidare solamente 0.37 lire al kg e che i fornitori dovevano assolutamente restituire le 108 lire con annesse le spese di sostenimento per far verificare il ferro, in seguito all'arbitrario cambiamento della qualità prescritta.



Figura 2.40 - 2.41: Chiappetta, dettaglio finestre con architrave con un ingrandimento della croce greca e dettaglio dei pinnacoli, scala al vero e scala 1:10, non datate, Archivio Beato Angelico, Milano.

Ad agosto, Caversasio sollecitò Chiappetta affinché fornisse al Capomastro i disegni dei pinnacoli della gronda del tetto, della gronda del coro, dei canali, della croce greca in cemento per i quadri sopra le finestre, dei serramenti alle finestre e delle facciate.

Tutti i dettagli furono richiesti in scala 1:10. La motivazione per cui non erano ancora giunti alla Commissione era che Chiappetta aveva avuto dei problemi di salute e si era ritirato presso il lago d'Orta con la sorella e la madre, dove possedeva una proprietà a Corciono. Il 7 agosto sarebbe giunto l'aiutante di Chiappetta, Calori, a consegnare personalmente i disegni a Merate.

Tutto il mese di agosto, Chiappetta non sarà molto presente, prima per la sua indisposizione e, poi, per seguire la madre che dal 13 agosto si trovava in campagna.

A fine agosto, Spirito sperava che Caversasio avesse già ordinato i pilastri di finimento superiore ed allegava il disegno per i trafori da mettersi sopra le finestre.

“Ne abbiamo bisogno 24 e perciò feci 3 disegni perché con una forma non si possono fare certamente più di 8 riproduzioni”

La costruzione di questi ultimi avvenne velocemente, poi il 4 settembre fu presentato il costo di questi ultimi lavori dal Capomastro Colombo che affermava che la spesa per l'armatura, per il sollevamento e la posa in opera dei pinnacoli, compresa dell'imbottitura con bettone, la murazione e colatura delle suddette, compreso il disfacimento dell'armatura stessa, corrispondeva a 780.00 lire. I pinnacoli di levante, a causa della maggiore armatura, erano costati 1100 lire. I prezzi, invece, dei singoli elementi furono forniti a Caversasio da Mandelli Luigi.

Vennero consegnati anche 8 piedistalli di dimensione 1.20x0.51x0.51 per un totale di m³ 2.497, 8 fusti di dimensione 200x0.50x0.50 per un totale di m³ 4000, 8 piramidi di dimensioni 2.17x0.47x0.47, per un totale di m³ 3.835. Sommando le diverse forniture, l'importo al metro cubo risulta 10.332 lire mentre. Il prezzo dei cementi martellinati ad imitazione Bottiosini è di 90 lire, mentre se si utilizza il cemento semplice viene a costare 70 lire. I 3 finestrini martellinati costano 8.50 lire cadauno e se costituiti da cemento semplice costano 6 lire.

Il 24 novembre, Caversasio, si vide nuovamente costretto ad affrontare le difficoltà economiche imposte dal progetto. Il Capomastro Colombo durante tutto l'anno, aveva dovuto far fronte ad una spesa di 10 mila lire, probabilmente anticipata di tasca sua e ora necessiterebbe di una somma pari a 4 mila lire.

Il 1912 si concluse all'insegna dei debiti e nell'impossibilità di fare investimenti economici e monetari che si trascinerà anche nel 1913.

1913. Ad aprile del nuovo anno, Colombo incalzò Caversasio affinché effettuasse i pagamenti del cemento (3 mila lire). Dalla corrispondenza, è evidente che non era la prima volta che Colombo chiedeva la riscossione del suo credito al sacerdote e risultava alterato perché aveva già dovuto fornire numerose cambiali ai venditori e non meritava

“a volere essere cortese farli avere un account di fare brutte figure [...] dopo aver lavorato ed agito da galantuomo”

Il 24 ottobre le evidenti difficoltà economiche portarono alla scelta di murare i finestrini laterali della chiesa, per un costo pari a quello per effettuare il contorno di cemento delle stesse. I serramenti delle finestre non erano ancora stati posti e mancava anche il pavimento, il cui costo sarebbe stato di 2.25 lire al metro quadro, secondo il preventivo della ditta Valsecchi che ipotizzava l'utilizzo del cemento Portland.

Dopo la muratura delle finestre al primo piano, non si procederà mai alla costruzione delle volte né tantomeno alla posa dei serramenti e delle pavimentazioni precedentemente preventivate.

I lavori nella cappella vengono sospesi e da quel giorno in poi il locale non sarà più accessibile.

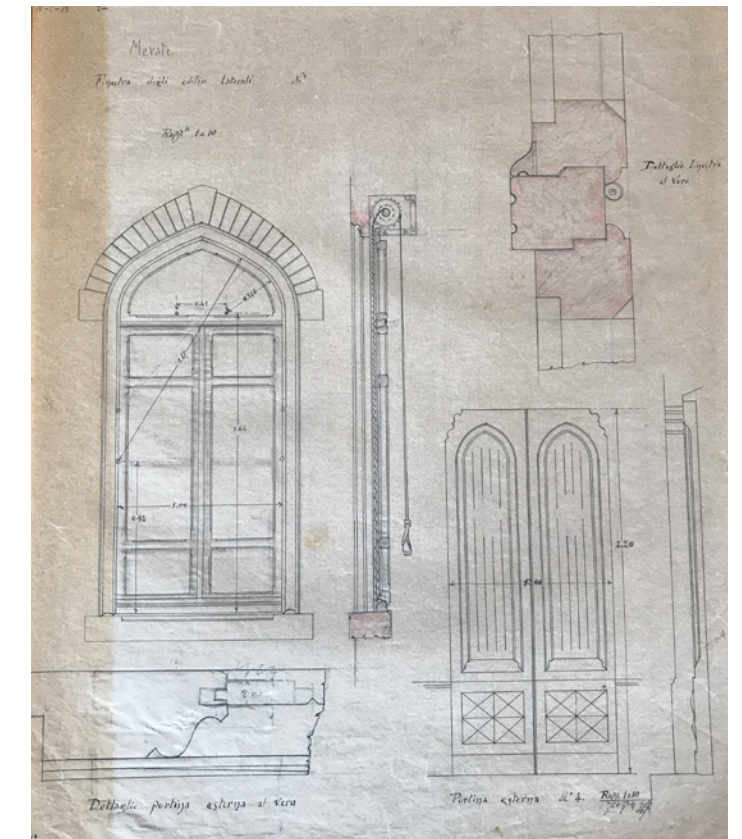


Figura 2.42: Chiappetta, disegno delle finestre laterali in scala 1:10 con dettaglio al vero e portina esterna con dettaglio 1:10, 10 gennaio 1913, Archivio Beato Angelico, Milano.

1914. Con il crescente peggioramento della situazione economica e la progressiva scomparsa dal cantiere di Chiappetta, a causa della malattia della madre, il cantiere è destinato ad un decadimento lento e inesorabile.

Nel marzo del 1914 saranno posizionate le tapparelle, azione a cui Chiappetta non reputò importante assistere, ritenendo più apprezzabile sostenere la madre che necessitava d'aiuto.

*de no ipse teniva in vita del proprio del by Capomastro
"un po' di aria pura per consiglio dei medici"
perché concerno ad un oratorio che era partito a
mentre appena vennero con bisogno. Ma più quindi il*

Egli si limitò, in una lettera del 13 aprile, a fornire a Caversasio i costi delle tapparelle (13 al m²) con l'aggiunta del prezzo dell'avvolgitore meccanico, informandolo, inoltre, che la consegna sarebbe avvenuta in 40 giorni. Si raccomandò che il legno fosse stagionato e che, quello delle tapparelle, provenisse dalla Germania, giustificando tali richieste con il fatto che le tapparelle necessitavano di un'ottima qualità di materiali e non bisognava, quindi, badare a spese.

Nonostante fossero passati quasi dieci anni, Chiappetta non si smentì e ad aprile non aveva ancora mandato i disegni mancanti per concludere l'Oratorio: si discolpò asserendo che la malattia della madre lo aveva completamente assorbito.

1915. L'anno iniziò con una nevicata imprevista che impedì il sopralluogo all'Oratorio da parte di Chiappetta.

Il 15 maggio venne presentato il preventivo per la cancellata in ferro della facciata a ponente.

Nel 1908 era stata presentata una fornitura di chignoli, chiavi di muro, ferro, staffe dal fabbro ferraio Colombelli Pietro che ora richiedeva il saldo di 53470 lire a cui si sommava un ulteriore costo di 6410 lire per l'anno 1915. Entrambe le somme non furono saldate. L'8 agosto 1915, morì Don Elia Caversasio, promotore ed assistente primario nella costruzione dell'Oratorio. Il destino dell'immobile fu segnato.

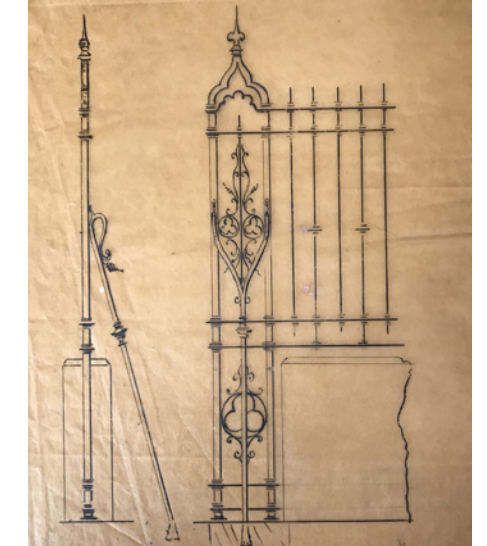


Figura 2.43:
Chiappetta, disegni delle cancellata in ferro, fuori scala, non datati, Archivio Beato Angelico, Milano.

A Caversasio subentrò la figura di Magni Ersilio, facente già parte della Commissione. Nel maggio del 1916 Chiappetta stava riscontrando dei problemi nell'ultimazione e nella costruzione del palcoscenico e necessitò di proferire parola con il meccanico, già consigliatogli da Magni.

Il Sig. Perego, però non aveva ancora fornito il legname e se si voleva veder terminato il palcoscenico si sarebbe dovuto far lavorare i muratori anche la settimana successiva. L'urgenza era quella di aprire al pubblico "dopo la raccolta dei bozzoli", quindi l'ultima settimana di giugno o la prima domenica di luglio.

Per far fronte all'apertura dell'Oratorio, Albani Battista effettuò i lavori di adattamento dei cortili, in modo non continuativo, da febbraio fino ad aprile.

Gli ultimi conti vennero presentati dal Capomastro Colombo che riportò le spese riguardanti l'intonacatura e imbiancatura del salone al pian terreno, l'adattamento del sottofondo per la posa delle piastrelle, la costruzione delle scalette di accesso al salone, la costruzione del muro di cinta e dei pozzetti di scarico dell'acqua dei pluviali.

1916. A Caversasio subentrò la figura di Magni Ersilio, facente già parte della Commissione. Nel maggio del 1916 Chiappetta stava riscontrando dei problemi nell'ultimazione e nella costruzione del palcoscenico e necessitò di proferire parola con il meccanico, già consigliatogli da Magni.

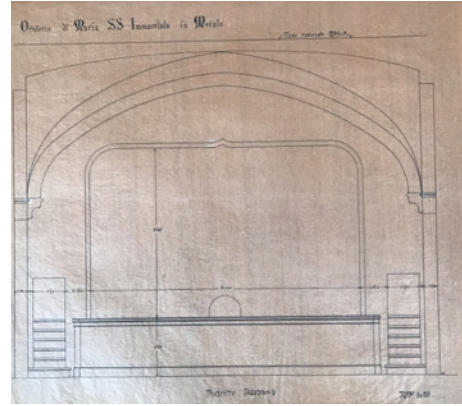


Figura 2.44:
Chiappetta, prospetto del palcoscenico, scala
1:20, non datato
Archivio Beato Angelico, Milano.

Il Sig. Perego, però non aveva ancora fornito il legname e se si voleva veder terminato il palcoscenico si sarebbe dovuto far lavorare i muratori anche la settimana successiva. L'urgenza era quella di aprire al pubblico "dopo la raccolta dei bozzoli", quindi l'ultima settimana di giugno o la prima domenica di luglio.

Per far fronte all'apertura dell'Oratorio, Albani Battista effettuò i lavori di adattamento dei cortili, in modo non continuativo, da febbraio fino ad

Gli ultimi conti vennero presentati dal Capomastro Colombo che riportò le spese riguardanti l'intonacatura e imbiancatura del salone al pian terreno, l'adattamento del sottofondo per la posa delle piastrelle, la costruzione delle scalette di accesso al salone, la costruzione del muro di cinta e dei pozzetti di scarico dell'acqua dei pluviali.

1917. Il 6 febbraio 1917, Magni Ersilio, scrisse a Chiappetta dicendo che il Sig. Perego aveva fornito il preventivo dei lavori di falegnameria e aggiungendo che l'anno precedente era stato un anno provvidenziale, durante il quale erano state raccolte 4488 lire donate da molti piccoli creditori. Vi era però un grave problema, riscontratosi in seguito all'apertura dell'Oratorio, ovvero la presenza di molta acqua nei locali sotterranei che vennero drenati a mano dai ragazzi, sotto la supervisione del Sig. Magni.

A questa lettera Chiappetta rispose dopo due mesi a causa di una malattia che lo aveva indisposto per tutto quel tempo o, forse, per la forte delusione di non aver mai portato a termine la sua impresa, cioè quella di riproporre una seconda Lourdes ai piedi delle Alpi. L'11 ottobre, Chiappetta riceverà l'ultima lettera da parte della Commissione "Pro Oratorio" in cui venne pregato di liquidare il Sig. Rovelli che non aveva mai ottenuto i pagamenti dell'anno del 1913.

Nel frattempo la Commissione aveva ottenuto un prestito di 10000 lire, aveva pagato il Capomastro e ordinato di sgomberare tutto e aveva consegnato le chiavi alla parrocchia, stroncando così ogni possibilità per Chiappetta di "fare affidamento sopra lavori futuri".

I dodici anni di cantiere dell'Oratorio della SS. Immacolata si conclusero con un edificio completamente estraneo al risultato finale programmato e solo parzialmente utilizzabile, poiché il piano superiore non verrà mai aperto al pubblico.

Ci si trovava davanti a uno scenario disastroso a livello economico ed alla perdita di fiducia dell'intera Commissione "Pro Oratorio" che, nonostante le mille difficoltà, aveva sempre appoggiato e sostenuto le scelte dei materiali e dei fornitori di Chiappetta per molti anni, ma ora aveva raggiunto uno stato di completo scetticismo.

Il risultato finale attraverso i disegni di Spirito Maria Chiappetta

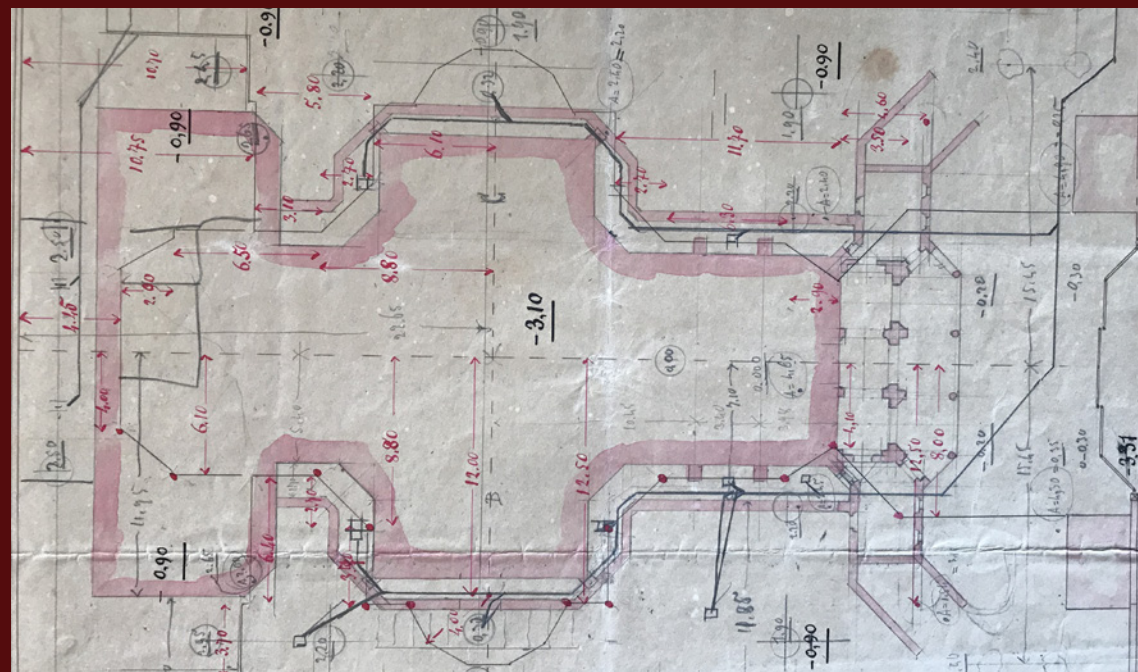


Figura 2.45:
Chiappetta, disegno della pianta finale, scala 1:100, non datata
Archivio Beato Angelico, Milano



Figura 2.47:
Chiappetta, sezione longitudinale, scala 1:100, non datata
Archivio Beato Angelico, Milano



Figura 2.46:
Chiappetta, sezione, scala 1:100, non datata
Archivio Beato Angelico, Milano

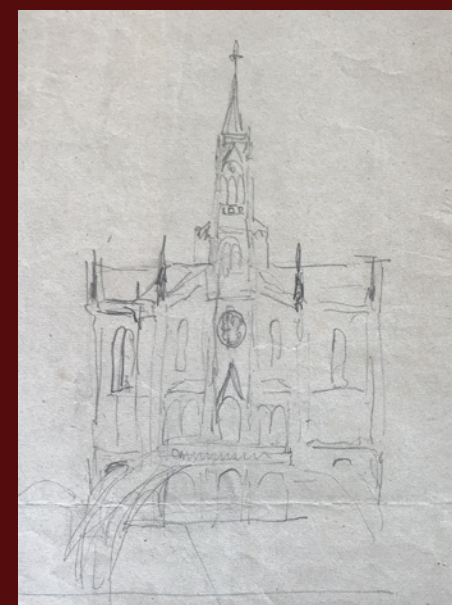


Figura 2.48:
Chiappetta, schizzo della facciata, fuori scala,
non datato
Archivio Beato Angelico, Milano

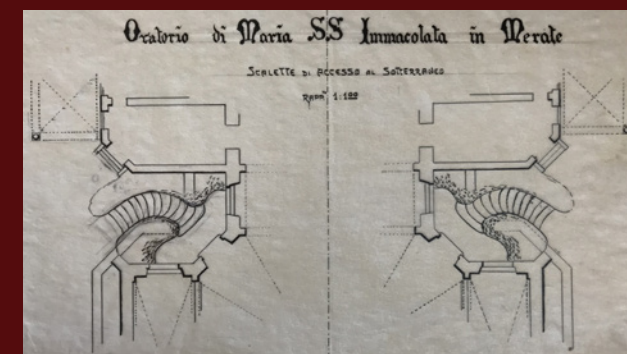


Figura 2.49:
Chiappetta, dettaglio scalette di accesso al sottoterraneo e dettaglio della rampa in facciata, scala 1:100, non datati
Archivio Beato Angelico, Milano

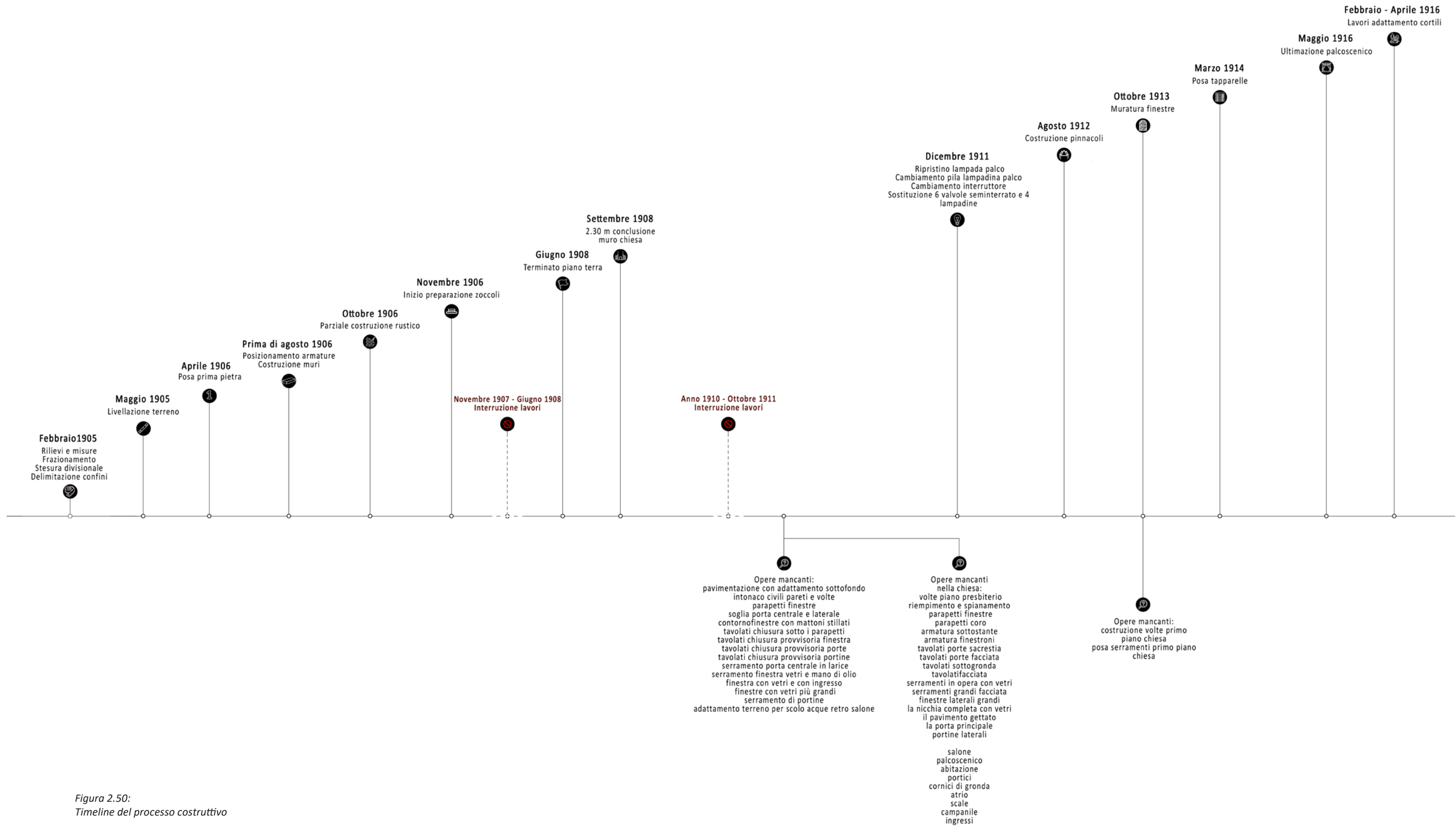
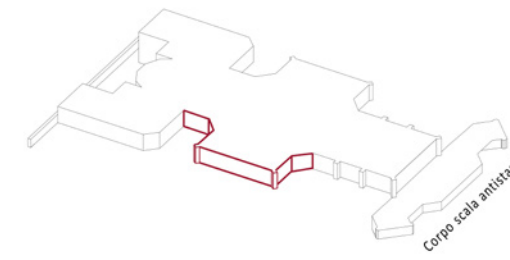
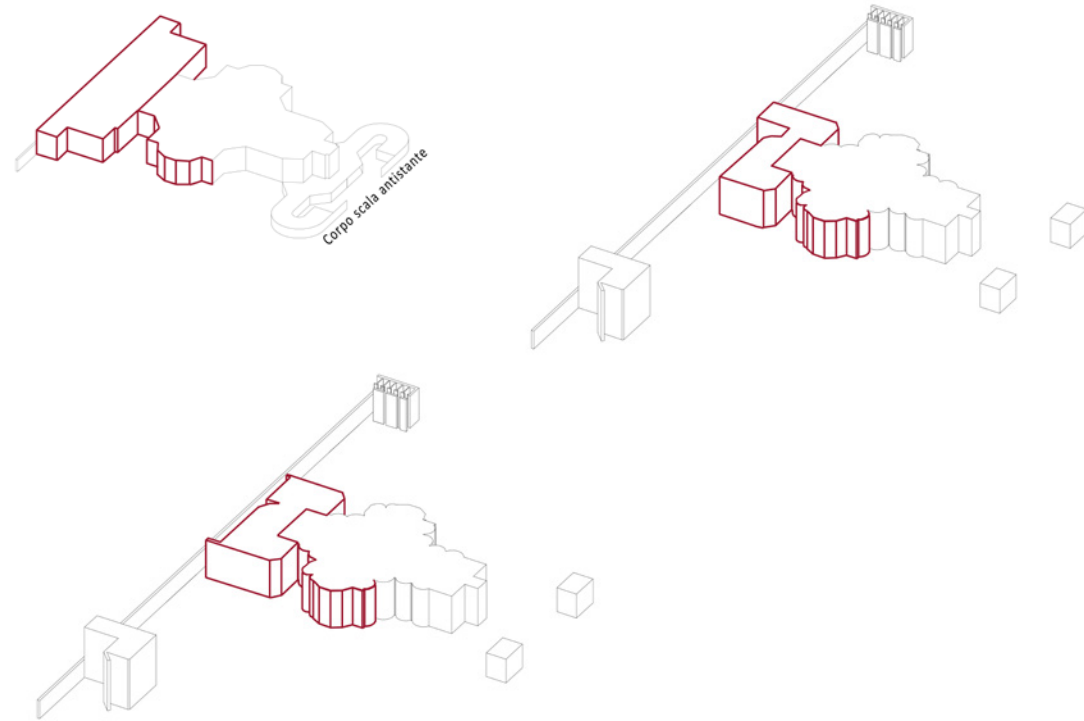
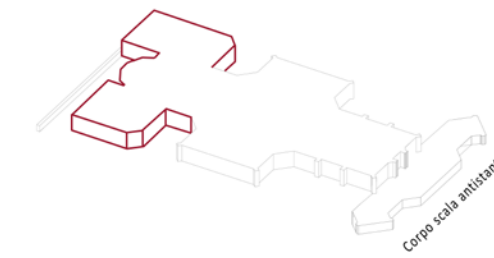


Figura 2.50:
Timeline del processo costruttivo

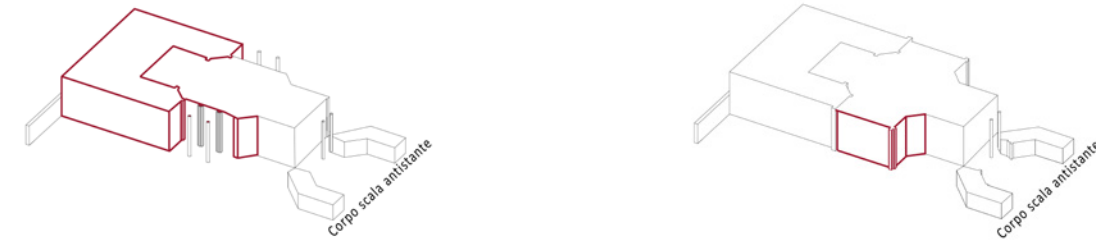
1905



1908



1906



1907

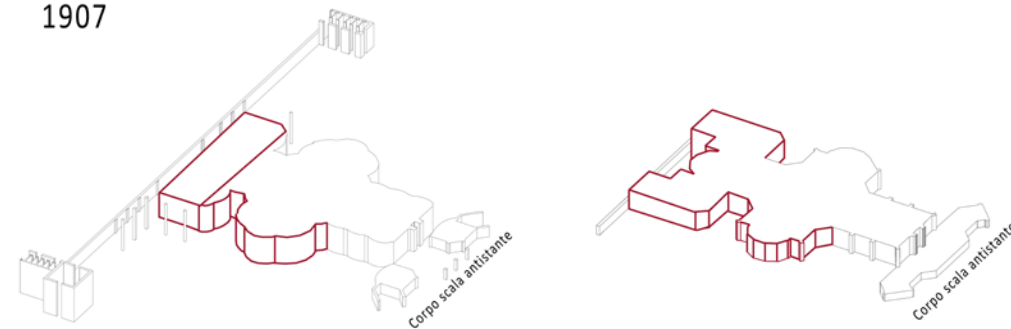


Figura 2.51:
I diversi cambiamenti effettuati al progetto nei diversi anni. Lo sviluppo di questi schemi è stato possibile grazie alla consultazione del materiale presente all'Archivio Beato Angelico di Milano. Non essendo datati la maggior parte dei disegni, si è cercato di ricostruire l'evoluzione del progetto con l'ausilio delle lettere presenti in Archivio.

Figura 2.52:
Le ditte meratesi che hanno partecipato al processo costruttivo.

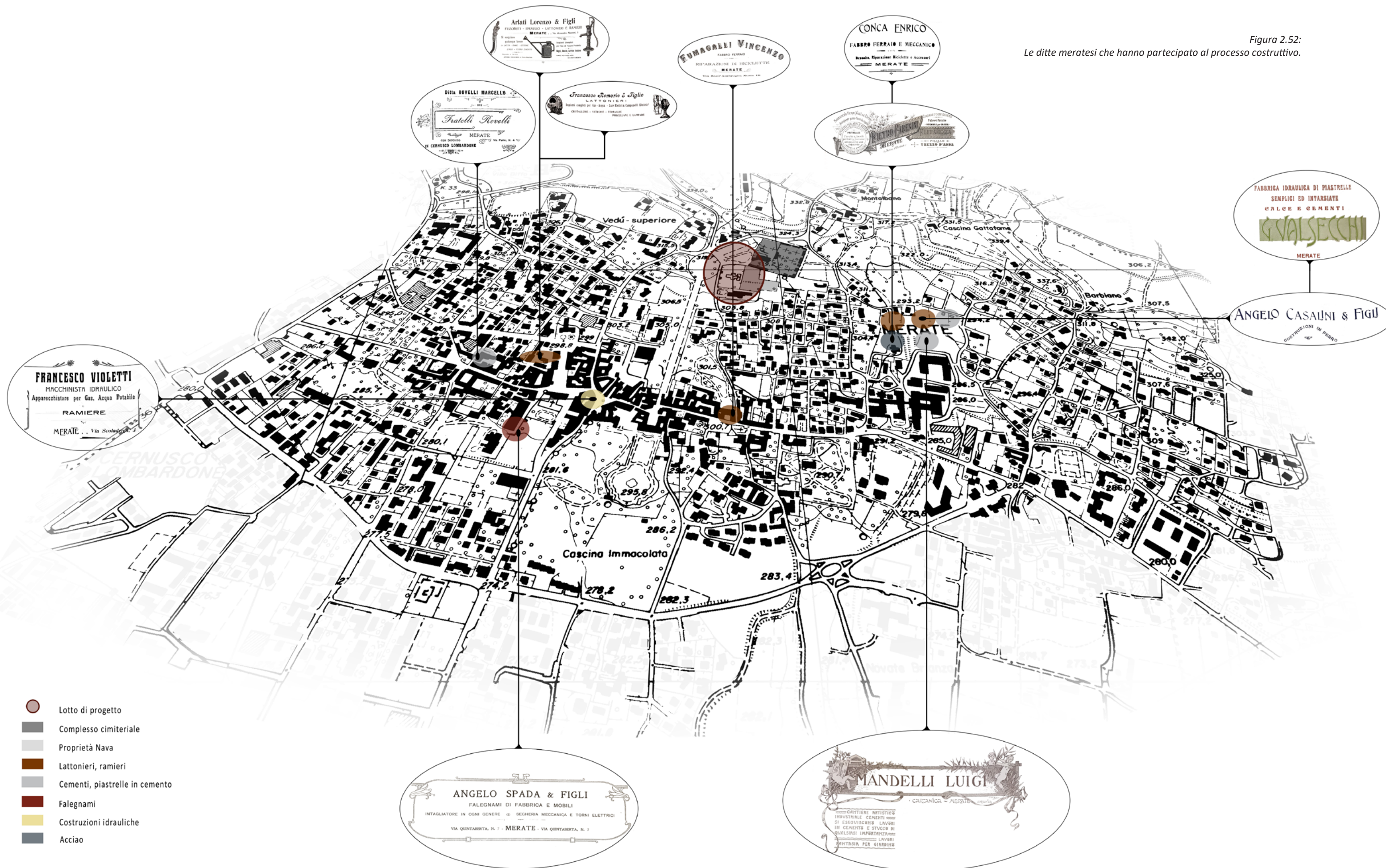




Figura 2.53: Le ditte Brianzole che hanno partecipato al processo costruttivo.

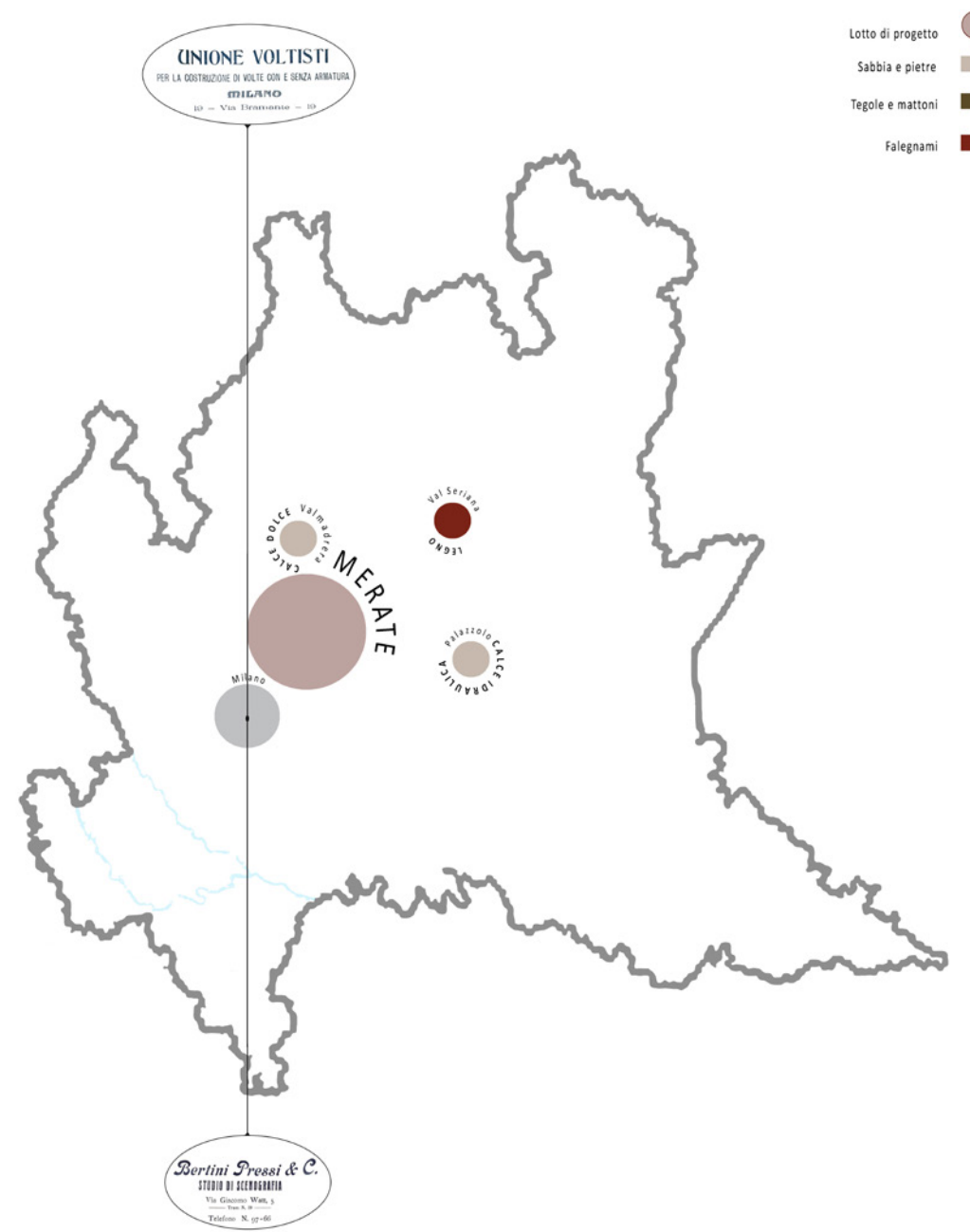


Figura 2.54: La provenienza di una parte dei materiali utilizzati nella costruzione.

Gli anni successivi al cantiere

L' 11 ottobre 1916 si interrompono definitivamente i lavori all'Oratorio, tuttavia si utilizzerà il pian terreno dell'edificio con lo scopo per cui era stato pensato, in particolare vi trovarono la loro sede la filodrammatica, la Schola Cantorum e le attività sportive parrocchiali. Tutto ciò fino al 1965, quando venne inaugurato il nuovo oratorio nel parco di Palazzo Prinetti.

La nuova sede farà chiudere i battenti ad un oratorio sempre più degradato e fatiscente, la cui situazione peggiorerà di anno in anno.

Nel 1970 Don Franco Longoni, al tempo parroco di Merate, acquistò l'immobile dalla parrocchia in qualità di privato e, negli anni seguenti, iniziò una trattativa per cedere questo bene al Comune di Merate.

Il 19 luglio 1974, nella sede comunale, si riunì il Consiglio comunale, in una sessione pubblica straordinaria di prima convocazione, alla quale parteciparono il sindaco Luigi Zappa e i consiglieri Enrico Ferrario, Giacomo Romerio, Rossi Antonio, Ildebrando Ferrario, Giuseppe Ghezzi, Augusto Cogliati, Ferdinando Colombo, Cesare Parma, Carlo Fornasiero, Daniele Beretta, Vittorino Ripamonti, Giuseppe Mauri, Angelo Castelli, Marcello Basosi, Romani Mandelli, Giorgio Bertumioli e Vico Fresia. Erano assenti, invece, Augusto Cogliati e Laura Crippa. Oggetto della delibera fu la discussione per l'accettazione della donazione di Longoni, con il quale il sindaco aveva avuto un incontro il 17 maggio al fine di chiarire i dubbi espressi dalla commissione. Longoni offrì al Comune la "possibilità dell'utilizzo dell'immobile e dell'area circostante per gli usi che non siano in contrasto con la finalità della donazione e che, comunque, non ne compromettano la sua specifica destinazione finale¹⁷."

All'interno della commissione comunale, non furono pochi i consiglieri che manifestarono dubbi e riserve. Le problematiche principali che emersero furono molteplici, per esempio la tipologia di donazione proposta che risultò una donazione modale, fu interpretata come un ricatto e un tentativo di sostituirsi all'ente comunale da parte di Longoni. Inoltre, anche l'assenza di un piano organico di sfruttamento dell'immobile, la mancanza di un'idea chiara per l'uso ultimo, il costo eccessivo della donazione in rapporto all'ipotesi di utilizzo futuro furono motivo di perplessità.

Tuttavia il Sig. Ghezzi Giuseppe affermò che la tenuta statica dell'immobile e la condizione del tetto avrebbero permesso l'utilizzo immediato dell'edificio che, a detta del sindaco, avrebbe potuto anche ospitare il corpo del coro comunale, la cui vecchia sede sarebbe stata chiusa con l'avvento del nuovo anno.

La situazione che si era delineata sembrava portare al rifiuto dell'atto di donazione ma, invece, il consiglio si sciolse dopo la votazione che vide 15 voti favorevoli, 1 contrario e 2 astenuti. La motivazione finale che aveva portato alla delibera a favore della transizione era l'immenso rispetto che molti dei consiglieri provavano per Don Longoni. Le condizioni imposte restavano l'accettazione dell'immobile e del terreno circostante che avrebbero dovuto avere come destinazione finale l'ampliamento del cimitero comunale. In seguito verranno individuati degli usi pubblici che non potranno andare in contrasto con la natura religiosa dell'edificio e che dovranno rispettare l'accordo di destinazione finale voluta dal donante.

¹⁷ Allegato A della *Deliberazione del consiglio comunale n.108* del 19 luglio 1974.

Le spese di trapasso di proprietà sono a carico del Comune donatario. Il 28 luglio 1974 venne affisso all'Albo Pretorio il verbale senza che vi fossero state opposizioni o reclami e il 28 ottobre 1974, il prefetto della provincia di Como, il Dr. D. Palazzo, decretò che il Comune di Merate era autorizzato ad accettare la donazione a condizione che gli spazi venissero destinati per l'ampliamento del cimitero.

Il Consiglio comunale si riunì nuovamente il 30 aprile 1975 in una sessione ordinaria pubblica per discutere riguardo a delle precisazioni sulla donazione. Alla seduta parteciparono Luigi Zappa, Enrico Ferrario, Rossi Antonio, Ildebrando Ferrario, Giuseppe Ghezzi, Augusto Cogliati, Ferdinando Colombo, Laura Crippa, Daniele Beretta, Vittorino Ripamonti, Giuseppe Mauri, Marcello Basosi, Giorgio Bertumioli, Consonni Ezio e Vico Fresia. Risultarono assenti, invece, Giacomo Romerio, Cesare Parma, Carlo Fornasiero, Angelo Castelli e Romani Mandelli. Oggetto della discussione fu una prima stesura dell'atto di donazione proposta dal notaio Bosisio, che in sede di votazione vide 12 consiglieri favorevoli, nessun contrario e tre astenuti che si dichiararono perplessi riguardo l'accettazione così vincolata dell'immobile.

La scrittura definitiva dell'atto di donazione avvenne il 12 giugno 1975, sempre da parte del notaio Bosisio, che insieme al ragioniere Reali Silvio e al geometra Paolo Brivio, riportò nero su bianco le condizioni del Reverendo Don Franco Longoni, nato a Seregno il 1907, accettate dal Dottor Ingegnere Zappa Luigi, nato a Merate il 1926, sindaco di Merate. "Il Molto Reverendo Sacerdote Don Franco Longoni [...], fa ampia e irrevocabile donazione [...] all'Onorevole Comune di Merate predetto che [...], accetta e ritiene in piena, intera ed assoluta proprietà esprimendo gratitudine¹⁸."

Il Comune di Merate si trovò, quindi, in possesso di un "fabbricato rurale di ettari 0.06.50 (are sei e centiare cinquanta) senza redditi [...] con area urbana di ettari 0.45.90 (are quarantacinque e centiare novanta) senza redditi¹⁹" totalmente recintati sul perimetro con il relativo cancello d'ingresso, per un valore di 25 milioni di lire.

La donazione presenta, come già visto nei consigli comunali, delle condizioni da rispettare: l'immobile venne donato con "diritti e servitù annessi e dipendenti, azione e ragioni inerenti, accessioni e pertinenze [...]²⁰", si precisò, poi, che gli immobili avrebbero dovuto entrare gradualmente a far parte del contiguo cimitero comunale entro 15 anni dalla firma dell'atto di donazione, venne espresso l'obbligo di conservare la costruzione esistente, di costruire degli loculi che avrebbero potuto essere collocati lungo le pareti dell'ampio livello al pian terreno e non avrebbero dovuto impedire l'erezione di un altare al centro della crociera che consentisse ai fedeli di assistere alle celebrazioni. L'edificio, avrebbe dovuto, comunque, ospitare le funzioni religiose che verranno stabilite in accordo fra il sindaco pro tempore e l'autorità competente della chiesa parrocchiale Sant'Ambrogio. Di fatto, l'acquisto da parte del Comune non comportò nessun cambiamento allo stato già degradato dell'immobile e al suo interno non furono mai celebrate funzioni religiose, così come l'edificio non entrò mai a far parte del complesso cimiteriale.

¹⁸ Donazione di beni immobili numeri 64670-19844 registrata il 2 luglio 1975.

¹⁹ Ibidem.

²⁰ Ibidem.

Nel 1994, sono stati effettuati dei rilievi ed è stata redatta una relazione sulla situazione statica dell'immobile da parte dello Studio Tecnico Dott. Arch. Paolo Gatti in cui venivano presentate le numerose problematiche che affliggevano l'edificio e individuati gli interventi di prima necessità e di risanamento generale. Il degrado dell'immobile era già in stato avanzato e peggiorerà esponenzialmente con il passare degli anni.

Nel 1998-1999, l'Oratorio attirò l'attenzione di due studentesse del Politecnico che svilupparono la loro tesi proponendo il recupero dell'immobile dopo aver svolto le preliminari indagini di rilievo geometrico, materico e del degrado.

Gli interventi di risanamento, di consolidamento e di recupero proposti sia dall'architetto Gatti che dalle laureande non verranno mai eseguiti.

Con il passare degli anni, il progressivo decadimento dell'edificio e la cospicua somma che avrebbero richiesto i lavori, portò il comune di Merate alla decisione di vendere nuovamente l'edificio alla parrocchia S. Ambrogio che, il 26 aprile 2005, rifiutò l'offerta dopo aver consultato, l'8 marzo, gli Uffici Curiali dell'Ufficio Amministrativo Diocesano.

Negli anni seguenti all'elezione del sindaco Andrea Ambrogio Robbiani, avvenuta nel 2009, sembra delinearsi il vivido desiderio di "salvare" l'edificio dal suo triste destino. Venne contattato il Professore ed Ing. Lorenzo Jurina, eminente esperto del consolidamento di edifici storici, che redisse, a sua volta, una relazione sulle diagnosi e sulle proposte di intervento da effettuare. Il costo preventivato per rendere agibile l'edificio era di quasi due milioni e mezzo di euro, con il fine di ristrutturarlo e trasformarlo in un centro espositivo e culturale che si relazionasse con la sede locale dell'osservatorio. A causa dei vincoli di bilancio, l'edificio ricadde in un profondo oblio che ne accentuò il deterioramento e il degrado.

Lo stato attuale dell'immobile è disastroso benché esso conservi ancora un notevole fascino, laddove sia possibile scorgere le fattezze delle sue facciate, per lo più nascoste dalla vegetazione rampicante che lo ricopre quasi interamente, come in un abbraccio di conforto alla sua condizione di abbandono che dura ormai da quarantacinque anni.

Nella pagina successiva:

Figura 2.55:

Foto della Basilica negli anni in cui fu utilizzato il piano terra come oratorio, autore e anno sconosciuti

Figura 2.56:

Foto del complesso, IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



GLI INCARICHI IN VATICANO: IL SODALIZIO CON PIO XI

Chiappetta era legato da un'amicizia di lunga data con Achille Ratti, futuro Pio XI¹. Il 20 dicembre 1924, all'età di 56 anni, Chiappetta venne ordinato sacerdote dal cardinal Tosi senza passare dal seminario, grazie ad un permesso speciale di Pio XI che lo aveva conosciuto a Milano².

Nel 1926 la carriera di Chiappetta raggiunse il suo apice, infatti venne chiamato da Pio XI a lavorare in Vaticano che gli mise a disposizione dei locali sopra i propri appartamenti e numerosi collaboratori.

Ora le due grandi costanti di Spirito, la fede e la passione per l'architettura, si sublimavano a vicenda in quell'incarico così prestigioso che egli si trovò a condividere con altri grandi architetti, come Momo e Beltrami nel nome di quello che fu definito il "Papa costruttore".

Chiappetta al servizio del "Papa costruttore"

Oltre ad essere riuscito a consolidare il potere sul territorio della Chiesa, Pio XI fu sempre molto attento alle necessità in campo edilizio della sua epoca, così da guadagnarsi il soprannome di "Papa costruttore". Il Papa non si preoccupò semplicemente di rinnovare, restaurare e di costruire ex novo nello Stato del Vaticano, ma anche la periferia romana, spesso degradata, è stata oggetto di attenzioni da parte del Pontefice. La nuova istituzione dello Stato del Vaticano necessitava di edifici e palazzi per funzionari e rappresentanti. Fu anche per questo che Pio XI chiamò presso di sé una figura importante come quella di Luca Beltrami al quale, nel 1927, venne commissionata un'analisi approfondita sulle condizioni statiche della cupola di S. Pietro per zittire l'ipotesi di un crollo imminente della stessa. Dopo il 1929 i contrafforti radiali della cupola verranno demoliti e ricostruiti sotto la sua direzione a causa delle diverse lesioni. Inoltre dal 1929, si svolgeranno numerosi lavori per la costruzione di palazzi apostolici, uffici e sedi di rappresentanza.

¹ Nato a Desio nel 1857 e morto nel 1939 in Vaticano, prima di essere eletto Papa, Achille Ratti fu arcivescovo di Milano. Convinto del fatto che il papato dovesse riottenere il potere temporale di cui era stato investito, si impegnò per ottenerlo nuovamente nel 1922, l'anno della "marcia su Roma", quando venne eletto dopo il suo predecessore Benedetto XV. Con Ratti si andò a ricreare una teocrazia estesa gradatamente in tutto il mondo: egli era pronto a cogliere qualsiasi opportunità per entrare in rapporto con tutti gli Stati, qualunque fossero le caratteristiche del loro regime, costellandoli nuovamente di roccaforti cattoliche per consolidare il neo-temporalismo della Santa Sede nel mondo. Basti pensare che riuscì ad istituire 128 sedi arcivescovili e 113 prefetture apostoliche in tutti i continenti. Nel papato di Pio XI si delinearono due fasi nettamente differenti fra di loro: la prima può essere riassunta nella famosa frase di Macchiavelli: "Il fine giustifica i mezzi", in quanto il Papa aveva allacciato alleanze ripugnanti con i dittatori Dollfuss, Horthy, Salazar, Hitler e naturalmente con Mussolini. Al contrario, nella seconda fase, una volta ottenuto ciò che desiderava e carico di prestigio, condannò violentemente dittature e totalitarismi.

² Chiappetta maturò l'idea di avvicinarsi al sacerdozio dopo la morte della madre, nel 1915, influenzato, forse, dal fatto che molte persone attribuirono alla madre guarigioni miracolose e un carattere di santità. Cfr. F. Galli, *op. cit.*, p.18.

Per svolgere questi imponenti lavori venne chiamato in Vaticano l'ingegnere e architetto piemontese, Giuseppe Momo: "Fu dunque l'architetto torinese a imporre lo stile che informa ancora oggi il quartiere del Vaticano: un eclettismo temperato, depurato da eccessi decorativi, ispirato ai palazzi romani del Cinquecento, con conci di bugnato al pianterreno e lungo i cantonali, e lontano dal nascente stile di regime³".

Ma già nel 1926, Pio XI aveva chiamato Spirito Maria Chiappetta, con cui era legato da una profonda e duratura amicizia, ad operare per il Vaticano. La volontà di intervento costruttivo di Pio XI non era circoscritta allo Stato Pontificio, ma il suo sguardo era volto anche verso zone lontane e in difficoltà, colpite da disastri naturali e localizzate soprattutto nel Meridione. Ed è proprio per questo motivo che è entrata una nuova figura ad operare in Vaticano: l'ingegnere e architetto Chiappetta.

Durante il papato di Pio X, era già stato denunciato il problema dell'assenza delle case canoniche e case parrocchiali, problema che non venne risolto durante quegli anni e che si ripresentò durante gli anni in cui Pio XI salì al soglio pontificio. Fondamentale era la risoluzione di questo problema per far sì che ci fossero le giuste condizioni per garantire l'attività pastorale nelle diverse regioni, infatti, non essendo le chiese dotate di canoniche, i sacerdoti risiedevano a casa dei genitori e questo obbligava la nomina di sacerdoti che abitassero sul territorio, escludendo dai criteri di scelta per le nomine, quasi automaticamente, altri parametri come il merito, la dedizione e l'opportunità.

A Chiappetta venne affidato il compito di costruire ex novo o di ristrutturare le dimore della curia, ma ben presto questi compiti calzarono stretti all'Ingegnere che ampliò le proprie aspirazioni dedicandosi anche a chiese, seminari, episcopi, conventi, asili e istituti.

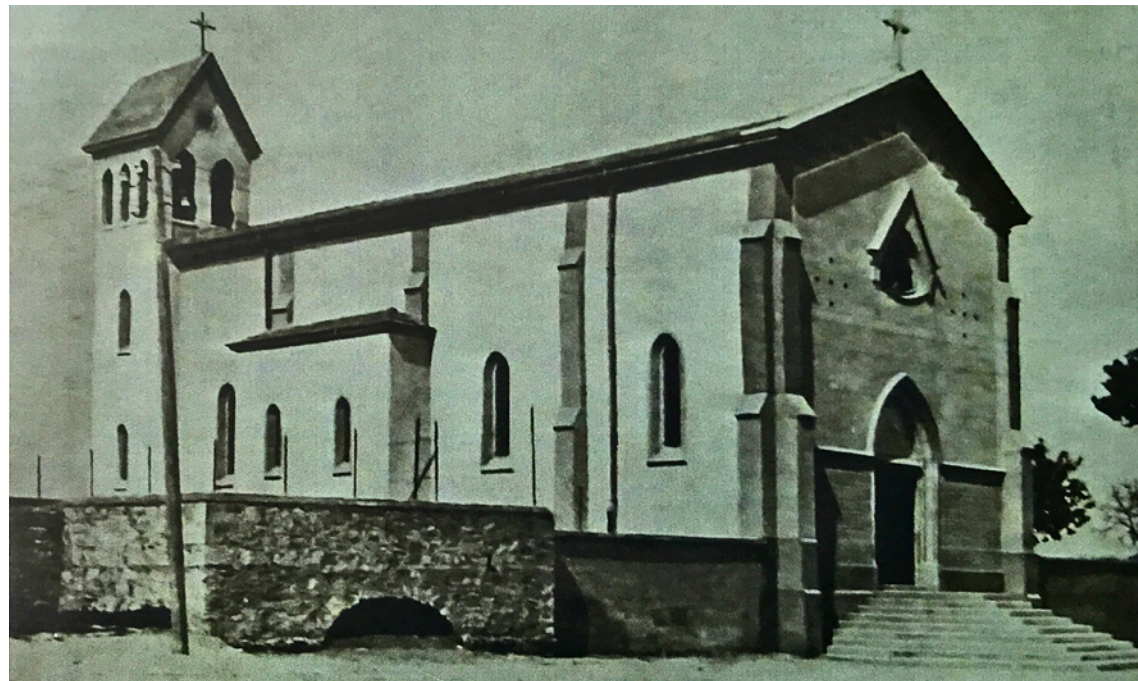


Figura 2.57:

S. Cuore, Melfi

Fonte: *Monumenti di un pontificato: la città del Vaticano, le chiese, le case parrocchiali, seminari, Roma, "Arte Sacra" Editrice, 1934, p. non numerata*

Autore sconosciuto

³ F. Galli, *op. cit.*, p.85.

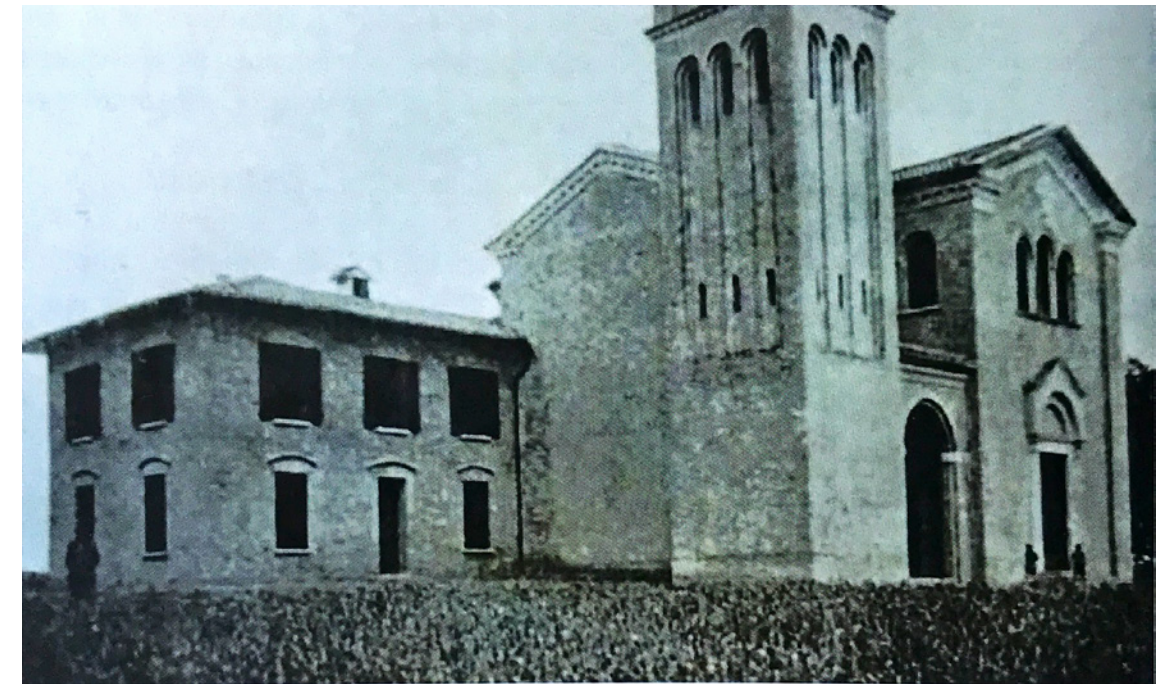


Figura 2.58:

S. M. Chiappetta, Nuova Chiesa del S. Cuore di Gesù e casa parrocchiale, Filottaro (AV)

Fonte: *Monumenti di un pontificato: la città del Vaticano, le chiese, le case parrocchiali, seminari, Roma, "Arte Sacra" Editrice, 1934, p. non numerata*

Autore sconosciuto

Per lo più i lavori effettuati da Chiappetta sotto il pontificato di Pio XI, sono però caratterizzati da una ricerca della tradizione locale affinché avvenisse una completa integrazione con il contesto in cui sorgevano le abitazioni e affinché gli edifici fossero ricondotti, in caso di restauro, alle antiche fattezze. All'interno della produzione architettonica di Chiappetta, le abitazioni parrocchiali non sono di rilevante valore artistico o architettonico per via della politica architettonica del pontificato di Pio XI, legata molto alla tradizione, al contesto, ai materiali e alle tradizioni locali e volta a studiare soprattutto il contesto circostante. Questa convinzione architettonica è radicata nelle ideologie di Boito, dalle quali Chiappetta è stato molto influenzato⁴.

Questa filosofia d'intervento sul territorio venne abbracciata anche da Momo, l'altro architetto al servizio del papa, che si ispirò alla tradizione locale per la scelta dei materiali e nel progettare il disegno complessivo. Ciò testimonia come questo *modus operandi* stesse a cuore a Pio XI, il quale, non a caso, aveva chiamato alle proprie dipendenze ingegneri e architetti che condividevano questa linea operativa.

Chiappetta, quindi, abbandonò il gusto neogotico, che nel periodo lombardo aveva utilizzato non solo nelle chiese, ma anche nelle canoniche, dal momento che ora lo scopo prioritario era quello di far sì che gli edifici si integrassero nel tessuto dei centri storici. Tuttavia quando il Nostro si trovò a dover progettare nuove costruzioni, non inserite in un tessuto urbano già connotato architettonicamente, riproporrà il suo stile peculiare, un neogotico contaminato dal neoromanico ponendo, però ora, più attenzione al contenimento dei costi, cosa che porterà, inevitabilmente alla riduzione degli ornamenti ed ad una minor cura dei dettagli.

⁴ Boito, e successivamente Sitte, Buls, Ricci e Ojetti, ritenevano che gli edifici non andassero considerati come entità astratte e statiche, ma come organismi prodotti dalla storia che crescevano con essa.

Gli ultimi anni di Chiappetta

Questo nuovo stile di Chiappetta, nato dalla scelta di tener conto delle forti influenze esercitate dal territorio, viene definito da Galli "un vernacolo neogotico appositamente messo a punto."⁵

Nel 1930, i territori delle Marche e del Vulture vennero colpiti da dei terremoti e il Santo Padre si sobbarcò il compito della ricostruzione degli edifici religiosi. In queste zone colpite da calamità naturali vennero adottate tecnologie antisismiche che facevano perno sull'innovativo materiale *ciment armé* che raramente venne lasciato a vista.

Nel periodo in cui l'Ingegnere Chiappetta lavorò per il Vaticano, non si conoscono precisamente i numeri degli edifici costruiti e restaurati da lui, ma, stando ad una relazione del Vaticano, alla fine del 1933 si contavano già 1202 edifici costruiti⁶.

Oltre all'impegno costruttivo bisogna riconoscere a Pio XI l'amore per gli studi teologici e per l'arte sacra. Infatti, egli istituì seminari in ogni regione d'Italia e, in campo educativo-culturale, edificò la sede dell'Università Gregoriana in piazza della Pilotta a Roma, il nuovo edificio dell'Università Cattolica a Milano e il Seminario di Venegono.

Nel 1924, venne redatta la circolare n. 34215 in cui il Santo Padre diede vita alla Pontificia Commissione per l'Arte Sacra della Chiesa, rimasta attiva fino al 1990. Con questo documento ci si preoccupava di valorizzare e tutelare le opere di architettura, pittura, scultura oltre che gli strumenti musicali, le vesti liturgiche etc. Inoltre, il Pontefice poneva la propria attenzione sull'importanza della formazione e dell'istruzione del clero, per poter comprendere al meglio l'eredità culturale, e sottolineava la necessità dell'inventariazione e della catalogazione delle opere d'arte sacra. A tal fine vennero create 157 commissioni locali e 11 musei diocesani.

Nel 1929, Chiappetta venne nominato presidente della Pontificia Commissione per l'Arte Sacra della Chiesa, in seguito all'abbandono di Schuster e rimase a capo di essa fino al 1943.

Sotto la sua attenta supervisione, l'istituzione raggiunse il culmine della sua attività e, una volta abbandonato il suo ruolo, lasciò al suo successore una commissione funzionante ed efficiente. Durante la sua carica come presidente, Chiappetta si preoccupò anche della formazione in campo storico-artistico del clero. Vennero istituite sette settimane di approccio all'arte sacra per i sacerdoti a cui Chiappetta partecipò attivamente, sia come organizzatore che come relatore. Esse furono un successo dal momento che videro una numerosa affluenza: fino a 400 sacerdoti da tutta Italia parteciparono. Gli argomenti affrontati in queste settimane erano i più disparati: dall'architettura alla scultura, dalla ceramica all'oreficeria, fino alle visite guidate a monumenti storici e architettonici rilevanti.

Si può concludere affermando che Chiappetta ebbe un ruolo rilevante nel pontificato di Pio XI che, sebbene sia stato ricco di incoerenze e di decisioni a volte discutibili, ha sempre avuto come fine quello di conservare e valorizzare l'arte ecclesiastica per dare lustro alla Chiesa e, indubbiamente, in questo Chiappetta diede il suo originale contributo.

⁵ F. Galli, *op. cit.*, p. 89.

⁶ In *Monumenti di un pontificato: la città del Vaticano, le chiese, le case parrocchiali, seminari, Roma, "Arte Sacra"* Editrice, 1934 si trova l'elenco della ripartizione degli edifici progettati da Chiappetta e la loro localizzazione: Sardegna: 347 case parrocchiali e 6 chiese; Sicilia: 208 case parrocchiali, 26 chiese e un vescovo; Lucania: 7 case parrocchiali, 10 chiese, un vescovo, 2 asili; Puglia: 5 case parrocchiali, 1 chiesa; Campania: 135 case parrocchiali, 86 chiese, 3 seminari, 4 vescovi, 2 conventi e 1 asilo; Lazio: 82 case parrocchiali, 10 chiese; Abruzzo: 21 case parrocchiali, 1 convento 1 asilo; Marche: 112 case parrocchiali, 104 chiese, 4 seminari, 4 vescovi, 5 conventi, 1 asilo e 7 istituti; Toscana: 1 casa parrocchiale.

Gli ultimi anni di Chiappetta furono caratterizzati da uno stile che potremmo definire più complesso, caratterizzato da sperimentazioni che tendevano alla modernità pur mantenendo una certa continuità eclettica.

Se nel corso della sua carriera Chiappetta non rinnegò lo stile che fin dagli esordi lo aveva contraddistinto, restando nel solco dell'eclettismo, tuttavia, gli anni trascorsi in Vaticano lo avevano influenzato conducendolo verso uno stile più moderno, privo di eccessi decorativi.

Esempi di ciò sono, per esempio, la realizzazione della Casa per le suore di Notre Dame (1936) e un altro edificio con funzione simile, entrambi situati a Roma.

Entrambi i progetti denotano l'allontanamento di Chiappetta dalla progettazione eclettica per avvicinarsi ad un linguaggio più moderno e funzionale, influenzato, molto probabilmente anche dallo studio vaticano a cui era a capo. Ciò appare particolarmente interessante perché se Chiappetta rimase fedele fino alla morte al gusto architettonico medioevalista in ambito sacro, tuttavia si dimostrò curioso e aperto alle innovazioni dell'architettura degli anni Trenta, rivelando una grande apertura mentale.

Così, esattamente come si faceva in pieno eclettismo quando si sceglieva lo stile in base alla tipologia edilizia presa in considerazione, egli, allo stesso modo, scelse tra modernità e tradizione in base alla distinzione tra luogo sacro o profano.

"Così, le chiese e le cappelle continuavano a essere realizzate in chiave storicistica, mentre per l'architettura civile e anche scolastica [...] non si disdegnava la via della modernità."⁷

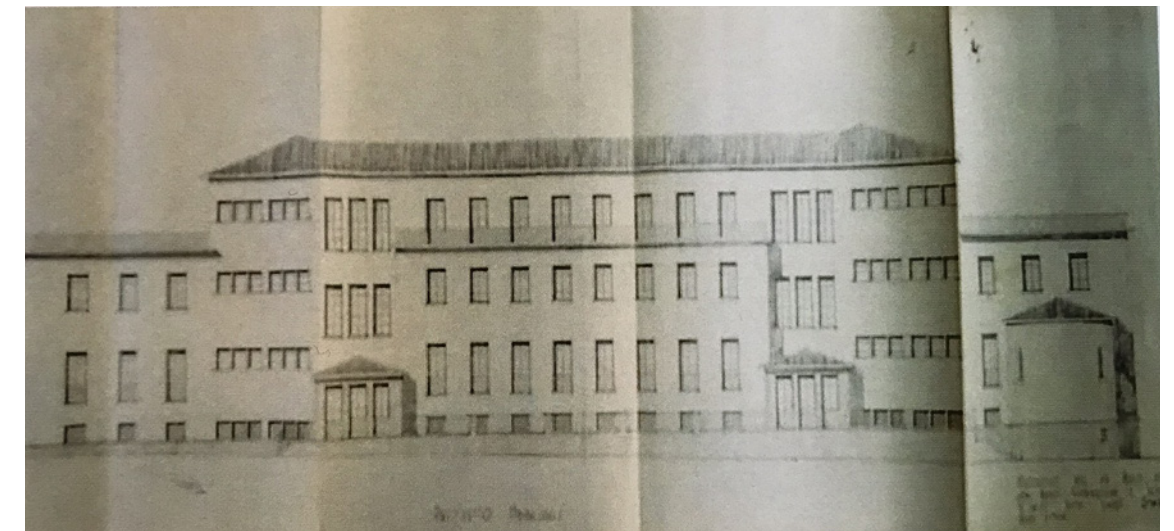


Figura 2.59:
S. M. Chiappetta, Progetto per la sede delle suore di Notre Dame, Roma, matita su carta,
Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano

Nei progetti in questione i volumi sono geometrici, semplici e rigorosi. Le facciate sono scevre di decorazioni e di ornato, rivestite a intonaco o con semplici mattoni e interrotte da grandi e squadrate finestre di dimensioni regolari. A dare movimento agli edifici sono le terrazze e i tetti piani. Tale semplicità è, secondo Galli, è presente anche in alcuni progetti di Giuseppe Momo.

⁷ F. Galli, *op. cit.*, p. 157.

Alla fine della sua carriera risale la realizzazione di un importante edificio scolastico, l'Istituto Spirito Santo di Roma (1939), situato sull'Aventino, in via Asinio Pollione.

Chiappetta si era già confrontato con la progettazione di istituti scolastici, il primo e di notevole importanza fu, nel 1896, l'Istituto Vittoria Colonna a Milano. Negli anni che intercorsero tra la progettazione dei due istituti ideò asili e istituti per piccoli centri di provincia, non particolarmente rilevanti dal punto di vista artistico.

A questo secondo periodo stilistico appartiene l'Istituto Spirito Santo, infatti esso è caratterizzato da una geometria rigorosa che cede solo nella bicromia del rivestimento (zoccolatura marmorea uso del mattone e dell'intonacatura), nella variazione della forma delle finestre e nei porticati al retaggio del decorativismo eclettico, lasciando prevalere, in questo edificio di impronta moderna, la semplicità e la funzionalità dell'edificio.

Osservando gli edifici realizzati attorno a San Pietro, destinati ai seminaristi o alle congregazioni religiose, si notano molte somiglianze con l'Istituto Spirito Santo, a conferma dell'influenza esercitata sul Nostro dagli ingegneri e architetti in servizio presso la Santa Sede, primo fra tutti Giuseppe Momo.

La morte di Pio XI, avvenuta nel 1939, l'avanzare degli anni e un nuovo gusto architettonico, che andava sempre più imponendosi e che era lontano dalla sua sensibilità, segnarono gli ultimi anni dell'architetto. Quando nel 1943 terminò ufficialmente il suo incarico di Presidente della Pontificia Commissione Centrale per l'Arte Sacra e Chiappetta egli si trasferì in Brianza nella Villa del Sacro Cuore dei Gesuiti che lui stesso aveva ampliato e rinnovato.

Morì il 2 luglio del 1948 e i suoi funerali furono celebrati nella Villa, mentre il suo corpo fu inumato presso la cappella di famiglia della villa di Imberigo, accanto ai genitori.

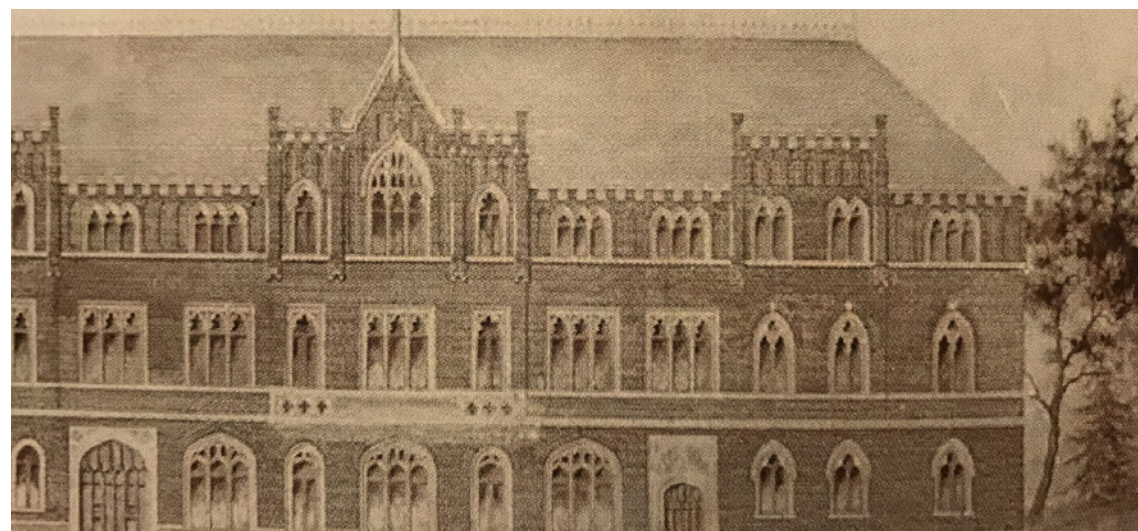


Figura 2.60:
S. M. Chiappetta, Progetto per l'Istituto Vittorio Colonna, Milano.
Foto fornita dalla direzione scolastico dell'Istituto

Uno Spirito dedito non solo al sacro

Benché le chiese e i santuari siano la parte più considerevole della produzione di Chiappetta, per tentare di delineare nel modo più completo possibile la sua figura non si può non accennare ai progetti di altro genere da lui realizzati: palazzi, istituti religiosi, ville di delizia, istituti scolastici cappelle cimiteriali e ferri battuti.

I palazzi. All'inizio della sua carriera Chiappetta progettò palazzi urbani, pochi in realtà, quasi tutti all'interno della città di Milano, molti dei quali saranno distrutti durante i bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale o durante la ricostruzione.

Tra i più significativi Galli segnala il palazzo Sagramoso (1910) e il palazzo della Società Editrice Libreria.⁸

Il primo palazzo si trovava in uno spazio già urbanizzato, nella zona di San Vittore e nei pressi della basilica di S. Ambrogio, ed era destinato a diventare la residenza della Marchesa Sagramoso.

Lo stile che Chiappetta adottò per questo edificio è il neoromanico, influenzato forse dal fatto che in quegli anni stavano riprendendo vigore gli stili storici a discapito del liberty. Esso si presenta in continuità con la tradizione ottocentesca storicista ed è lontano dalle prime sperimentazioni di innovazione come quelle di Adolfo Coppedé (Castello Cova 1910) o Ulisse Arata (Case di Bere Meregalli 1910-1912) o di Luca Beltrami (Case Bernasconi 1910).

Chiappetta progettò invece il palazzo della Società Editrice Libreria ispirandosi ad un sobrio classicismo.



Figura 2.61:
S. M. Chiappetta, Progetto per la sede della Società editrice libraria, Milano. Inchiostro su carta. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano.

A testimonianza del fatto che in questo primo avvio della sua carriera il nostro architetto si rifece ai principi dell'eclettismo si può considerare la Casa generalizia delle suore Marcelline di Milano che venne realizzata in un misurato stile neomanierista, così come avveniva all'epoca per i palazzi di rappresentanza e residenziali della borghesia.

⁸ F. Galli, *op. cit.*, p. 154.

Tuttavia, Chiappetta ebbe l'opportunità di confrontarsi con tale pratica, intervenendo su alcune ville già esistenti e realizzandone, praticamente ex novo, solo una, la Villa Sacro Cuore di Triuggio, dove, come si è visto, trascorrerà gli ultimi anni di vita.

Nel pieno solco della tradizione delle ville di villeggiatura, egli intervenne sulla Villa Gonzaga a Grissonno (1908), sulle colline comasche e di proprietà del principe Emanuele Gonzaga di Vescovato. Restano poche testimonianze del lavoro di Chiappetta poiché la villa è stata saccheggiata pesantemente ed ora è un rudere pericolante, ma dai preventivi di spesa e dalla corrispondenza si evince che fu effettuato un intervento di restauro in stile dell'intero complesso.

Gli apporti originali di Chiappetta furono gli interventi atti a dare un aspetto barocchetto alle facciate, i disegni dei ferri battuti delle scalinate interne, dei balconcini, delle inferiate e della cancellata d'ingresso. Chiappetta attenuò l'eleganza dell'edificio rivestendo le fondazioni a vista di pietra locale. Infine, in pieno spirito eclettico, inserì un loggiato, accessibile dalla biblioteca, posto solo all'estremità di un'ala, allo scopo di creare un dialogo tra spazi interni e natura. Gli interni furono decorati con affreschi di gusto pompeiano.

Tra il 1902 e il 1911 Chiappetta lavorò per il marchese Cesare Brivio alla Rocca Brivio di Melegnano. L'edificio è un palazzo storico che conserva il suo aspetto seicentesco e Chiappetta intervenne con un metodo tipicamente ottocentesco che non prevedeva un semplice restauro, ma anche un ampliamento in stile e un adattamento delle sale interne secondo criteri funzionali, utilizzando materiali economici e dividendo lo spazio in base alle nuove esigenze abitative, senza rispettare la loro funzione storica. Anche in questo caso, Chiappetta riprese un'usanza eclettica del tempo, inserendo nell'ampliamento occidentale un'altana con trifore. La presenza di torrette era già presente in diverse ville, ma ebbe una particolare fortuna durante l'eclettismo nei palazzi cittadini medioevali e soprattutto nei villini borghesi della periferia, realizzati per lo più in stile medioevale o quattrocentesco.

L'ultimo intervento di Chiappetta sulle ville storiche lombarde fu l'ingresso monumentale per la villa Gallerani a Carugate, commissionato nel 1910 dalla contessa Giuseppina Giulini.

L'ingresso è un'edera delimitata da quattro grandi pilastri fasciati che sorreggono un cancello principale e due minori in ferro battuto dal gusto barocco. L'ingresso è interessante perché è uno dei pochissimi lavori in ferro battuto dell'architetto giunto fino a noi, anche se ora si trova, purtroppo, in uno stato di grave degrado.

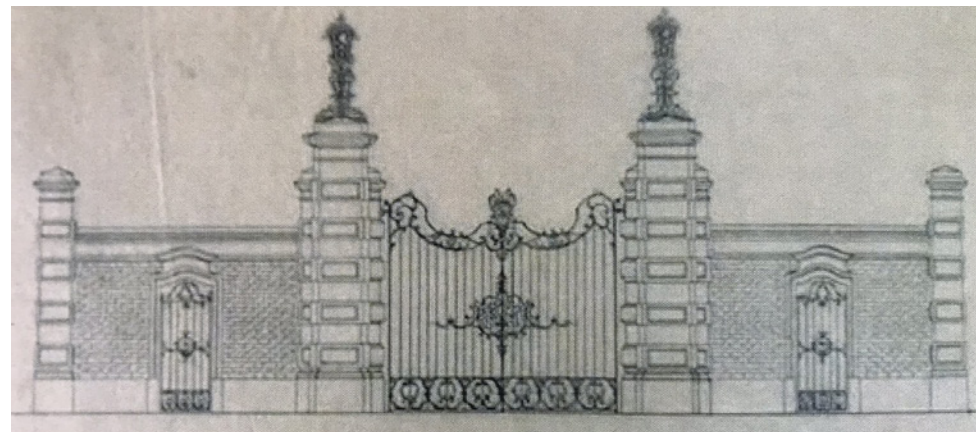


Figura 2.62:
S. M. Chiappetta, Progetto per l'edera di ingresso di Villa Gallerani, Carugate, china su lucido.
Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano.

Restando nell'ambito del contesto delle ville nobiliari, per trovare uno dei migliori progetti neogotici di Chiappetta, anche se probabilmente mai concretamente realizzato, bisogna uscire dalla Lombardia. Si sta parlando di Villa Camilla nella località di Castelvetro di Modena per la quale l'architetto disegnò, su commissioni di due personaggi di rilievo della nobiltà modenese tra i due secoli, Matteo Campori e Camilla Stanga, una stalla per mucche con annessi locali rustici.

I riferimenti architettonici del Nostro sembrano essere l'architettura tradizionale di alcune regioni francesi e i cottages inglesi, come non sarebbe da escludere un riferimento all'architettura Old english ideata da Richard Norman Shaw (1831-1912), nel periodo tardo vittoriano⁹.

Osservando i disegni è evidente che il progetto non si inserisce nella tipologia progettuale delle casine, ma attinge al gusto per un giardino bizzarro che affonda le sue origini nei giardini della *ferme ornée* del XVIII secolo, espressione nel giardinaggio paesaggistico del movimento romantico.

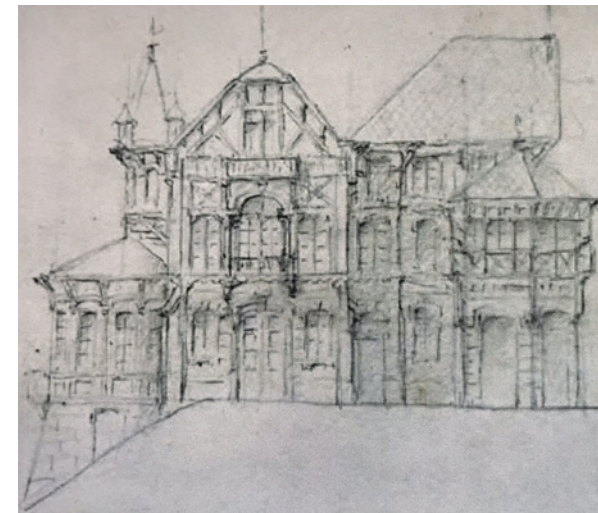


Figura 2.63:
S. M. Chiappetta, Disegno di stalla e rustico, Castelvetro di Modena, matita su carta. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano.

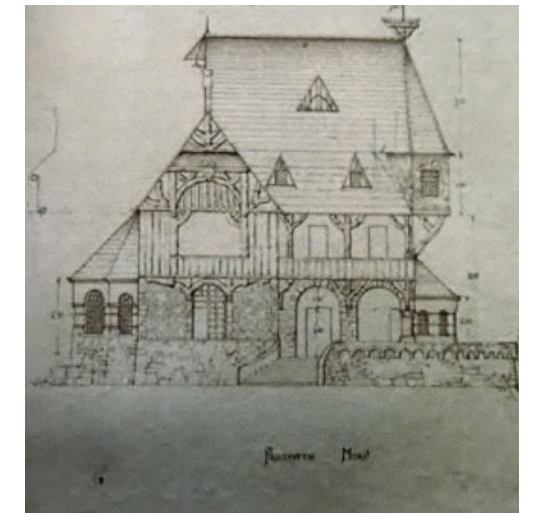


Figura 2.64:
S. M. Chiappetta, Disegno di stalla e rustico, Castelvetro di Modena, matita su carta. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano.

⁹ F. Galli, *op. cit.*, p. 165.

Gli istituti scolastici. Tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo sia le grandi città che le piccole realtà di provincia furono impegnate nella realizzazione di edifici scolastici, al fine di migliorare le condizioni dell'istruzione nel Paese. In provincia, in particolare furono l'alta borghesia e la nobiltà a permettere la costruzione delle prime scuole e dei primi asili. Anche gli ordini religiosi ebbero un ruolo importante nel creare scuole di ogni ordine e grado, per questo Chiappetta venne interpellato per progettare diversi istituti scolastici che condividevano tutti la stessa planimetria, ma differivano per la scelta dello stile.

Nelle scuole laiche erano soprattutto le necessità funzionali ed economiche a far prediligere una pianta piuttosto che un'altra, mentre per le scuole cattoliche queste necessità andavano coniugate con l'esigenza della presenza di una cappella, spesso aperta al pubblico. Chiappetta enfatizza la presenza della cappella, ponendola al centro, dividendo così l'edificio in due ali simmetriche.

Tra i principali istituti realizzati da Chiappetta il più notevole è senz'altro L'Istituto Vittoria Colonna in via Conservatorio a Milano. Sebbene egli lo ideò intorno ai ventisette anni, quando aveva da poco aperto il suo studio, essendo l'istituto finanziato dall'alta borghesia per i propri figli, l'architetto poté usufruire per il progetto di una cospicua disponibilità economica che gli permise una progettazione articolata e ricca di ornamenti esterni e interni. L'edificio, che pur rimaneggiato ha mantenuto il suo carattere, appare come un castello cittadino, in stile inglese, con trifore ad archi acuti, archi tudor ed è coronato da una merlatura. Naturalmente al centro della struttura è collocata la cappella che si protende verso l'esterno, quasi ad invitare i fedeli.

Al piano terra si trovano un salone adibito sia a palestra che a luogo per gli eventi ed assemblee e serviva anche per separare l'ala maschile da quella femminile. Sempre al pian terreno troviamo la mensa e i luoghi dedicati all'accoglienza dei genitori. Ai piani alti erano collocate le aule, tre per piano e di diverse metrature. "Ogni spazio è occasione per "citare un formulario gotico continuamente variato, vivido e aperto a suggestioni fantasiose", come rivelano figurine di drago, in ghisa, poste lunghe le scale¹⁰." Tutte le aule sono caratterizzate da volte a crociera o ad ombrello. Nella cappella sono ancora presenti le protezioni in ghisa di foggia neogotica.

Dell'importanza degli istituti scolastici realizzati a Roma dal punto di vista dell'evoluzione dello stile di Chiappetta se ne è già parlato nel paragrafo precedente e ad esso si rimanda.

¹⁰ F. Galli, *op. cit.*, p. 169.

La produzione in ferro battuto di Chiappetta è consistente e, in alcune situazioni, fu incaricato esclusivamente della progettazione di cancellate infatti, gli veniva riconosciuta una sensibilità particolare in questa attività tanto da non pensare la stessa semplicemente come complementare alla progettazione architettonica¹¹. In ciò egli non si discosta dalla realtà del tempo. Infatti, se l'arte del ferro battuto nacque nell'artigianato medievale, è nella seconda metà dell'Ottocento che vide un deciso riaffermarsi che portò ad un notevole aumento della produzione e un risveglio dell'interesse nei suoi confronti da parte di artisti e intellettuali.

La cultura romantica, attraverso lo studio del Medioevo e l'impulso che diede al restauro di antichi edifici, aveva premuto per la ripresa dell'uso del ferro battuto. In Italia il momento di maggior fortuna si ebbe con l'affermarsi dello stile liberty di cui Mazzucotelli e i suoi allievi della Scuola dell'Umanitaria di Milano furono i massimi esponenti. Tuttavia, anche al di fuori del liberty nell'area di Milano e della Brianza, vi fu una grande diffusione dell'arte del ferro battuto, utilizzata principalmente, come in parte si è visto anche nel caso di Chiappetta, nel restauro e nella decorazione di palazzi nobiliari o di ville di delizie, secondo un gusto barocco e rococò¹².

Dai molti disegni di Chiappetta (cancellate, ringhiere di scale, inferiate e lampadari) è evidente che gli stili di riferimento sono il barocco e il barocchetto lombardo, infatti essi appaiono eleganti, sontuosi, con molte volute, riccioli ed elementi floreali.

Tuttavia, anche in questo ambito, non mancano esempi di progetti che si rifanno a stili differenti, come per esempio schizzi per ringhiere di scale dalle forme geometriche rigorose, costituite da linee e piccoli cerchi o i progetti per i lampadari di Rocca Brivio a Melegnano, dei primi decenni del Novecento, che risentono di un chiaro influsso liberty. In conclusione, si vuole sottolineare che se nella fase di progettazione Chiappetta fu molto prolifico e fu sempre alla ricerca di nuove composizioni decorative, in fase attuativa adattò lo stesso progetto a diverse realtà¹³.

¹¹ Un esempio di tali commissioni sono la cancellata a protezione della chiesa di San Giorgio al Palazzo, a Milano (andata perduta), quella per S. Michele a Busto Arsizio o quella per Villa Gallerani a Carugate.

¹² Per gli architetti dell'epoca l'attività di progettazione di elementi in ferro battuto era piuttosto normale ed esistevano diversi riveste d'architettura che proponevano le opere migliori. Inoltre esistevano riviste specializzate, come "Il traforatore italiano", che Chiappetta poté sicuramente consultare, dal momento che alcune pagine sono conservate presso l'Archivio del Beato Angelico.

¹³ Galli - in F. Galli, *op. cit.*, p.178 - a questo proposito riporta che "il disegno della cancellata d'ingresso di Villa Gallerani a Carugate (1910), viene riprodotto identico a Milano, presso la casa gentilizia delle Marcelline (1917) e in Villa Sacro Cuore a Triuggio (post 1917)."

L'architettura cimiteriale. Anche in questo caso Chiappetta appare un architetto legato a pieno al suo tempo. Fin dalla metà dell'Ottocento la progettazione cimiteriale è parte integrante dei curricula degli architetti milanesi che sono chiamati dall'alta borghesia a realizzare edicole, tombe, monumenti funebri a testimonianza del loro ruolo sociale svolto in vita.

Essa appare in molti casi la miniaturizzazione dei grandi edifici sacri e proprio l'eclettismo trova in essa un crogiolo in cui fondere il gusto per il recupero della storia con la fantasia del progettista. E fu proprio l'architettura cimiteriale a permettere all'eclettismo di sopravvivere fino alla metà del Novecento. Naturalmente gli edifici neomedievali furono i più diffusi nei cimiteri di tutta Italia per l'enfasi che ponevano sull'aspetto religioso e furono declinati richiamandosi in vario modo, al tardo antico, al romanico, al lombardesco, al gotico. Fu, però, quest'ultimo ad affermarsi maggiormente.

Chiappetta si ispirò allo stile medievaleggiante per quasi tutte le sue committenze funerarie prendendo a modello nella decorazione degli alzati soprattutto il romanico e il Quattrocento lombardo e privilegiando piante quadrangolari con annesso abside poligonale estradossato.

Le sue cappelle si svilupparono quasi sempre su due livelli, con un vano-crypta seminterrato destinato alle sepolture e uno spazio d'ingresso rialzato, in cui celebrare piccole funzioni o ritirarsi in preghiera.

La cappella di famiglia presso il cimitero di Imberigo, in cui egli riposa, rispetta questo modello.

La cappella è posta al centro del campo e dei gradini conducono ai portali ad archi acuti d'ingresso accentuati da protiri. L'uso del mattone rende l'edificio caldo. Da notare il tiburio, molto simile a quello della basilica della Santissima Immacolata di Merate. Sul retro si trova l'abside. Le volte all'interno sono a costoloni a sezione torica che convergono verso il tiburio. Chiappetta ripropose l'amato gotico nelle cappelle realizzate presso il cimitero monumentale di Milano: cappelle Campiglio (oggi Garavoglia) e Zanoletti.



Figura 2.65:
S. M. Chiappetta, Cappella Chiappetta.
Cimitero di Imberigo. Foto di F. Galli.



Figura 2.66:
S. M. Chiappetta, Cappella Campiglio.
Cimitero Monumentale di Milano.
Foto di F. Galli.

Dopo il breve excursus sulla figura e l'opera di Chiappetta si vuole concludere con le parole di Maria Antonietta Crippa, anche se paiono, in parte, ingenerose: "Uomo non dotato di grande genio, ma di una certa sensibilità estetica e di grande e generosa dedizione all'architettura sacra C. ha lasciato un patrimonio di chiese e di progetti, tale, per vastità e quantità, da doversi considerare frammento di un certo rilievo nel quadro storico-critico dell'età tra fine Ottocento ed inizi del Novecento ancora da comporre nella sua globalità.¹⁴"

¹⁴ M.A. Crippa, *Chiappetta, Spirito Maria*, in *Dizionario della Chiesa ambrosiana*, II, Milano, NED, 1988, p. 805

I RILIEVI

Metodo di lavoro

Il lotto di progetto, come già visto, si trova a nord del complesso storico di Merate, situato sulla collina del Subaglio. Esso è circondato dal parco comunale "Il Cannocchiale" ad ovest, a sud ed est da proprietà private e a nord dal cimitero e dal parcheggio di quest'ultimo.

La sua ubicazione si trova in un'area poco trafficata servita da due strade secondarie e da una pista ciclo-pedonale che segue la via Antonio Baslini che costeggia il complesso ad ovest.

Al fine di recuperare e consolidare l'immobile ormai fatiscente, è stato indispensabile procedere allo studio e all'analisi dello stato di fatto della struttura, in modo tale da poter anche comprendere al meglio le tipologie di interventi di rinforzo strutturale da effettuare nella fase progettuale.

A causa dello stato in cui verte il fabbricato, il Comune di Merate ha ritenuto impossibile rilasciare permessi per effettuare rilievi e sopralluoghi nel lotto, quindi per i rilievi geometrici e materici interni si fa riferimento a quelli effettuati nel 1994 dall'architetto Paolo Gatti e a quelli del 1998 effettuati dalle studentesse Ilaria Pesce e Rurali Teresa nella tesi in architettura dal titolo: "Il restauro dell'Oratorio della SS. Immacolata a Merate, da neogotico incompiuto ad involucro per un piccolo teatro." ¹

Per il rilievo materico e del degrado dei prospetti esterni è stato possibile avvalersi dell'ausilio di un drone che ha permesso l'avvicinamento alla struttura.

L'obiettivo dell'intervento sarà riportare la struttura al suo antico splendore grazie allo studio attento e dettagliato della struttura, dei materiali e del degrado proponendo nelle schede del degrado, oltre alla diagnosi, interventi nel rispetto della struttura e della sua storia.

E' stato quindi possibile, mediante le indagini visive e fotografiche, il rilievo geometrico e materico e le indagini storiche, realizzare un'analisi dal punto di vista tecnologico e costruttivo. Sono state redatte delle schede del rilievo del degrado che hanno permesso la catalogazione delle anomalie presenti nell'edificio oggetto di intervento attraverso delle schede (precedentemente citate).

¹ Ilaria Pesce, Rurali Teresa, *Il restauro dell'Oratorio della SS. Immacolata a Merate, da neogotico incompiuto ad involucro per un piccolo teatro*, tesi di laurea presso la facoltà di architettura del Politecnico di Milano, anno accademico 1998-1999, relatore Prof. Andrea Bruno, Arch. Gionata Rizzi.

Rilievi geometrici

L'area di intervento è costituita da 5006.89 m² compresa l'area della recinzione esterna. All'interno si trova la chiesa di 662.10 m² e due corpi di 17.62 m² difficilmente visibili a causa della vegetazione.

L'ingresso al lotto avviene dal versante nord attraverso un cancello di 4 metri, si attraversa l'ampio giardino antistante per più di 300 metri fino a giungere alla chiesa.

L'immobile si sviluppa su tre piani: interrato, pian terreno e primo piano. Si riportano di seguito le piante dei diversi livelli.

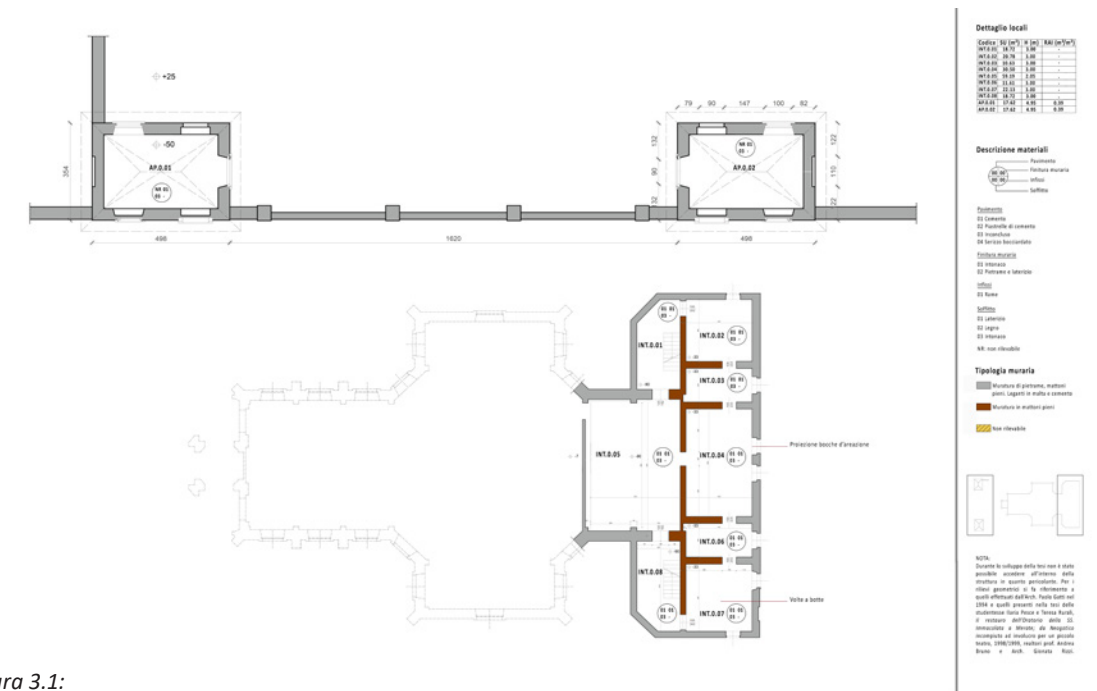


Figura 3.1:
Rilievo geometrico dell'interrato e dei corpi accessori. Scala 1:200.

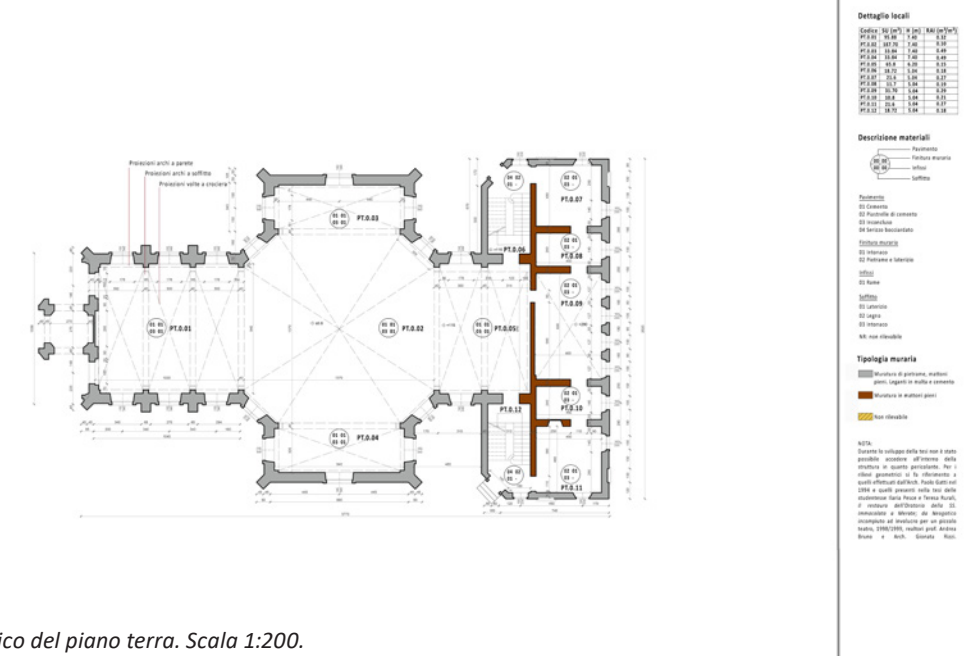


Figura 3.2:
Rilievo geometrico del piano terra. Scala 1:200.

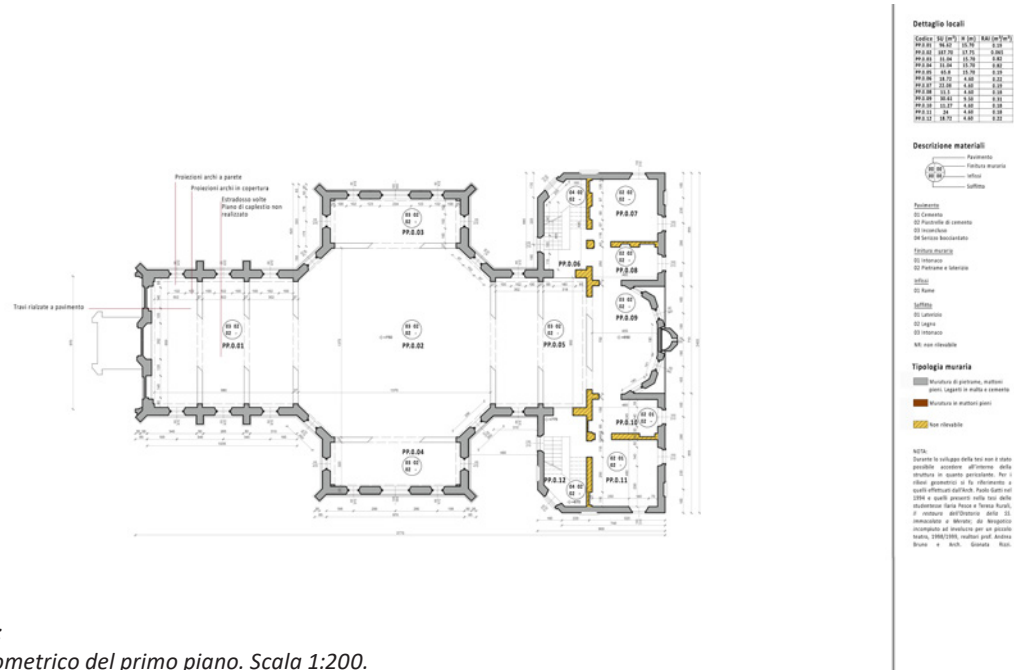


Figura 3.3:
Rilievo geometrico del primo piano. Scala 1:200.

Inoltre nelle piante, per ogni locale viene riportata la metratura nonchè il rapporto RAI. Vengono inserite delle sigle che permettono di mappare l'intero immobile con la tipologia di materiale o di finitura presente per la pavimentazione, per le chiusure verticali, orizzontali e per gli infissi. Viene investigata anche la tipologia muraria. Dove non è stato possibile effettuare i rilievi stando alla documentazione ottenuta è stato chiaramente espresso.

Indagini fotografiche e fotogrammetriche

La fotografia, a causa dell'impossibilità nell'accedere all'edificio, ha ricoperto una funzione basilare. Infatti, ha permesso di comprendere in modo più approfondito la conformazione della struttura e ha permesso un'attenta analisi del degrado.

L'indagine fotografica, avvenuta grazie al materiale fornito da un esperto, ha permesso di analizzare l'edificio dall'esterno e parte degli spazi interni del primo piano solo grazie a degli squarci presenti sulla copertura. Tutto il materiale raccolto è stato utilizzato per redigere un abaco dei materiali, del degrado, nonchè le tavole e le schede del degrado.



Figura 3.4:
Foto aerea della copertura dell'immobile. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Figura 3.5:
Foto raddrizzamento della facciata nord, foto dell'autrice



Figura 3.6:
Vista attraverso il cedimento della copertura del primo piano. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Figura 3.7:
Vista aerea del corpo retrostante esposto a nord. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Figura 3.8:
Vista attraverso il cedimento della copertura ad ovest dell'interno. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Figura 3.9:
Facciata nord-ovest del complesso. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Figura 3.10:
Facciata nord-est del complesso. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Figura 3.11 - 3.12:
Facciata sud e facciata est dell'immobile. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020

Descrizione dell'edificio

Fondazioni:

Le fondazioni non sono visibili, necessiterebbero un'analisi non distruttiva con apposite strumentazioni. Dalle analisi delle stanze sotterranee del corpo accessorio, si deduce che le numerose murature in pietra si possano inserire in modo lineare nelle fondazioni rimanendo fedeli ad uno schema costruttivo tipico dell'epoca, quello con una svasatura tronco-piramidale².

Murature perimetrali portanti:

Com'è stato descritto nel capitolato d'appalto, i materiali che costituiscono le murature perimetrali e i contrafforti sono, per la maggior parte, pietre e mattoni, legati fra loro da malta e cemento. La regolarità delle facciate nord e sud è dovuta dall'intervallarsi, ogni 50 cm, da 3 serie di mattoni pieni a pietrame di diverse dimensioni, uniti fra loro da legante di buona qualità. E' assente lo strato di finitura di intonaco che avrebbe dovuto caratterizzare il rivestimento esterno della chiesa, esso compare timidamente in una piccola parte ad est dell'edificio.



Figura 3.13:
Particolare della facciata est rivestita parzialmente con intonaco. Foto IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020.



Figura 3.14:
Particolare dell'edificio dove è visibile la composizione materica muraria. Foto dell' Arch Paolo Gatti, 1994.

Le finestre del piano terreno, presenti su queste facciate sono decorate con elementi sagomati di contorno prefabbricati in cemento e graniglia, mentre le volte ad arco acuto e le mazzette sono in mattoni pieni. Spostandosi al primo piano, sono presenti davanzali sagomati in cemento e graniglia, mazzette e le volte sempre ad arco ribassato e sempre in mattoni. Le finestre, sia del corpo centrale che dei corpi accessori, non sono dotate di serramenti e alcune di esse sono addirittura murate, o con mattoni o con cemento o con assi di legno. In tutto l'edificio sono presenti fregi tipicamente della tradizione romanica, per esempio gli archetti pensili in mattoni pieni che contornano i timpani e tutte le gronde dell'edificio. Elementi tipici esclusivamente dei prospetti longitudinali sono i contrafforti a salienti a risega che rinforzano strutturalmente l'edificio e si trovano ubicati diagonalmente negli spigoli ed ortogonalmente lungo la navata principale, sia internamente che esternamente all'edificio. Esternamente la loro sporgenza è di 80/70 cm per il piano terreno, mentre al primo piano è di 60/50 cm e essi raggiungono il livello della copertura con uno spessore che varia dai 70 ai 50 cm.

La facciata ovest risulta incompleta in quanto avrebbe dovuto ospitare un corpo accessorio che si sarebbe appoggiato al quadriportico esistente, le due rampe di accesso simmetriche e il campanile. È presente una fascia centrale costituita da soli mattoni che avrebbero aiutato l'ancoraggio del campanile alla facciata.

Spostandosi lateralmente alla facciata, si va a ristabilire la costituzione presente sui due prospetti longitudinali. Sono presenti numerose finestre murate con mattoni, mentre quelle del piano inferiore sono dotate di serramenti. Le tipologie di aperture si ripetono come per le facciate nord e sud.



Figura 3.15:
Particolare delle finestre del piano terra, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994



Figura 3.16:
Particolare delle finestre del primo piano, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994



Figura 3.17:
La facciata ovest, foto IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020

Nella facciata retrostante, l'abside si distingue poiché è costruito prevalentemente in mattoni pieni, mentre la restante parte dell'edificio presenta l'alternanza di mattoni e pietre come già descritto. Le finestre sono ad arco acuto o ribassato e presentano volte in mattoni pieni da quattro teste a vista. Lo spessore delle murature è di 45/48 cm ed aumenta in corrispondenza dei locali sotterranei portandole ad essere spesse da 52 a 55 cm. Il corpo principale, al piano terreno è caratterizzato da spessori di 70/72 cm per le facciate a nord e sud, mentre la facciata ad ovest è costituita da murature di 62/65 cm.



Figura 3.18:
Particolare del corpo accessorio esposto a nord,
foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994



Figura 3.19:
Vista sud-est del complesso. In evidenza in corpi accessori retrostanti e l'abside. Foto di IMS Droni: Alessio Villa,
novembre 2020

Muri interni e solai dei corpi accessori:

Come descritto precedentemente, i muri sono caratterizzati da uno spessore di 50/52 cm per il piano interrato e di 40/42 cm per il primo piano. In entrambi i casi, la muratura svolge un ruolo portante, non secondario rispetto a quelle esterne. Nel blocco più a nord, sono completamente crollati i solai del pian terreno e del primo piano insieme al solaio del sottotetto. Il solaio del pian terreno è costituito da volte ribassate che poggiano sui muri portanti del sottoterraneo che sono state costruite con mattoni forati con al loro interno l'inserzione di corsi di mattoni pieni di spessore di 12 cm. Lo strato di finitura è in piastrelle di cemento.

Nei corpi accessori del blocco a sud est sono ancora presenti, seppure in condizioni disastrose, i solai.



Figura 3.20:
Vista aereo della parte completamente crollata. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020

Il solaio del primo piano si divide in due tipologie: la prima la si trova per il vano centrale sotto l'abside, con una volta ribassata a botte costituita da mattoni forati, la seconda tipologia caratterizza i restanti locali ed è un solaio in legno a travetti squadrati di dimensioni 15 cm x 12 cm con un intervallo ogni 50 cm, assito in legno, sottofondo e piastrelle sempre in cemento.

Il solaio del sottotetto è costituito sempre da elementi lignei: travetti squadrati di dimensione di 12 x 10 cm intervallati ogni 50 cm con una perlinatura di collegamento.

Elementi di collegamento verticale

All'interno dei corpi accessori sono presenti due rampe di scale completamente simmetriche che collegano l'esterno dei prospetti nord e sud dell'edificio alle sale esposte a levante del primo piano, oltre che al primo piano della chiesa. I pianerottoli delle due scale si trovano ad una quota di +2.75 m e collegano i diversi livelli dell'edificio: il piano terreno a quota +1.06 e 0.00 m per la faccia nord e sud, il seminterrato ad una quota di -0.90 m. Con una salita a 3 rampe si raggiunge il primo piano che è ubicato ad una quota di 7.80 m. I gradini, così come i pianerottoli, da progetto sarebbero dovuti essere realizzati in bevola bianca, ma risultano essere in lastre di serizzo bocciardato di spessore variabile da 6 a 7 cm con una testata lavorata a toro di 8 cm di spessore e una luce netta di 1.30 m. I gradini sono a sbalzo rispetto ai muri perimetrali con un incastro di circa 15 cm, l'alzata è di 16 cm ed è tamponata con un sottogradino in mattoni pieni di costa. Anche il pianerottolo di accesso è in cemento di bocciardato di spessore di 16 cm, con una struttura costituita da profilati in ferro e volte in mattoni sia pieni e che forati.

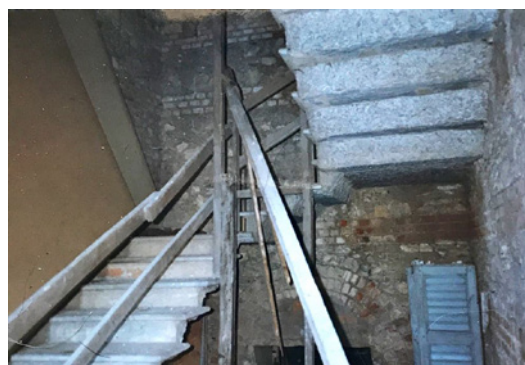


Figura 3.21:
Vista interna delle scale in serizzo bocciardato. Foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994



Figura 3.22:
Vista interna delle scale ormai crollate. Foto dell'Ing. Lorenzo Jurina, 2011.



Figura 3.23:
Vista sulle scale, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020

I solai dell'oratorio e della chiesa

Gli spazi dell'oratorio e della chiesa sono divisi da un solaio che è caratterizzato da volte a crociera e raggiera che scaricano il peso sulla muratura perimetrale e, in modo parziale, sugli archivolti in mattoni pieni.

La pianta della volta principale è un quadrato con gli angoli smussati a 45°, quindi, un ottagono con i lati ad alternanza disuguali di dimensioni di 3 metri e 9.50 m, la cui massima distanza fra ogni lato contrapposto è di 16.30 m. Si va così a definire una volta a raggiera.

Sono state inserite delle lunette ad una distanza di 3 metri dai muri, sulle direttrici che collegano i lati dell'ottagono in cui è inscritta la volta. Le lunette sono realizzate in mattoni pieni e hanno un preciso scopo strutturale, ovvero quello di scaricare le forze lateralmente e di rinforzare la volta stessa.

I restanti 4 lati che coincidono con l'intersezione della navata con il transetto, sono caratterizzati da archivolti portanti di 8.80 metri di lunghezza. Quest'ultimi hanno uno spessore di 35 cm generato da mattoni pieni e sono impostati sui contrafforti interni della muratura, mentre sotto le volte sono ribassati di circa 30 cm, con un'espansione a sesto semiellittica (corda 8.20 m e freccia 2.40 m).

Si differenziano da quest'ultime le volte della navata e del transetto che sono di tipo ribassato a botte o crociera con luci nettamente ridotte, 3.05-3.20m, sulle murature esterne e più sostanziali sugli archivolti (8.75m).

I materiali con cui sono eseguite le volte sono mattoni forati in costa di spessore di 12 cm nel punto più alto. Lungo i loro bordi è presente un materiale stabilizzante, un materiale inerte arricchito da detriti che fa variare lo spessore delle volte in funzione della quantità con cui è stato applicato ovvero da 20 cm a 150 cm.



Figura 3.24:
Particolare delle volte cedute del primo piano, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994



Figura 3.25:
Il primo piano, foto dell'Ing. Lorenzo Jurina, 2011



Figura 3.26:
Il piano terra, foto di Pesce Ilaria e Rurali Serena, 1998



Figura 3.27:
Il piano terra, autore e data sconosciuti

Copertura e tetto

Per comprendere al meglio le diverse tipologie di coperture che sono presenti sulla chiesa, è necessario soffermarsi sulla planimetria dell'edificio. Il piano della chiesa è costituito da una pianta a croce latina, con i bracci del transetto di dimensione nettamente ridotta rispetto a quelli della navata principale. I corpi laterali sono caratterizzati da una forma lineare e l'abside ha una forma poligonale.

Si vanno così definendo 4 tipologie di copertura: piramidale, a capanna, semi piramidale e a falde. La prima si trova sull'ottagono della parte centrale della chiesa, la seconda caratterizza la navata principale oltre che i bracci del transetto, la terza si trova sull'abside e la quarta è presente sui corpi accessori e minori.

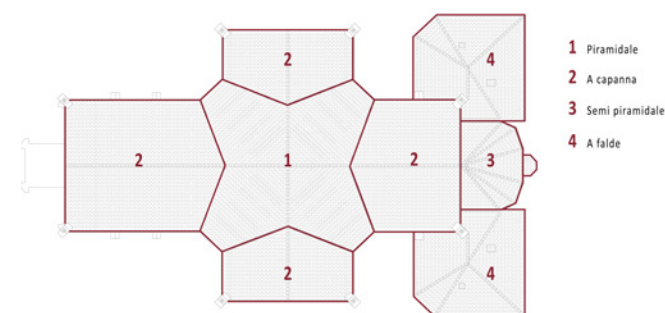


Figura 3.28: schema delle diverse tipologie di coperture

La navata e il transetto sono caratterizzati da travi di colmo che poggiano su pilastri di dimensione 35 x 80 cm e costituiti da mattoni pieni. I pilastri, a loro volta, sono sostenuti dagli archivolti e dai muri di testata (timpani). Come i pilastri, gli archivolti sono stati costruiti con mattoni pieni, si stagliano con arco a sesto leggermente acuto (corda 8.70 m e freccia 6.00 m), una sezione di colmo di 35/25 cm per un'altezza di 50 cm e scarica i carichi sui muri perimetrali in corrispondenza dei contrafforti. L'aumento della sezione degli archivolti è dovuto al fatto che in questo modo possono contrastare le spinte orizzontali e per consentire ciò è stato realizzato l'aumento della sezione fino alla metà della loro altezza.

La muratura, come quella dei prospetti, è caratterizzata da pietre e mattoni di spessore di 25 cm, concluse con estradosso sottostante di 20 cm a quello degli archivolti.

Un elemento innovativo presente all'interno degli archivolti, nello specifico nel lembo inferiore del vertice, è un tirante orizzontale in ferro che collega solidamente l'archivolto alla muratura.



Figura 3.29 - 3.30 : gli archivolti, foto di Pesce Ilaria e Rurali Teresa, 1998
foto e autore sconosciuti

Effettuando l'analisi degli elementi lignei della copertura si nota che, perpendicolari al colmo del tetto, sono presenti puntoni lignei di sezione 25 x 30 che offrono sostegno alle terzere parallele al colmo, ai travetti e ai listelli che a loro volta sorreggono le tegole. I puntoni si innestano sugli spigoli dell'ottagono centrale, sui muri di intersezione tra la navata e il transetto e sulla mezzeria della muratura dei 4 lati della figura geometrica ed aiutano a sorreggere un'orditura a fulcro centrale.

Le due capriate incrociate in mezzeria creano la cuspide piramidale, con i tiranti a livello e proseguimento dei colmi. L'orditura è analoga a quella descritta precedentemente.

Il monaco centrale, insieme ai puntoni delle capriate, ha una dimensione di 25 x 25 cm. I tiranti sono costituiti da travi di sezione sempre di 25 x 25 cm, si intersecano in mezzeria e sono collegati poi ai 4 puntoni.



Figura 3.31 : l'intelaiatura e la capriata centrale, foto di Pesce Ilaria e Rurali Teresa, 1998

Successivamente sono poi posizionati, in modo diagonale alle capriate, 2 serie di tiranti, una ubicata 1 metro sotto al livello dei colmi e l'altra a metà strada fra i colmi e la cuspide. Essi sono caratterizzati da una sezione di 10 (5+5) x 25 cm e 5x20 cm e sono formati da una doppia tavola di costa. Tutti questi elementi terminano in un fulcro centrale rinforzato da un massiccio massello in legno, da cui, a loro volta, si diramano altri rompitratta diagonali costituiti da tavoloni di costa. Più in basso, circa al livello di imposta delle murature, gli stessi puntoni mediani a 45° sono uniti con due tiranti metallici.

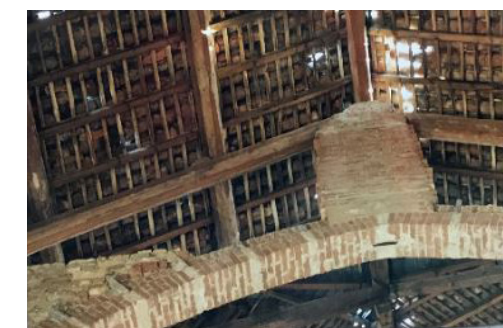


Figura 3.32:
L'intelaiatura e i tiranti metallici, foto dell'Arch.
Paolo Gatti, 1994



Figura 3.33-3.34 : l'intelaiatura e il tirante, foto dell'Arch. Paolo Gatti 1994
la copertura lignea e gli archivolti, foto di Pesce Ilaria e Rurali Teresa, 1998

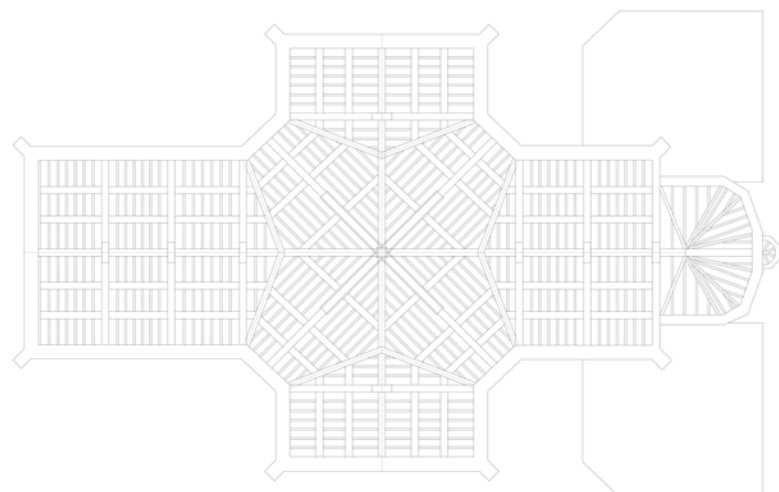


Figura 3.35: l'intelaiatura lignea stando ai rilievi del 1994

La copertura dell'abside è caratterizzata da un'orditura in travetti che poggiano sulla muratura e che confluiscono in un punto centrale a distanza di circa 1 metro dal timpano. Il nodo centrale è sorretto da un pilastro in legno che a sua volta sorregge una singola trave della sezione 25 x 25 cm che collega il punto più esterno della muratura dell'abside alla muratura della navata. Travicelli paralleli e listelli trasversali, che sorreggono le tegole, completano l'orditura.

La copertura a falda dei corpi accessori è composta da travi di colmo che poggiano sui muri portanti, con un'orditura secondaria e una copertura come è stato già descritto per il volume principale.

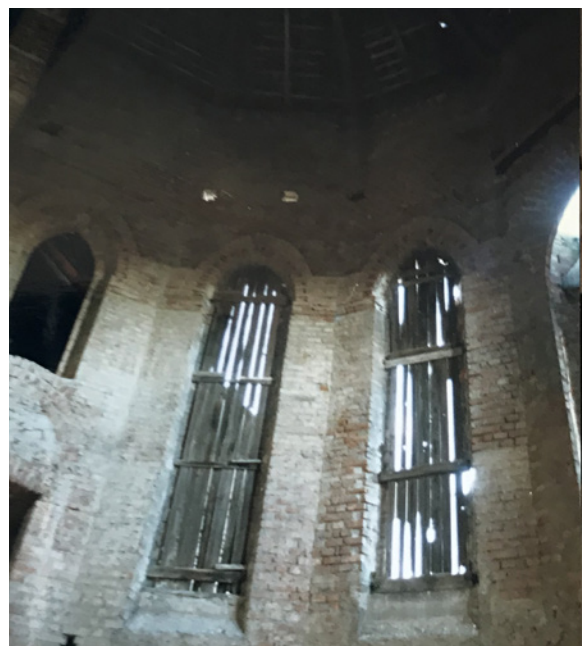


Figura 3.36: l'abside, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994

Pinnacoli

Sull'estremità dei contrafforti diagonali, si erigono dei pinnacoli prefabbricati in cemento e graniglia leggermente armati con un'altezza approssimativamente di 4 m.

Figura 3.37: uno dei pinnacoli esposto a sud, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020



Corpi accessori esterni che si affacciano su Via Baslini

Sono due corpi simmetrici di dimensioni ridotte sul lato occidentale del lotto e che confinano con via Baslini. Avrebbero dovuto essere collegati al primo piano della chiesa con delle rampe simmetriche che non sono mai state realizzate. Murature portanti di spessore di 40 cm circa, composte da pietre e mattoni pieni ed intonacate internamente ed esternamente. I due corpi sono in completa continuità con il muro che è stato pensato con le medesime caratteristiche dei due volumi. La copertura è in laterizio ed è caratterizzata da volte a crociera. Il tetto è in legno con tegole di laterizio in copertura.



Figura 3.38: una delle poche parti visibili dei corpi accessori di Via Baslini, foto dell'autrice, novembre 2020

Rilievo materico

Se il rilievo geometrico ha permesso la conoscenza dimensionale del fabbricato, quello materico consente di comprendere i diversi materiali con cui l'edificio è stato costruito. Quest'indagine permette di studiare e comprendere a fondo la tipologia e le caratteristiche materiche dell'edificio, con particolare attenzione agli allineamenti, ai diversi spessori murari, alle eventuali anomalie dei materiali che lo compongono e alle variazioni del loro aspetto.

Il rilievo materico è stato possibile, anche in questo caso, grazie all'uso di un drone per la parte esterna, mentre per la parte interna, grazie alla consultazione sia della relazione tecnica sia della tesi precedentemente citate sia grazie alle foto gentilmente fornite dall'Arch. Paolo Gatti. In caso di mancate informazioni o mancato materiale è stata attribuita la sigla NR (non rilevabile) sugli elaborati.

Essendo la struttura incompiuta, i materiali presenti sono pochi e ripetitivi. I materiali che predominano sono i laterizi in facciata (sugli alzati interni e sull'abside, sia esternamente che internamente), pietre di diversa natura e dimensione, le tegole in laterizio in copertura e il legno per le intelaiature delle coperture. Al piano terra si trova in modo significativo l'intonaco come rivestimento, anche se ci si immagina che sia in uno stato pessimo.

Nella restituzione grafica sono stati riportati i materiali di cui è costituito l'edificio e la tipologia di elemento tecnico a cui è riferito. Questo permette una lettura più chiara e immediata degli elementi che sono presenti.



Figura 3.39: l'abaco dei materiali

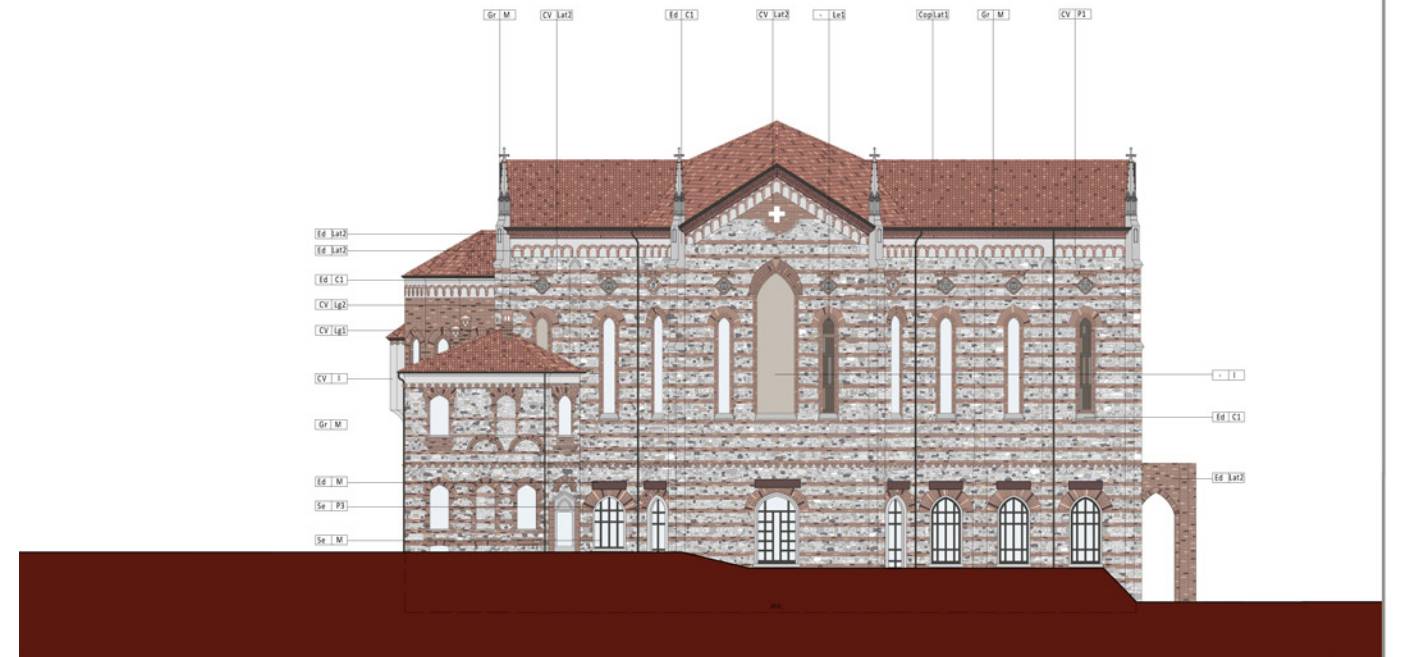


Figura 3.40: prospetto materico nord, scala 1:200

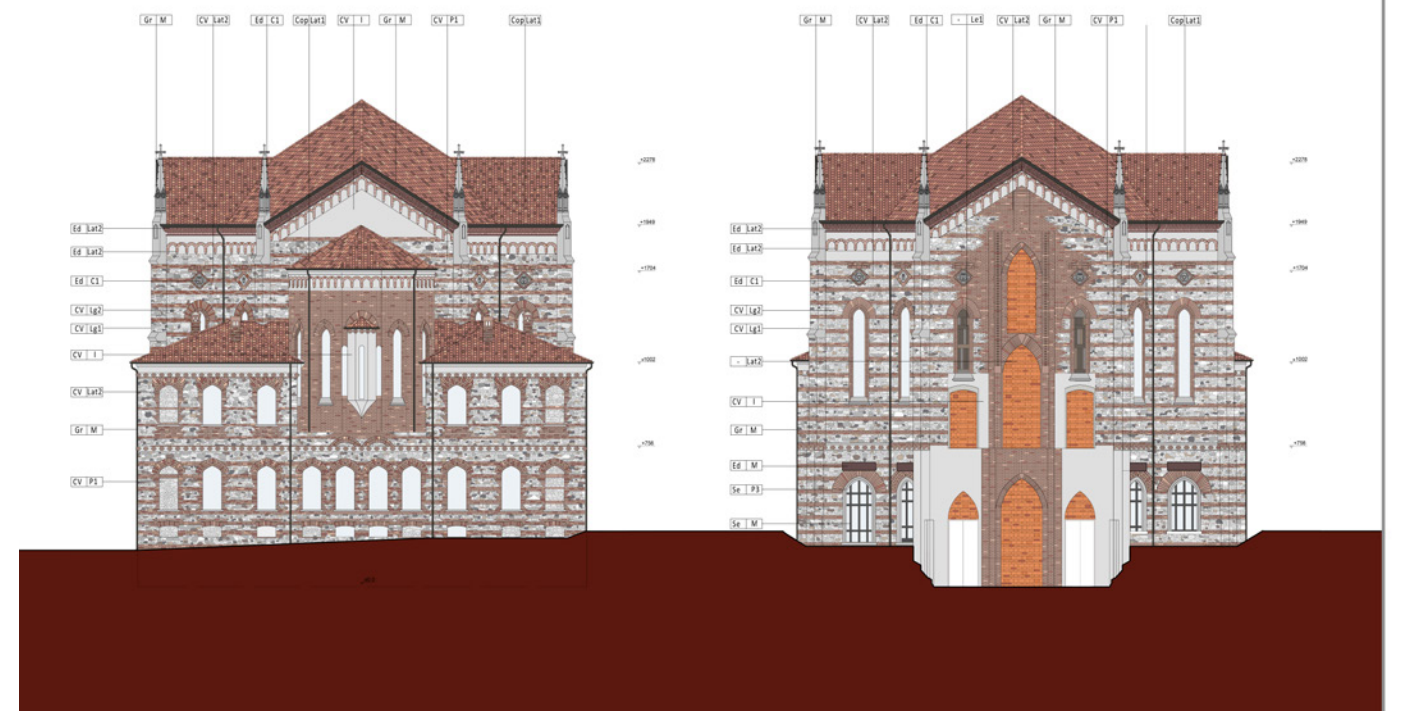


Figura 3.41: prospetto materico est e ovest, scala 1:200

Legenda degli elementi tecnici

- Chiusura verticale (CV)
- Chiusura orizzontale (CO)
- Copertura (COP)
- Serramento (SR)
- Gronda e pluviali (GR)
- Partizione verticale (PV)
- Scala (SC)
- Elementi strutturali (EL)
- Elementi decorativi (ED)

Materiale (M)

Descrizione elemento tecnico

Legenda dei materiali

- Laterizio (Lat1, Lat2)
- Cotto (C)
- Blocchi pieni (B)
- Cemento (C1, C2)
- Piastrelle (P)
- Materiali lapidei (Pietrame, Serizzo bocciardato, Graniglia)
- Intonaco (I)
- Leganti (Malta di calce, Cemento)
- Metalli (Rame)
- Legno (Legno tamponamenti, Orditura lignea)

Legenda degli elementi tecnici

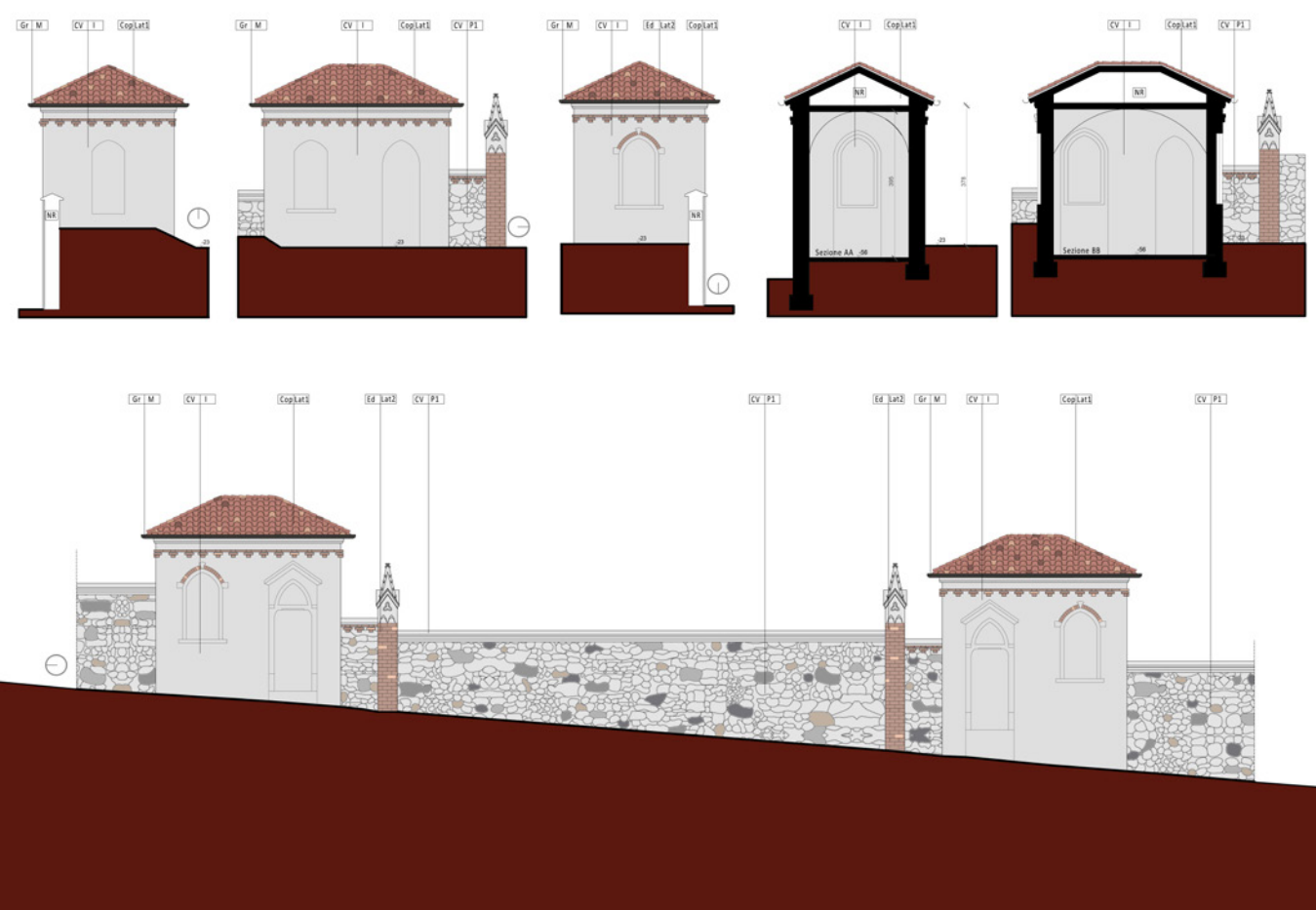
- Chiusura verticale (CV)
- Chiusura orizzontale (CO)
- Copertura (COP)
- Serramento (SR)
- Gronda e pluviali (GR)
- Partizione verticale (PV)
- Scala (SC)
- Elementi strutturali (EL)
- Elementi decorativi (ED)

Materiale (M)

Descrizione elemento tecnico

Legenda dei materiali

- Laterizio (Lat1, Lat2)
- Cotto (C)
- Blocchi pieni (B)
- Cemento (C1, C2)
- Piastrelle (P)
- Materiali lapidei (Pietrame, Serizzo bocciardato, Graniglia)
- Intonaco (I)
- Leganti (Malta di calce, Cemento)
- Metalli (Rame)
- Legno (Legno tamponamenti, Orditura lignea)



Legenda degli elementi tecnici

- Chiusura verticale CV
- Chiusura orizzontale CO
- Copertura CO
- Serramento SA
- Grande e piccoli GR
- Partizione verticale PV
- Scala SC
- Elementi strutturali ES
- Elementi decorativi ED

Materiale

EG | C1

Descrizione elemento tecnico

Legenda dei materiali

Laterizio

- Cotto Lr1
- Blocchi pieni Lr2

Cemento

- Cemento C1
- Piastrelle C2

Materiali lapidei

- Pietrame P1
- Serizzo S1
- Serizzo bicchierato S2
- Granglia P3
- Intonaco I

Leganti

- Malta di calce Lr1
- Cemento Lr2

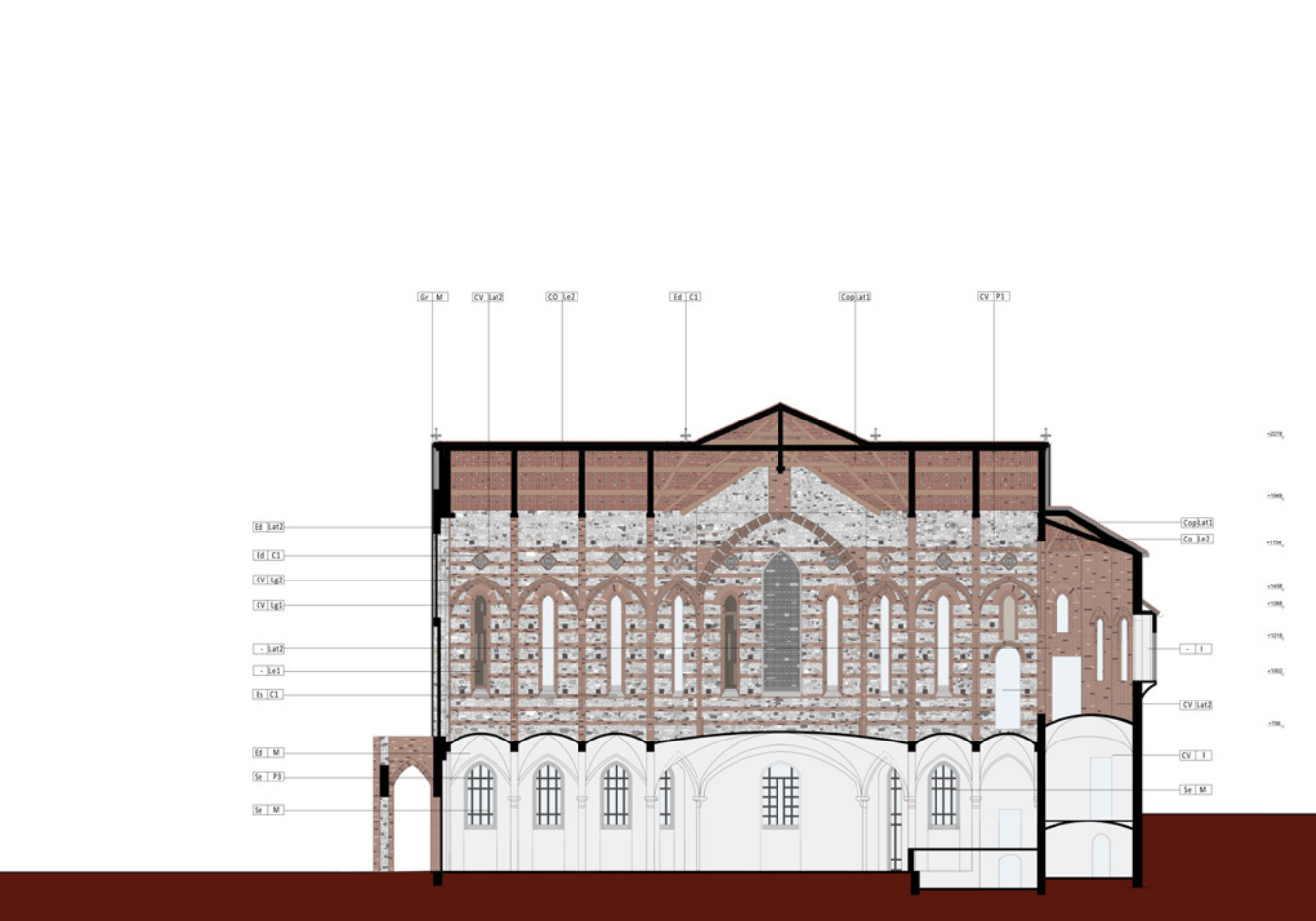
Metalli

- Rame M

Legno

- Legno tamponamenti Lr1
- Orditura lignea Lr2

Figura 3.42: prospetto materico dei corpi accessori di Via Baslini, scala 1:100



Legenda degli elementi tecnici

- Chiusura verticale CV
- Chiusura orizzontale CO
- Copertura CO
- Serramento SA
- Grande e piccoli GR
- Partizione verticale PV
- Scala SC
- Elementi strutturali ES
- Elementi decorativi ED

Materiale

EG | C1

Descrizione elemento tecnico

Legenda dei materiali

Laterizio

- Cotto Lr1
- Blocchi pieni Lr2

Cemento

- Cemento C1
- Piastrelle C2

Materiali lapidei

- Pietrame P1
- Serizzo S1
- Serizzo bicchierato S2
- Granglia P3
- Intonaco I

Leganti

- Malta di calce Lr1
- Cemento Lr2

Metalli

- Rame M

Legno

- Legno tamponamenti Lr1
- Orditura lignea Lr2

Figura 3.43: sezione materica nord, scala 1:200

Rilievo del degrado

Il rilievo del degrado consiste nell'analizzare e rendere graficamente lo stato di degrado in cui si trova l'edificio. Questa tipologia di rilievo permette di valutare le criticità e le effettive condizioni dell'immobile in modo tale da poter analizzare e valutare al meglio gli interventi da effettuare. L'analisi dei degradi è stata affrontata andando ad individuare tutti i fenomeni presenti. Una volta raccolte le informazioni, per ogni tipologia di degrado è stata redatta una scheda riportando quale fosse la classe, l'unità e la tipologia tecnologica interessata, le cause possibili, le soluzioni e gli interventi applicabili. Per individuare i fenomeni si è fatto riferimento, dove possibile, alla normativa UNI Normale 1182-2006.

Il rilievo del degrado è avvenuto in tre fasi. La prima è stata quella di studio e di analisi attento della struttura. La seconda ha portato ad una restituzione grafica di tutte le tipologie di degrado che sono presenti ed infine, per ognuna di esse, è stata redatta una scheda del degrado dettagliata, dove sono state analizzate le ipotetiche cause e le azioni aggravanti che hanno portato la struttura in questa condizione.

Le cause che hanno portato all'attuale stato di degrado dell'immobile sono la mancanza di manutenzione da parte dell'Ente possessore e la presenza di una falda acquifera nella parte ovest dell'edificio che, già in passato, aveva causato l'entrata di acqua nei locali sotterranei.

Infine la folta vegetazione presente nel lotto non ha permesso di analizzare le condizioni della muratura esterna.

Per permettere una lettura chiara e immediata, ad ogni degrado è stato assegnato un colore, un retino o un simbolo e una codice.

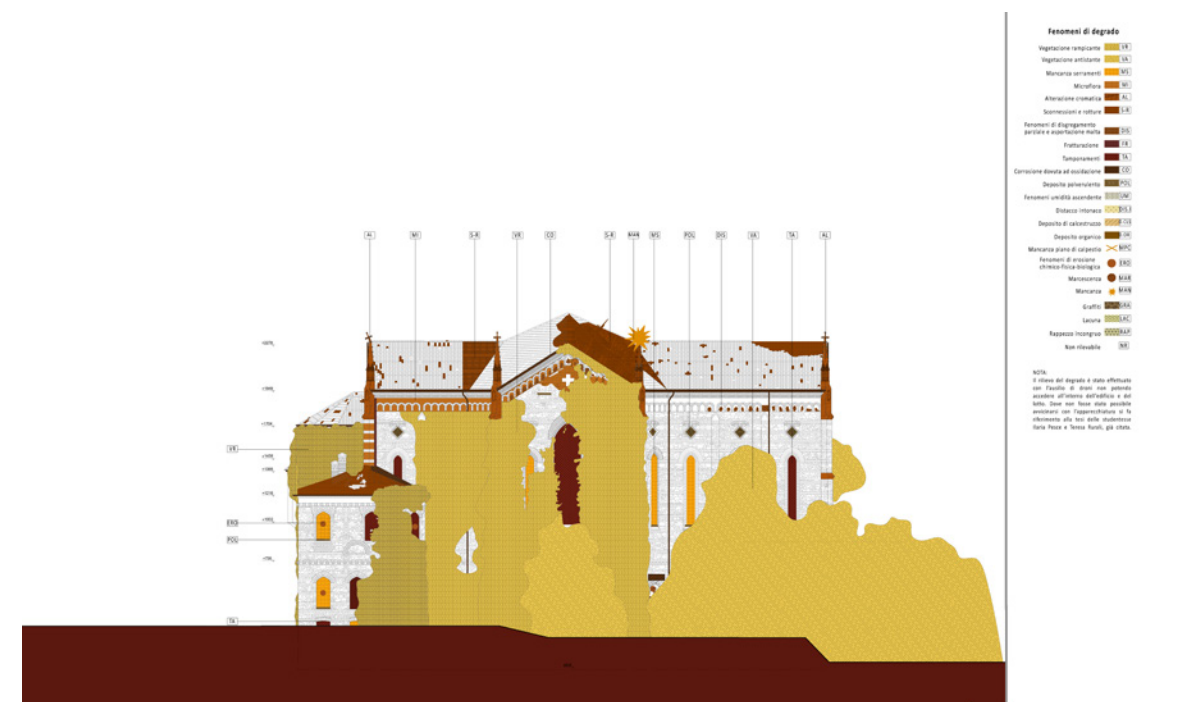


Figura 3.44: rilievo del degrado, prospetto nord, scala 1:200



Figura 3.45: abaco del degrado

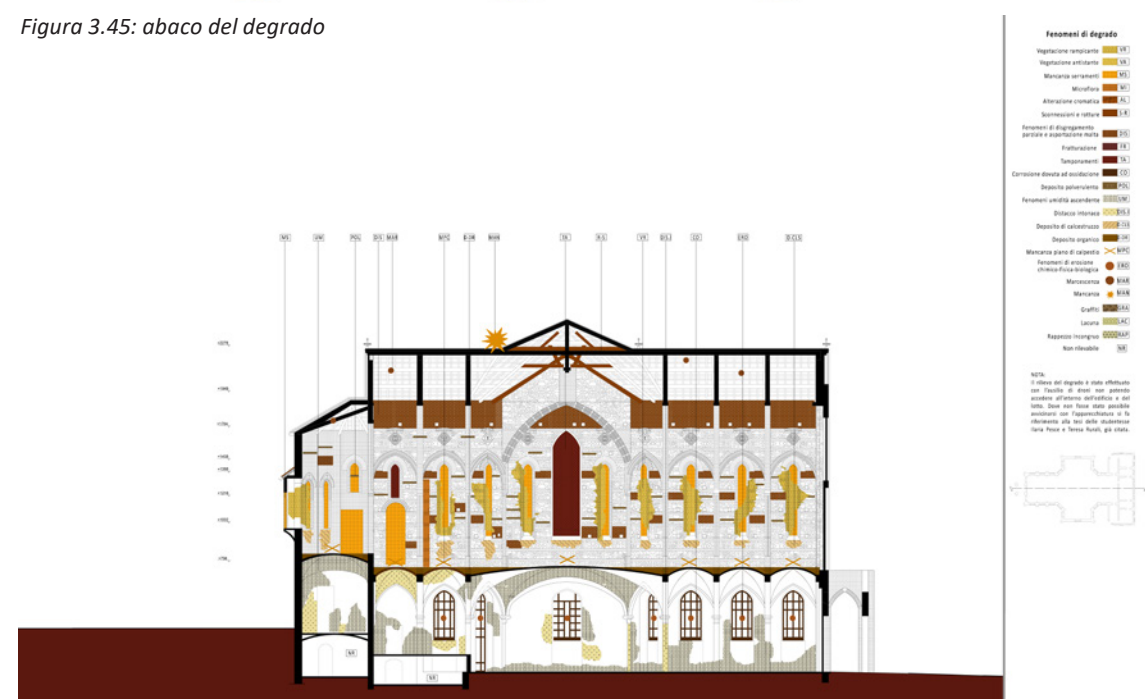


Figura 3.46: rilievo del degrado, sezione sud, scala 1:200

Rilievo tecnologico

Le murature portanti di tutto l'edificio sono caratterizzate da l'unione di mattoni in laterizio con pietrame e leganti in malta di calce e cemento. Le dimensioni delle chiusure verticali variano in base al piano e al versante a cui appartengono.

Le stratigrafie proposte, purtroppo, sono molto semplici e incompiute. Dove non è stato possibile capire e comprendere la tipologia di pacchetto tecnologico, a causa di un crollo o perchè presente in un ambiente interno, si è fatto ricorso alla relazione tecnica precedentemente citata.

Sono state ricostruite tutte le stratigrafie presenti nella relazione del 1994, ipotizzando lo spessore del sottofondo di 10 cm perchè non specificato.

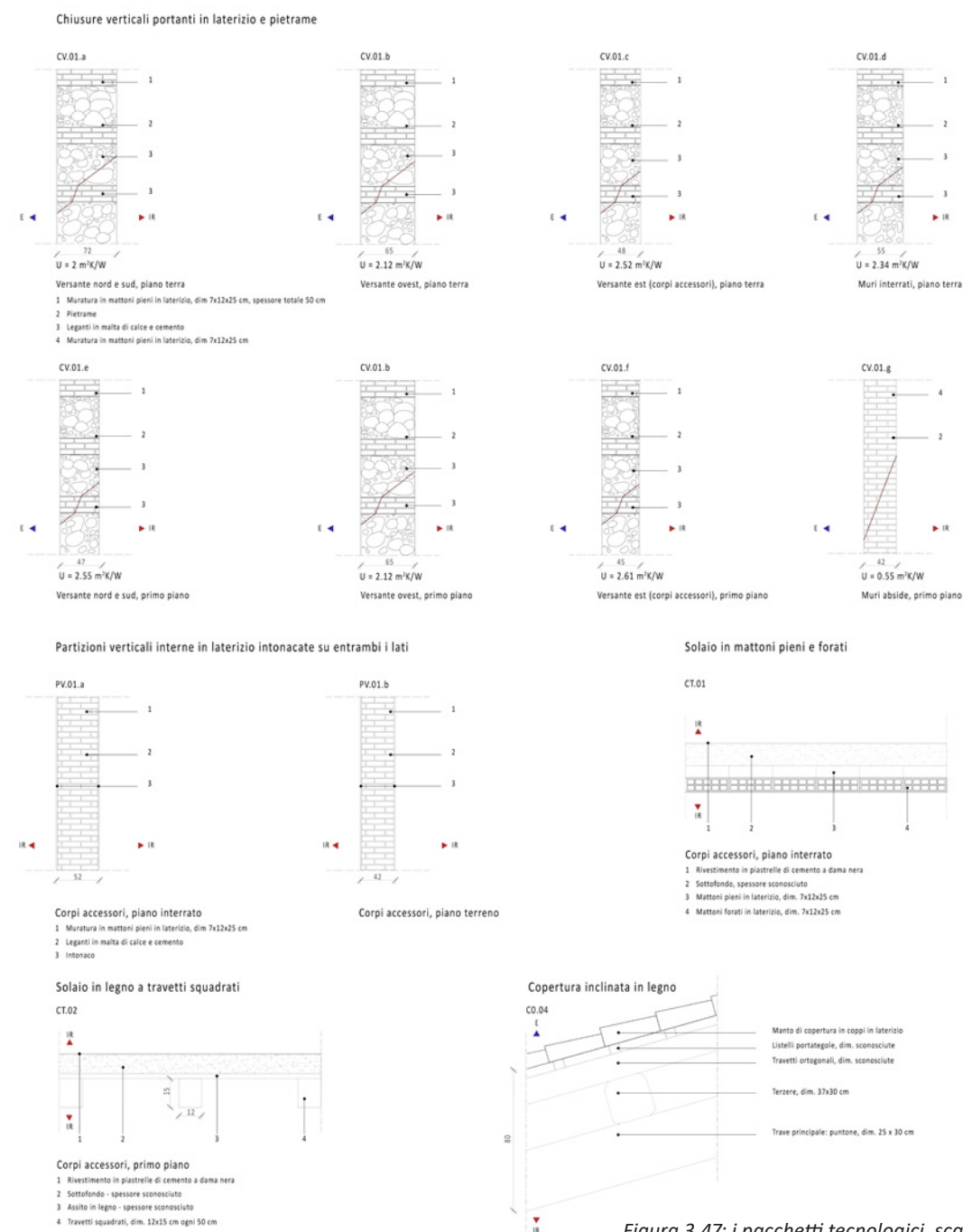


Figura 3.47: i pacchetti tecnologici, scala 1:10

IL PROGETTO
ARCHITETTONICO

L' Area Polifunzionale Spirito Chiappetta

Il recupero e il restauro sono due discipline che si occupano di intervenire sul patrimonio architettonico esistente, entrambe partono dalle condizioni iniziali dell'immobile da cui poi si dirama l'azione progettuale.

La differenza sostanziale risiede nel trattamento dell'edificio che, nel caso del restauro, verrebbe tutelato con il fine di mantenere la sua integrità e la conservazione dei valori culturali, mentre nel recupero si interviene sulle caratteristiche dell'immobile ancora riconoscibili andando ad aumentare le cosiddette "informazioni residue".

Certamente si può affermare che, in entrambi i casi, le due discipline si preoccupano di verificare il riuso dell'edificio, ma nel campo del restauro l'azione conservativa è preponderante, mentre nella campo del recupero vengono studiate nuove possibilità e nuovi riutilizzi della struttura in questione.

Nel recupero l'introduzione di una nuova funzionalità, di un nuovo scopo e fine, diviene un fatto imprescindibile del progetto di intervento. Il recupero si discosta dalla mera riqualificazione poiché le azioni trasformatrici non si basano unicamente sull'assolvimento di nuovi requisiti, ma essi devono essere inseriti e verificati al fine di essere congrui con l'involucro o con tutti i materiali presenti nella struttura, in modo tale che quest'ultima non sia alterata nei suoi caratteri riconoscitivi o storici.

Nel nostro caso specifico, per individuare verso quale direzione dovesse andare il progetto architettonico e con quale spirito fosse necessario affrontarlo, è risultata fondamentale la riflessione su un passo di Clark Kenneth. Egli, nell'introduzione al suo *Il revival gotico*, scrive: "La bellezza è un documento storico, ma un documento storico non è necessariamente bello. I monumenti del Gothic revival meritano quindi di essere studiati indipendentemente dalla loro bellezza, dato che in passato essi sono riusciti a soddisfare le esigenze fantastiche della parte più eletta del popolo inglese. E su questo, ahimè, non ci sono dubbi. Ai tempi in cui il Gothic Revival era al suo apice gli edifici in questo stile apparivano inevitabili come gli alberi o i mucchi di fieno in campagna; solo di recente abbiamo cominciato ad accorgerci di questi mostri, di questi penosi relitti abbandonati sulla spiaggia fangosa del gusto vittoriano."¹

La Basilica della SS. Immacolata di Merate può apparire agli occhi di qualcuno (non certo di tutti) come un "mostro" sgraziato e anacronistico, ma resta pur sempre un documento storico-architettonico della sensibilità neogotica ed eclettica del suo tempo e del suo architetto.

Volendo riconoscere l'importanza dell'edificio come documento storico, tanto più che molte opere di Chiappetta sono andate distrutte o compromesse dai restauri, si è scelto di operare in modo che l'intervento di recupero fosse il più neutro possibile e lasciasse l'architetto odierno nascosto nell'ombra del progetto iniziale, per riportare alla luce una sensibilità storica e architettonica che altrimenti rischierebbe di andare perduta, almeno in parte.

E' proprio per questo che i pilastri portanti di tutto di questo progetto architettonico possono essere facilmente riconducibili alle parole chiave che vengono individuate dalla disciplina del restauro conservativo: compatibilità, reversibilità, minimo intervento, riconoscibilità, efficienza energetica e accessibilità. Tuttavia il presente progetto si colloca all'interno del recupero perchè sono state individuate nuove funzionalità rispetto al progetto originario. Il principale intervento che lo differenzia da esso è l'utilizzo del primo piano, pensato inizialmente da Chiappetta come una chiesa, ed ora adibito a spazio di studio, di coworking ed espositivi (abside).

COMPATIBILITA': il progetto ricorre alla scelta di materiali compatibili con la struttura storica, che si integrano con le preesistenze e che sono facilmente smantellabili. Anche negli interventi di consolidamento si utilizzano matrici rispettose della muratura dell'edificio. Quando possibile, si è scelto di intervenire nelle parti incompiute realizzando il progetto e utilizzando i materiali previsti dal progetto dell' Arch. Chiappetta (per esempio prevedendo il pavimento del primo piano a dama bianca e rossa e, in modo più libero, le cancellate in ferro su disegni dello stesso Chiappetta).

Tuttavia le nuove funzioni d'uso inserite sono differenti da quelle per cui l'edificio è stato realizzato: quello che era stato progettato come un oratorio e una basilica si è trasformato in un luogo di incontro culturale e sociale della comunità, con spazi espositivi, produttivi (floricoltura), ricreativi (teatro, già previsto per altro nel progetto originario, spazi per corsi) e di studio/lavoro.

REVERSIBILITA': ci sono stati una totale attenzione e un pieno rispetto della struttura esistente. Le strutture ex novo inserite all'interno della Basilica sono tutte in acciaio per essere più facilmente smantellabili in un futuro e per non pesare eccessivamente sulle fondazioni della struttura. Anche le scale, che sono state inserite al piano terra che collegano quest'ultimo con il primo piano, sono realizzate in acciaio. Questo intervento garantisce non solo la reversibilità, ma anche la riconoscibilità. Le unità di studio e di coworking inserite al primo piano sono state pensate sempre in quest'ottica, infatti utilizzano una tecnologia a secco. Infine, per il consolidamento e il rinforzo strutturale sono stati scelti appositamente materiali FRCC, proprio perchè facilmente rimovibili e reversibili.

MINIMO INTERVENTO: gli interventi necessari sono stati ridotti al minimo. Tuttavia, considerando che la struttura in questione non è mai stata ultimata e che versa in un grave stato di abbandono, alcuni interventi sono risultati necessari, come per esempio la costruzione del solaio del primo piano e la ricostruzione dei solai nei corpi accessori. Altri interventi sono stati indispensabili per garantire il rispetto della normativa relativa all'accessibilità per i disabili (per esempio la rampa la rampa d'accesso ai locali interrati).

¹ K. Clark, *Il revival gotico*, Torino, Einaudi, 1970, p. 5

RICONOSCIBILITÀ: secondo questo principio qualsiasi intervento effettuato deve essere riconoscibile e distinguibile dalle preesistenze senza però andare ad alterare la composizione architettonica e l'armonia dell'edificio o del complesso. Nel presente progetto, tutti gli elementi che sono stati inseriti si distinguono grazie all'uso del vetro che può presentarsi sotto forma di mattoni o più tradizionalmente in forma di lastre. Un esempio evidente è l'aggiunta del tiburio e del campanile che, pur essendo facilmente identificabile come tale, riprende il progetto originale di Chiappetta.

EFFICIENZA ENERGETICA: l'introduzione delle unità (scatole) al primo piano ha permesso non solo di mantenere la struttura esistente indipendente rispetto agli spazi introdotti, ma anche di non dover riscaldare uno spazio di 15 metri garantendo, quindi, un notevole risparmio energetico.

ACCESSIBILITÀ: tutti gli spazi sono collegati fra di loro e facilmente raggiungibili anche grazie all'introduzione del campanile. Tutti i collegamenti verticali sono stati studiati in modo meticoloso così come gli spazi esterni.

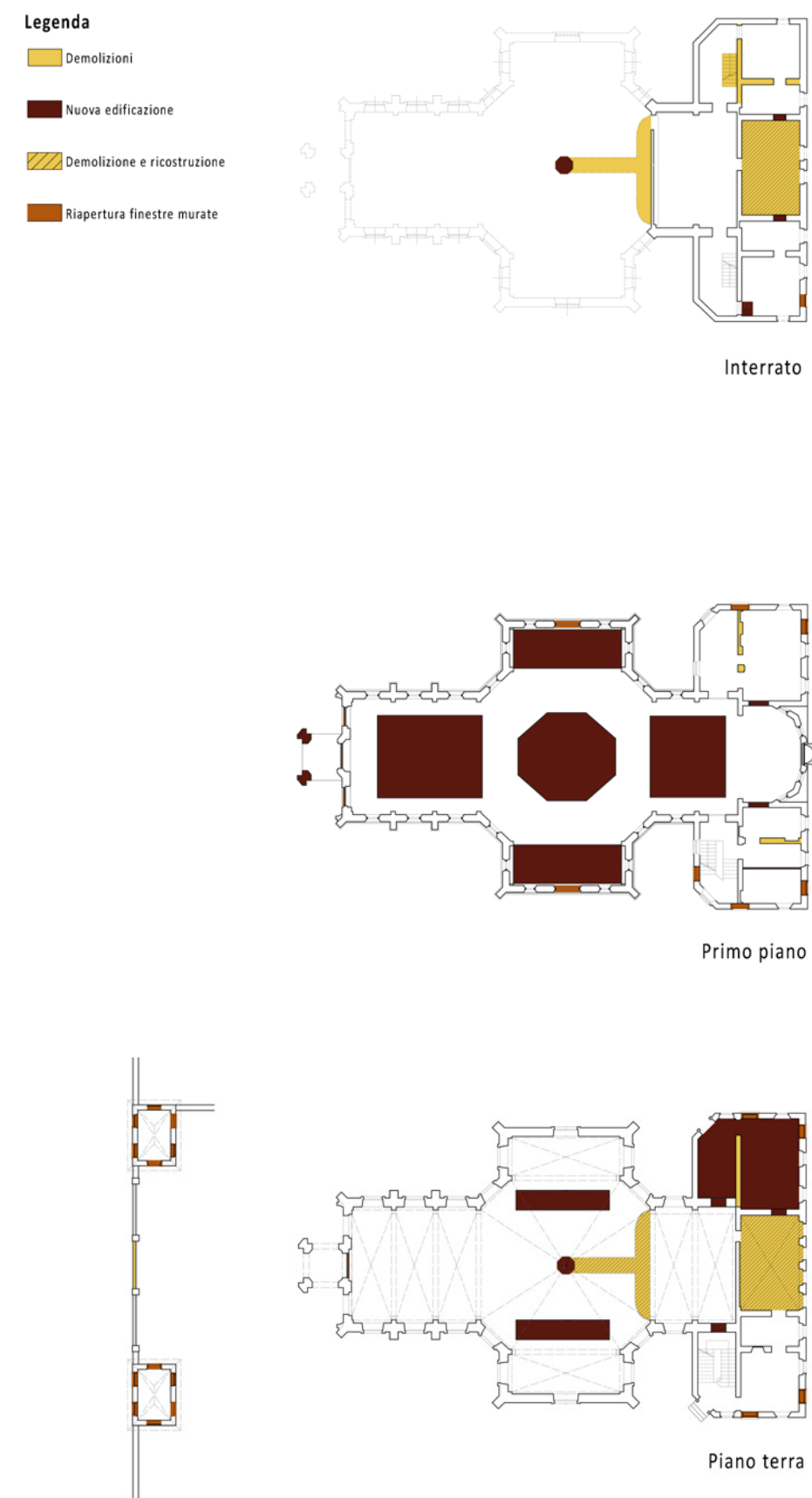


Figura 4.1: gli interventi effettuati. Le demolizioni e le nuove costruzioni

La scelta delle funzioni

E' stato somministrato un questionario a circa 100 studenti dei comuni limitrofi a Merate, la cui percentuale maggiore era residente a Robbiate, Merate, Verderio, Osnago e Cernusco Lombardone. I comuni limitrofi a Merate non possiedono spazi comunitari di studio ad eccezione di Robbiate. Agli studenti sono state sottoposte diverse domande fra cui quella che chiedeva quanti chilometri fossero disposti a percorrere per raggiungere uno spazio di studio. Sebbene il 14 % preferisse rimanere in casa, la maggior parte di loro ha risposto che avrebbe percorso un tragitto tra i 5 e i 10 km. Gli spazi pubblici di studio di Merate, nonostante siano stati ampliati recentemente dal Comune, non sono tuttora in grado di ospitare il flusso di studenti che si recano alla biblioteca comunale. Il secondo luogo più gettonato dove gli studenti si recherebbero per studiare è la biblioteca di Vimercate che dista mediamente 12 km dalle rispettive abitazioni. La richiesta di spazi di studio è una richiesta concreta che avanza di anno in anno in tutti i Comuni brianzoli. Queste analisi preliminari hanno permesso di evidenziare il desiderio e il bisogno dei giovani studenti che necessitano di spazi studio dove poter ritrovarsi. Come si spiegherà più avanti, il progetto architettonico prevede al piano terra dell'edificio la dislocazione di spazi per attività sociali organizzate da Enti o Associazioni che richiederanno di poter utilizzare lo spazio al Comune di Merate. Infatti, sul territorio meratese sono presenti ben 56 Associazioni di diverso genere.



Figura 4.3: grafici estrapolati dal questionario

Tutti gli studenti che avranno bisogno di uno spazio di studio pubblico saranno obbligati a spostarsi verso Merate che diventerà un centro attrattore non in grado di soddisfare i flussi "migratori" degli studenti.

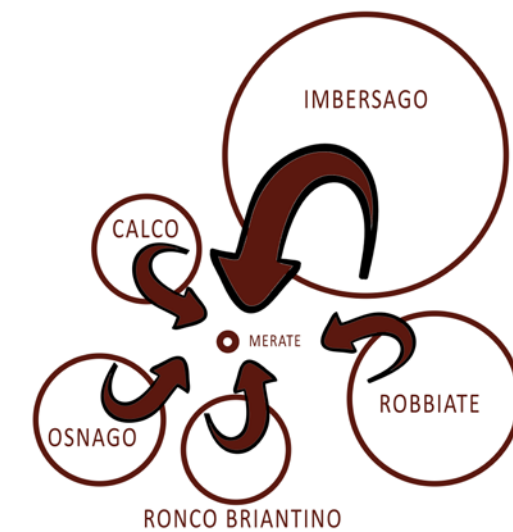
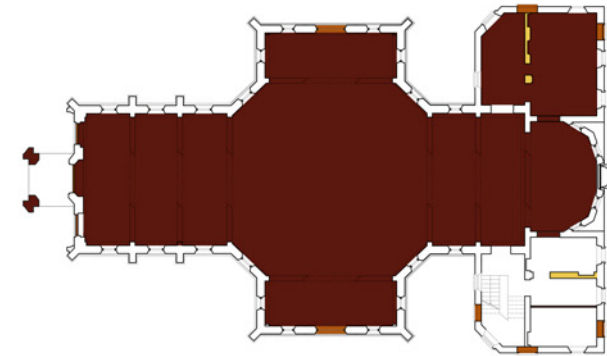


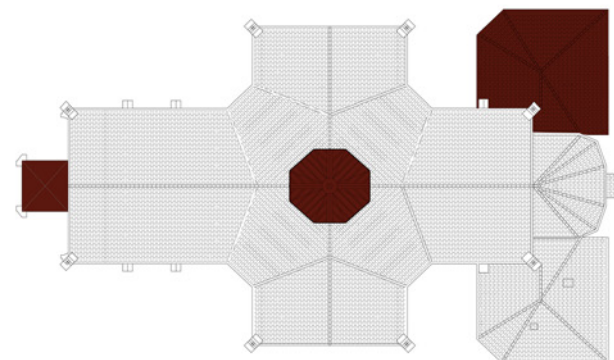
Figura 4.4: flussi degli studenti

Legenda

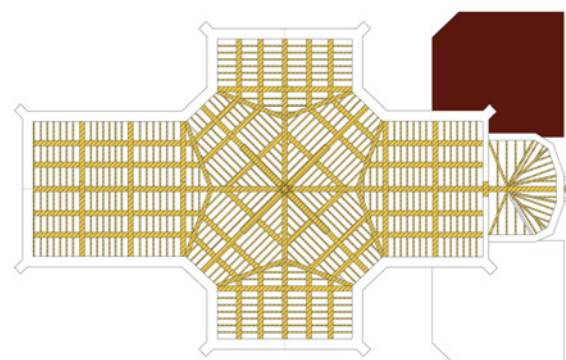
- Demolizioni
- Nuova edificazione
- Demolizione e ricostruzione
- Riapertura finestre murate



Primo piano



Copertura



Orditura

Figura 4.2: gli interventi effettuati. Le demolizioni e le nuove costruzioni

Il masterplan

Dall'osservazione del masterplan è già evidente la volontà progettuale di far tornare il lotto di progetto un' area riqualificata con una forte vocazione sociale per la comunità di Merate.

Il lotto non gode di una posizione favorevole e, inoltre, sia il lotto che l'immobile sono soggetti a vincoli di natura legislativa.

Durante i numerosi sopralluoghi effettuati sul posto, si è potuto osservare come sia sempre presente un gazebo davanti all'ingresso del cimitero che rende possibile la vendita di fiori per i frequentatori del cimitero. Unendo, quindi, sia la necessità di dover rispettare un vincolo legislativo imposto durante l'atto di successione del 1975 sia il desiderio di proporre un servizio per gli abitanti, nella parte nord del lotto vengono inserite delle serre per sviluppare attività di floricoltura, così come nella parte nord-ovest che però presenta dei tappezzamenti di terra a cielo aperto.

Purtroppo il cimitero è una presenza ingombrante che non può essere modificata, ma che può essere sfruttata per la creazione di una produzione a km 0, ecostenibile di fiori nel lotto di progetto.

Sul versante ovest il lotto confina con il parco comunale del "Cannocchiale". Per non riproporre nuovamente un parco pubblico nelle medesime sembianze del "Cannocchiale", nell'area sud del lotto si trovano strutture mobili, facilmente assemblabili, che ospitano laboratori e attività culturali. Inoltre, essendo il lotto vincolato anche paesaggisticamente, sono state conservate tutte le piante del versante meridionale.

Tutte le pavimentazioni sono state pensate sia per non interferire matericamente e cromaticamente con la struttura presente, sia per consentire un facile accesso a tutte le categorie di fruitori: famiglie con i passeggini, disabili e biciclette.

La presenza del parcheggio del cimitero consente un facile raggiungimento della struttura, così come i due parcheggi più distanti raggiungibili in 5 minuti a piedi.

I due corpi accessori esposti ad ovest ospiteranno reciprocamente la cappella funeraria e il locale per i loculi funerari, funzioni previste dall'atto di donazione del 1975 a cui non si può rinunciare.



Figura 4.5: venditore ambulante di fiori davanti alla Basilica. Foto dell'autrice.

Nella pagina successiva

Figura 4.6: masterplan di progetto. Scala 1:500.



Il concept

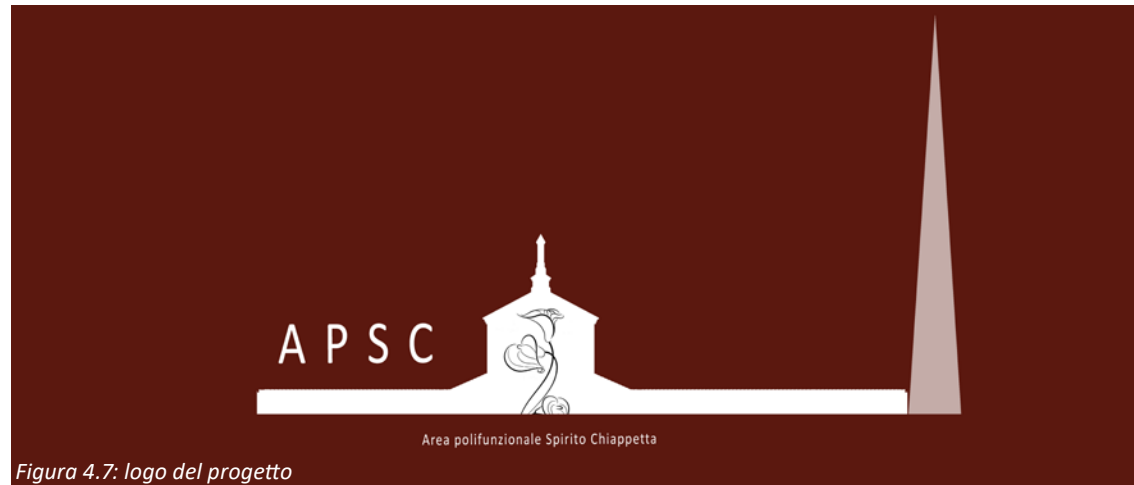


Figura 4.7: logo del progetto

Il progetto APSC (Area Polifunzionale Spirito Chiappetta) si preoccupa di riscoprire un patrimonio storico-architettonico riqualificandolo attraverso il recupero architettonico.

1. Come visto nell'analisi storica, l'edificio possiede una forte identità storica ed architettonica che non può essere ignorata. L'intero progetto si basa sul rispetto dell'involucro e di quegli elementi della struttura non ancora crollati, con l'intento esplicito di conferire all'edificio esistente il ruolo di protagonista indiscusso.

2. Osservando il progetto originario si nota come nell'attuale struttura manchino il tiburio e il campanile. L'impatto visivo e compositivo risulta mancante di armonia e completezza. L'introduzione di questi due elementi risulta fondamentale, non solo in un'ottica architettonica e compositiva, ma anche in un'ottica funzionale.

Il tiburio permette di introdurre un'illuminazione zenitale all'interno del primo piano che continuerà anche al piano terra grazie all'introduzione di un cavedio ottagonale che dalla copertura dell'unità ottagonale procederà fino a bucare il solaio del primo piano, interrompendosi ad un'altezza di 4 metri dal solaio controterra.

Il campanile verrà realizzato sulla facciata ovest, come da progetto originario, al fine di consentire un'ordinata distribuzione dei flussi verticali e rendendo possibile a tutte le tipologie di fruitori di raggiungere tutti i livelli dell'edificio.

3. Queste unità sono state pensate in relazione alle funzioni che avrebbero ospitato al loro interno. Al primo piano si trovano tre unità di dimensioni diverse, due rettangolari e una ottagonale. Al loro interno saranno ospitati spazi di studio individuale, collettivo e di coworking. Sono stati tutti pensati con al loro interno strutture opache mobili per poter modificare, in base alle esigenze dei fruitori, gli spazi interni in modo da non risultare il più flessibili possibile.

4. Elementi decorativi del progetto originario vengono ripresi per la riqualificazione per esempio le pavimentazioni che saranno tutte rigorosamente pensate in cementine. Al primo piano le cementine verranno proposte a dame bianche e rosse come aveva previsto l'architetto Chiappetta. Mentre le costruzioni ex novo saranno effettuate con tecnologie a secco per la potenziale configurazione e il facile smantellamento

5. Il progetto di recupero deve essere in grado di restituire al comune di Merate e ai suoi abitanti uno spazio di qualità, rispettoso del suo passato e attento agli aspetti del futuro

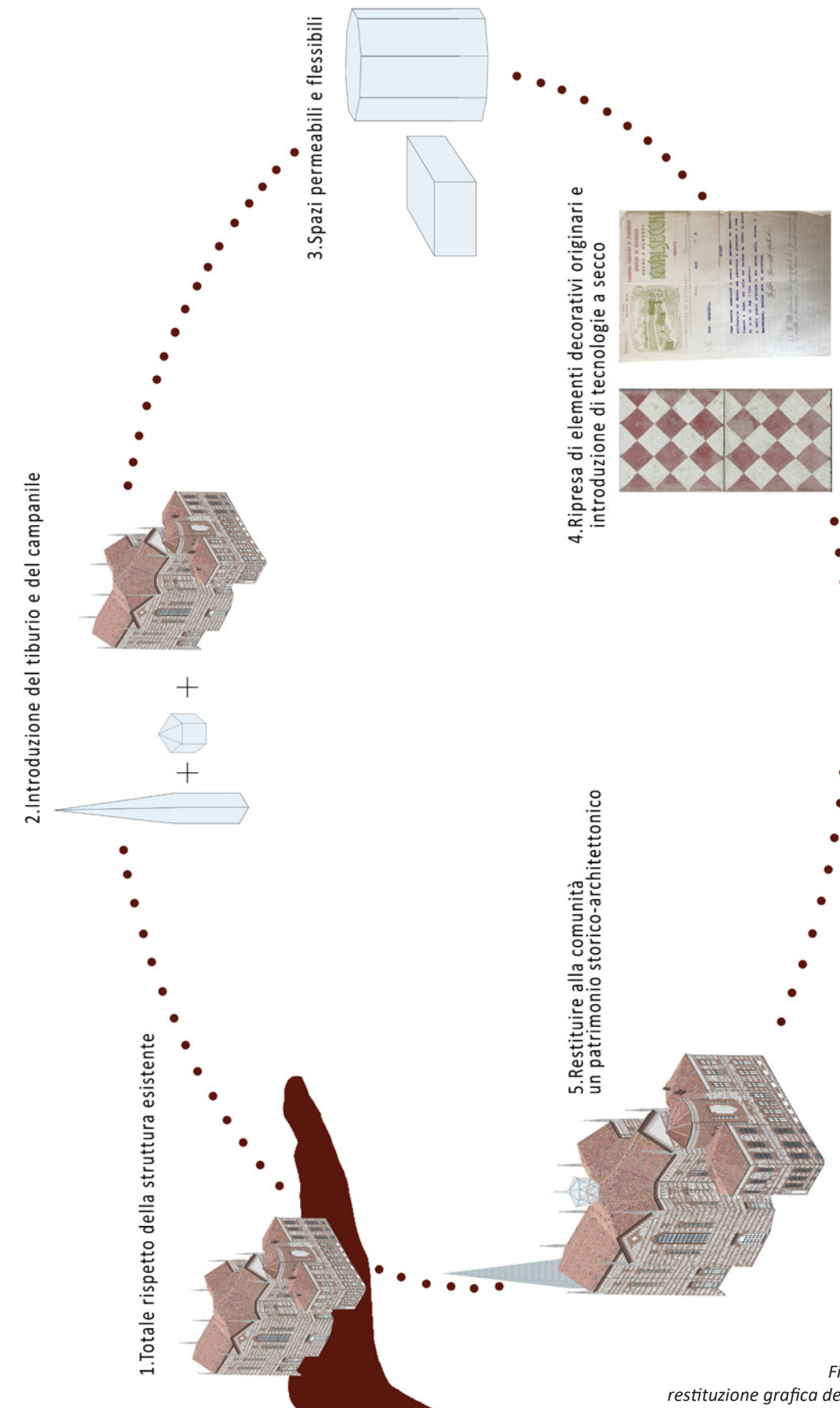


Figura 4.8: restituzione grafica del concept

Gli spazi interni

Da quando la struttura è stata donata nel 1975 da Don Franco Longoni al Comune di Merate, il piano terra dell'edificio è stato adibito a diversi usi come deposito, canile etc. Lo spazio interno è stato completamente sommerso da banchi, scrivanie e sedie, inoltre diversi graffiti vandalici hanno iniziato a comparire tappezzando le diverse pareti.

Lo spazio del piano terreno colpisce perchè caratterizzato da un'altezza significativa, dallo scheletro del palcoscenico esistente e da un locale retrostante ad esso con un dislivello di ben 1.75 metri.

L'accesso a questo spazio avviene dalle aperture presenti sul versante nord che consentono di raggiungere la prima parte dello spazio. Si tratta di uno spazio di 96 mq in cui verranno proposte esposizioni di artisti contemporanei presenti sul territorio o di fotografie con soggetti differenti, dalla natura alle foto di scena degli spettacoli ospitati. Avanzando nel percorso espositivo si raggiunge la maestosa volta a raggera che ospiterà la platea in occasione di rappresentazioni. Quando non saranno programmati spettacoli questo spazio verrà utilizzato per laboratori di diverso genere: composizioni floreali, danza, yoga. Tali laboratori potranno occupare che anche lo spazio espositivo quando non saranno presenti delle esposizioni.

I due spazi laterali che nascono dall'intersezione del transetto con la navata principale, sono adibiti ad area relax e ad area ristoro. Entrambe delle medesime dimensioni, 34 mq, sono utilizzabili sia da coloro che utilizzano gli spazi al piano terra che da quelli del primo piano.

Il palcoscenico ha un'estensione di 59 mq e la sua presenza viene mantenuta, non solo perchè presente anche nel progetto originario, ma anche perchè massima espressione del rito comunitario. Il locale retrostante verrà demolito e portato al livello del palcoscenico al fine di renderlo utilizzabile dagli attori. Gli spazi che si trovano dietro al palcoscenico fanno parte della blocco accessorio dell'edificio che si distribuisce su tre livelli. Prima di scendere al piano interrato, al piano terra si trova un bagno accessibile solamente dall'esterno per tutti coloro che visiteranno il parco o impegnati nelle attività esterne. Dal retropalco è possibile raggiungere i camerini, gli spogliatoi e i bagni destinati al solo uso degli attori. I bagni destinati ai soli fruitori del piano terra, invece, sono situati nel piano interrato che è collegato al pian terreno con una rampa di nuova costruzione che permette il raggiungimento del seminterrato senza dover utilizzare le scale. Questa rampa parte dall'ottagono in vetro posto sulla pavimentazione in corrispondenza del cavedio, raggiunge il palcoscenico e svolta nelle due ali laterali fino a scomparire. Questa rampa, durante gli spettacoli, viene coperta per una maggior sicurezza degli attori.

I locali seminterrati sono raggiungibili anche grazie alla scala a sud, presente nel corpo accessorio dell'edificio. La scala è raggiungibile solamente dall'esterno dell'immobile e collega tutti e tre i livelli di questo blocco.

Tornando al seminterrato si trovano spazi adibiti principalmente a deposito e a locali impianti. Nel deposito di 30 mq è presente una rampa per trasportare facilmente attrezzi con l'ausilio di cariole.



Figura 4.9: vista interna dello spazio del piano terra. Gli elementi che presentano un retino bianco chiaro sono materiali accatastati e abbandonati, presenti da anni all'interno del piano terra



Figura 4.10: vision dell'area ristoro presente al piano terra



Figura 4.11: vision della rampa e del palcoscenico presenti al piano terra

Salendo al primo piano del blocco accessorio, si trovano, dislocati in corrispondenza, i bagni esposti a nord.

L'abside viene utilizzato per un'esposizione permanente sull'architetto Chiappetta.

I locali esposti a sud sono ad una quota differente rispetto ai restanti spazi e ospitano l'ufficio del custode con l'apposito bagno e uno spazio in cui sono a disposizione computer e una stampante.

La pavimentazione presente è in dame bianche e nere e verrà conservata.

Il primo piano di quella che doveva essere la chiesa, può essere raggiunto grazie alle scale prefabbricate posizionate al piano terra, alla scala esistente nel corpo accessorio a sud e all'ascensore presente nel campanile.

Gli spazi al primo piano si discostano da quelli del piano terra. Infatti, al piano terra sono presenti funzioni e spazi utilizzabili dalla comunità, mentre al primo piano si trovano ambienti contaminati e flessibili che sono in grado di far fronte a diverse esigenze, con un'attenzione più puntuale anche alle esigenze individuali.

Sono presenti tre unità di diverse forme e dimensioni. Le unità rettangolari hanno due piani accessibili. L'unità ottagonale ne ha tre.

Al loro interno ci sono degli spazi utilizzati per lo studio individuale, lavori in équipe e coworking. All'interno delle unità si possono ottenere diverse "conformazioni". Infatti, le finestre trasparenti sono tutte scorrevoli così come i pannelli opachi all'interno. Si possono ottenere delle conformazioni in grado di favorire lo studio individuale, conformazioni che sono in grado di fondere due spazi individuali in uno più collettivo e infine, è possibile ottenere tutti spazi aperti.

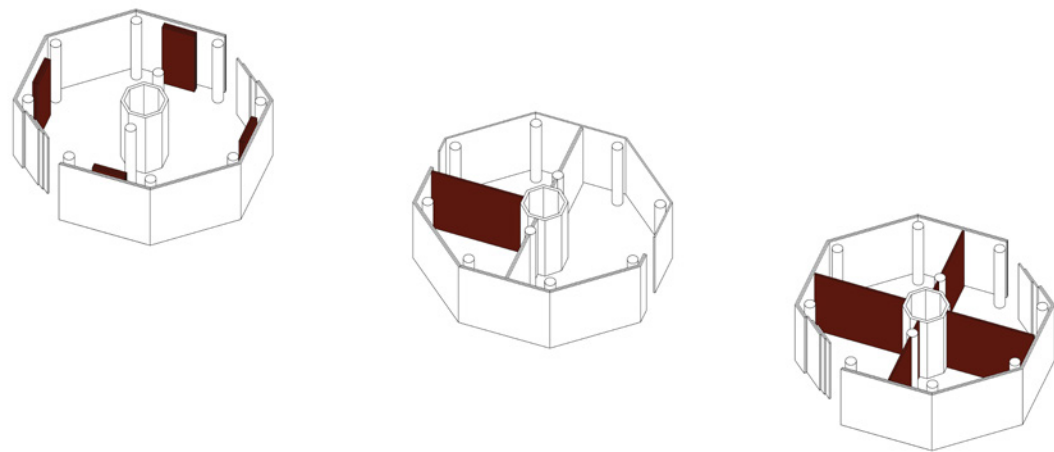


Figura 4.12: alcune delle conformazioni possibili del primo e del secondo piano dell'unità ottagonale

I volumi presenti nelle ali laterali del primo piano ospitano uno spazio di studio individuale più tradizionale e un'area relax che risulta funzionale perchè non si è costretti a raggiungere i piani superiori delle unità dove sono dislocate altri spazi relax.

I piani superiori dell'unità ad ovest e quelli dell'unità ottagonale sono raggiungibili grazie alla scala presente nell'unità ad ovest, oppure con l'ascensore. I piani superiori dell'unità ottagonale sono raggiungibili tramite passerelle.

Nell'unità rettangolare posta ad ovest si trova al piano terra uno spazio di 57 mq adibito interamente allo studio/ coworking, mentre il primo piano dell'unità è riservato completamente a spazio collettivo e di confronto. Sono presenti pouf, divani e poltrone per favorire il confronto e l'aggregazione sociale. Tutte e tre le unità sono collegate fra di loro tramite un passerella sospesa facilmente percorribile.

Nelle altre due unità il piano terra è sempre riservato allo studio/coworking, ma il primo piano per l'unità est e anche il secondo per l'ottano vedono un alternarsi di spazi riservati al relax e allo studio/ coworking. Questo è giustificato dal fatto che ogni piano ha a disposizione spazi di studio e di relax e non è necessario, quindi, salire o scendere di spazio per utilizzare un spazio piuttosto che un altro.

Sulla copertura dell'ottagono centrale si appoggia il tiburio in PVC che si staglia verso l'alto bucando la copertura, ma lasciando intatta l'orditura lignea. Dall'esterno è possibile notare le serigrafie delle aperture estrapolate dai disegni originali conservati presso l'Archivio Chiappetta Beato Angelico di Milano. L'interruzione del tiburio sulla copertura dell'unità ottagonale non segna la fine di questo elemento, bensì individua un cambiamento nella forma dello stesso: da tiburio in PVC si trasforma in cavedio vetrato che si inserisce all'interno del volume dell'unità ottagonale fino a perforare il solaio che divide il primo piano dagli spazi del piano terra. Raggiunto il solaio in questione, continua per circa tre metri fino ad interrompersi, per poi ricomparire in modo simbolico nel solaio controterra.

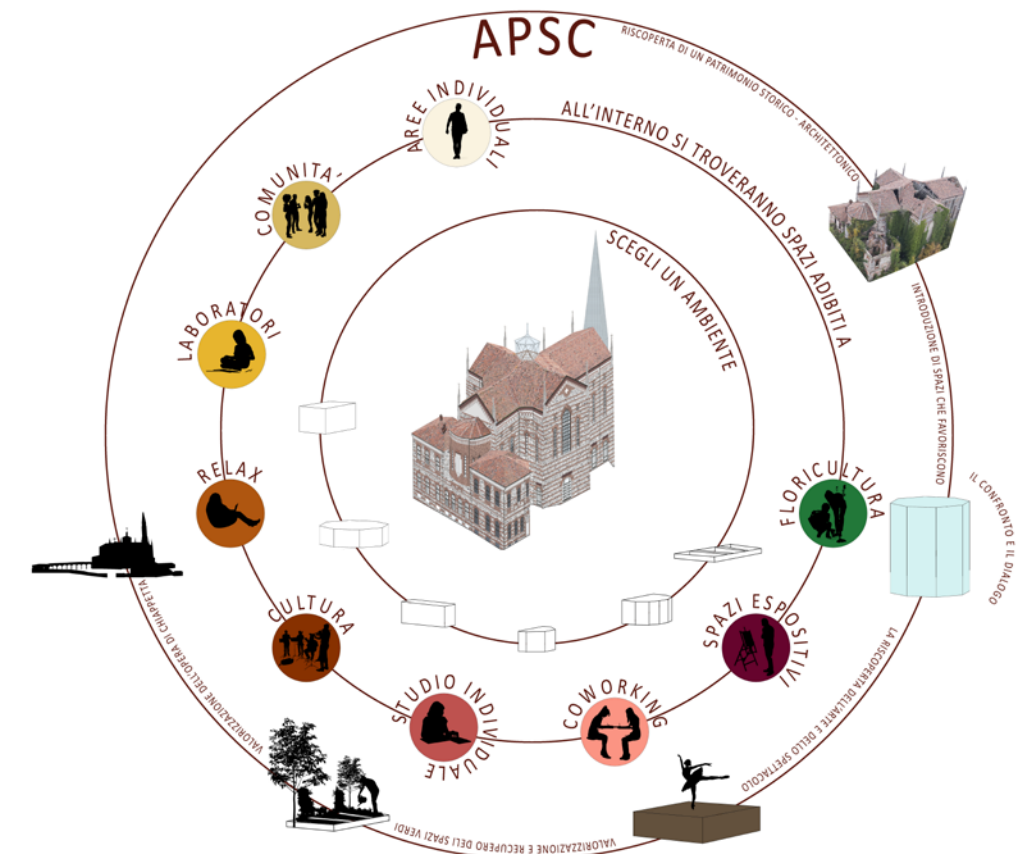


Figura 4.13: organigramma: organizzazione degli spazi interni e delle funzioni presenti

Dai prospetti e dalle sezioni interne si può comprendere come ci sia un totale distacco stilistico e compositivo fra le unità introdotte e l'edificio esistente. Le unità si presentano sotto un aspetto elegante e minimale in modo da non "rubare" la scena alla Basilica. I materiali scelti sono il vetro con pannelli Spandrel. Le nuove costruzioni in alzato, le unità di cui si è parlato finora, risultano pensate con la consapevolezza di restare in secondo piano.

In pianta queste unità si relazionano con l'edificio esistente attraverso due forme: il rettangolo e l'ottagono. L'unità ottagonale riprende l'ottagono che si sviluppa nell'intersezione del transetto con la navata, come risulta chiaramente dalle piante del progetto di Chiappetta. Come già approfondito nella parte storica, la forma ottagonale era cara a Chiappetta per i suoi diversi significati simbolico-religiosi e per questo la si è voluta utilizzare, malgrado essa sia difficile da gestire a causa degli angoli che crea ed appaia, quindi, poco razionale.

Il tiburio, il cavedio e l'unità si sostengono e si giustificano a vicenda in un gioco di rimando tra ottagoni di differenti dimensioni, materiali e texture che vuole essere un esplicito omaggio all'architetto- ingegnere.

Le unità a forma rettangolare dialogano con la forma della navata e enfatizzano la forma ottagonale della pianta e dell'unità centrale.



Figura 4.15: sezione interna verso nord. Scala 1:200

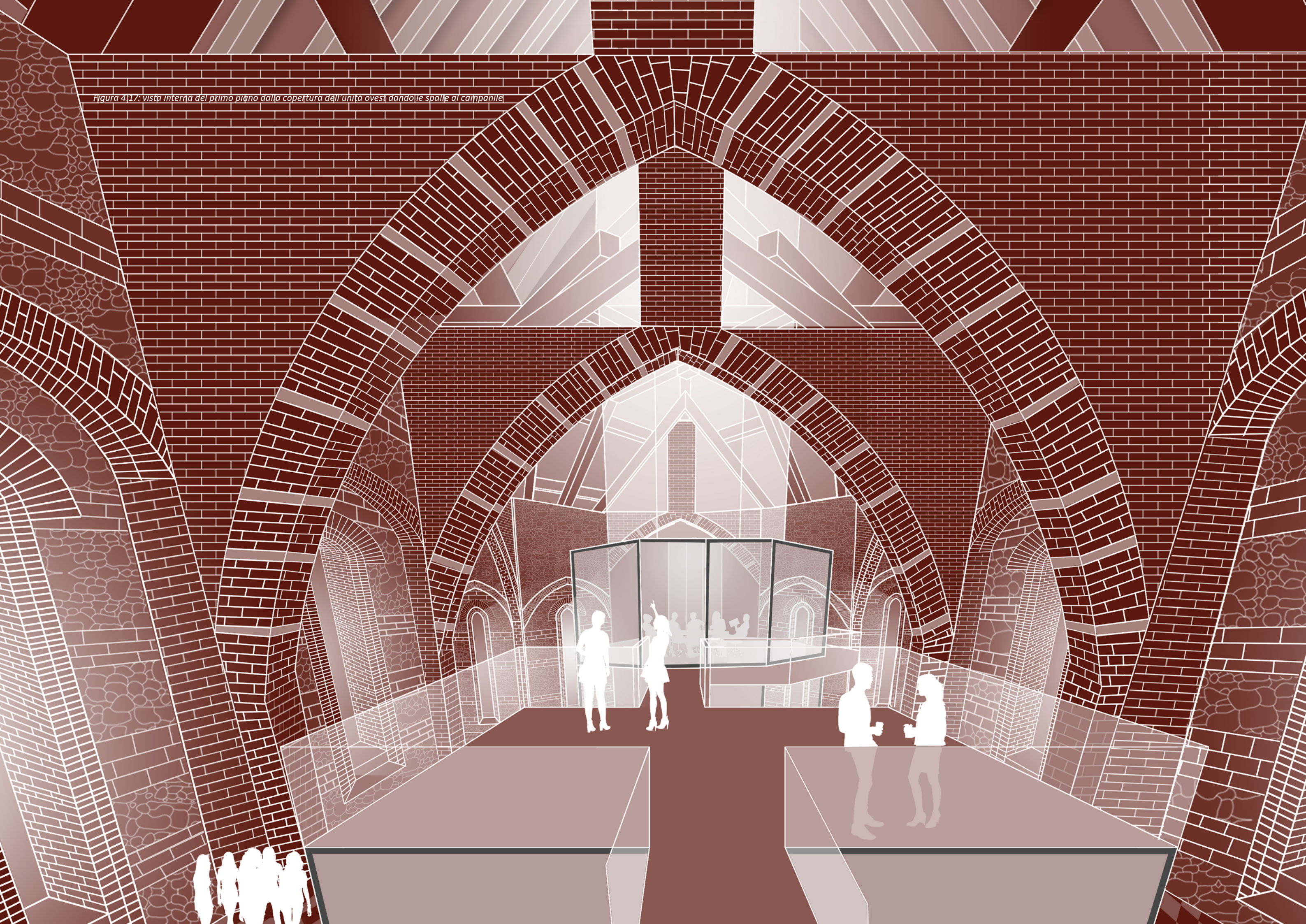


Figura 4.14: prospetto interno delle unità. Scala 1:200



Figura 4.16: pianta del primo piano. Scala 1:150

Figura 4.17: vista interna del primo piano dalla copertura dall'unità ovest dandole spalle al campanile



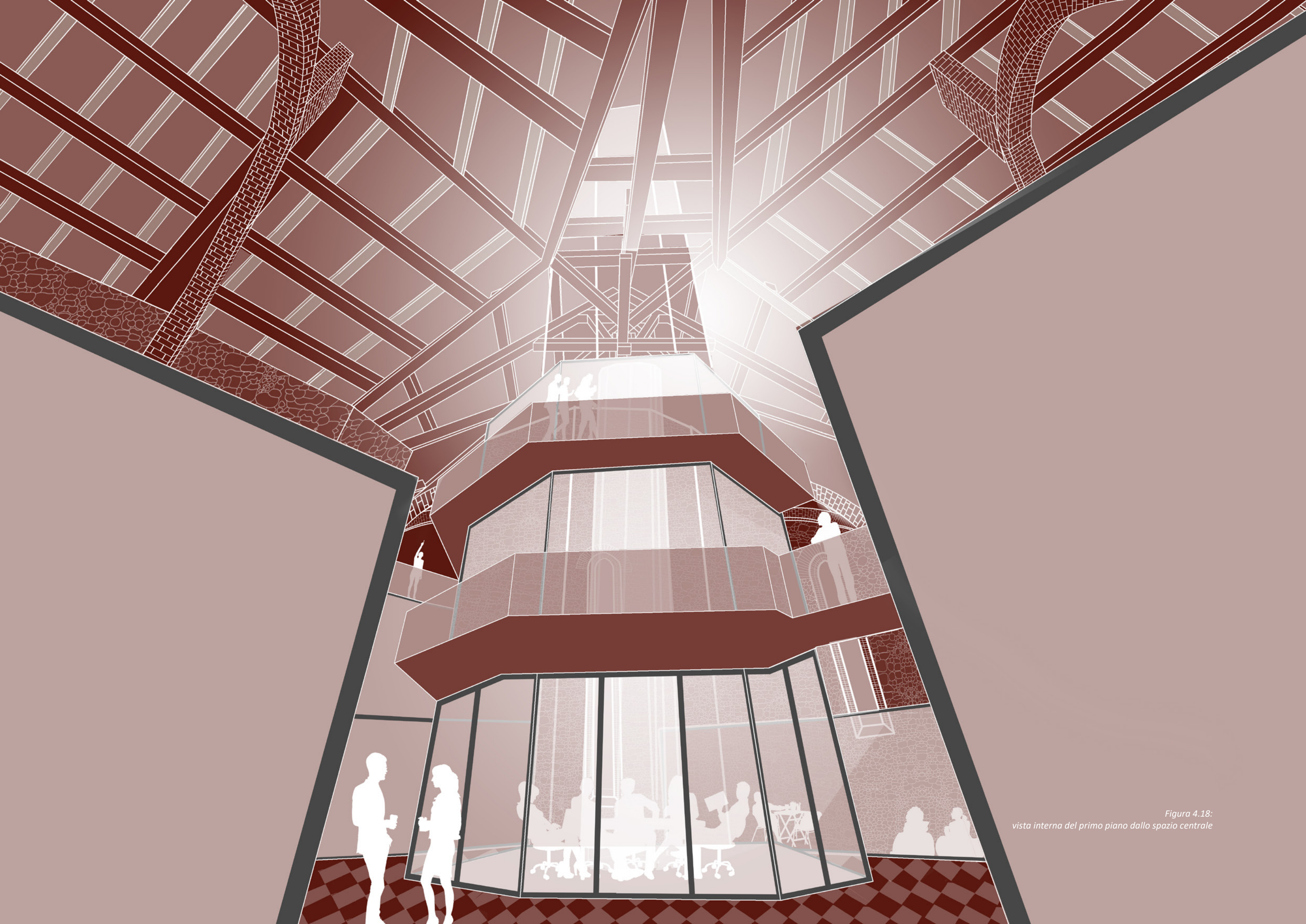


Figura 4.18:
vista interna del primo piano dallo spazio centrale

L'attenzione al dettaglio e ai materiali

Particolare attenzione è stata posta nella scelta dei materiali di finitura e al rispetto dell'autenticità di quelli ancora presenti. I materiali che sono presenti sugli alzati non sono stati modificati, ma valorizzati con gli interventi di restauro e di recupero stilati nelle schede di degrado. Per quanto riguarda gli interni, i materiali originali sono presenti in numero esiguo e spesso si trovano in condizioni molto degradate. I pavimenti presenti al piano terra sono caratterizzati da rivestimenti in cemento. Essendo l'intero progetto basato su un'attenta analisi storica del progetto originario e degli interventi che sarebbero dovuti essere effettuati, negli ambienti interni si è cercato di rispettare le volontà progettuali del progettista.

Vengono conservate le pavimentazioni a dama nere e bianche presenti nel corpo accessorio al primo piano, viene inserito un nuovo solaio al primo piano, prevedendo una finitura sempre in cementine a dame rosse e bianche come voleva il progetto originario. All'esterno si utilizzano i disegni di Chiappetta per inserire elementi in ferro come le cancellate.

In generale, gli interventi proposti risultano tutti rispettosi del valore architettonico del bene e si inseriscono senza snaturare o alterare la forma originaria. Il progetto, inoltre, risulta in linea con il D.lgs 42/2004 e con le norme di tutela che impediscono qualsiasi alterazione di facciata e aggiunte che non si integrino con le volumetrie generali esistenti.



Figura 4.19: preventivo per la realizzazione della pavimentazione, Merate 19 maggio 1916, Archivio Beato Angelico, Milano

LE ANALISI ILLUMINOTECNICHE

L'analisi illuminotecnica

Le chiese non sono di certo famose per la loro luminosità, infatti tramite gli studi dell'illuminamento (lux) è possibile notare a colpo d'occhio come i diversi piani dell'edificio non raggiungano livelli adeguati di illuminamento.

L'introduzione del tiburio permette una corretta illuminazione degli spazi e garantisce un comfort interno dello spazio polifunzionale.

La luce è indispensabile per garantire il benessere psico-fisico, per vivere al meglio gli spazi che ci circondano e per svolgerci le attività previste.

Le scelte progettuali per un corretto utilizzo della luce naturale sono legate al rispetto di tre parametri fondamentali, differenti a seconda della tipologia di ambiente.

Questi sono:

Fattore medio di luce diurna (FLDm) [%]

Illuminamento (lux)

Uniformità

Il fattore medio di luce diurna rappresenta il rapporto fra l'illuminamento misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato all'esterno, su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni e in condizioni di cielo coperto.

L'illuminamento è il valore che corrisponde alla quantità di luce incidente su una specifica superficie; questa superficie ipotetica viene posizionata a circa 85 cm dal piano di calpestio, per valutare l'illuminazione a livello medio dei piani di lavoro.

L'uniformità è il parametro indicatore della variazione di livello di illuminamento all'interno dell'ambiente. Si tratta quindi del rapporto tra illuminamento minimo e massimo. Secondo la normativa italiana, questi parametri sono regolamentati per garantire un buon illuminamento naturale degli ambienti. La normativa vigente pone, a seconda delle destinazioni d'uso dei valori minimi da rispettare: UNI EN 12464-1:2004: Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro.

Le analisi illuminotecniche sono state condotte grazie ai software Sefaira e VELUX Daylight Visualizer (VIZ). I dati input che determinano i risultati delle simulazioni comprendono le coordinate del lotto e del corretto orientamento, i materiali presenti nell'edificio e di finitura per tutte le superfici degli spazi analizzati, le condizioni al contorno del cielo (coperto o soleggiato) e le condizioni temporali (giorno e ora).

Per ogni ambiente è stato simulato il fattore di luce diurna e l'illuminamento naturale in 4 configurazioni differenti, nella condizione attuali in cui verte l'immobile, eliminando però le murature degli elementi presenti e nella condizione di progetto, inseriti, cioè, il tiburio e il campanile.

21 dicembre - h.15, cielo coperto

21 dicembre - h.15, cielo sereno

21 giugno - h.15, cielo coperto

21 giugno - h.15, cielo sereno

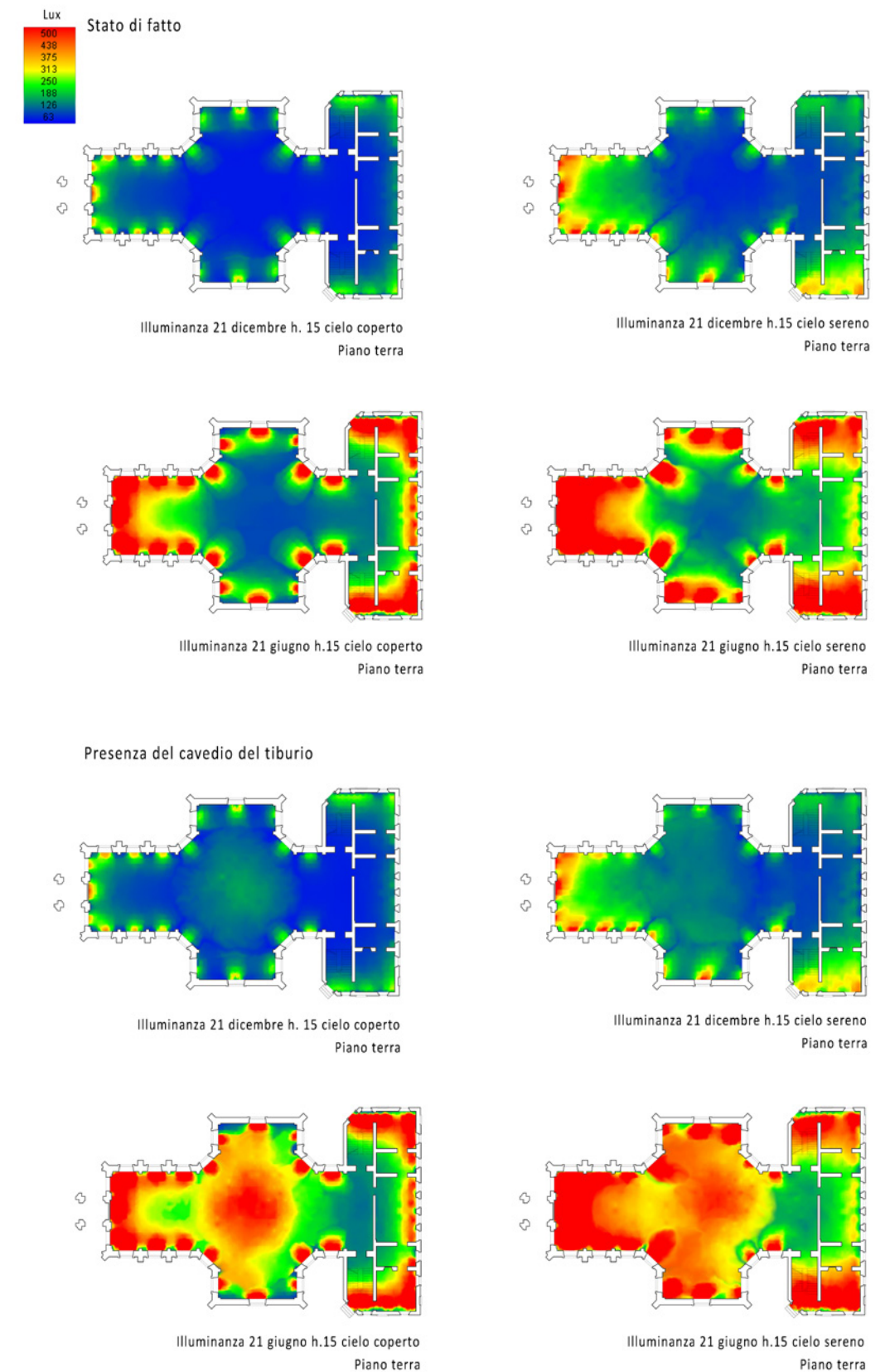


Figura 4.20: studio illuminotecnico: l'illuminanza. Fuori scala

L'FLDm è stato simulato in condizioni di cielo coperto, nelle medesime conformazioni elencate precedentemente, ovvero nello stato di fatto e nella condizione di progetto. I valori del fattore medio di luce diurna devono essere garantiti per poter assicurare un'ottimale distribuzione dell'illuminazione naturale.

Per gli spazi di attività principali esclusa la funzione abitativa, qualora vincoli oggettivi non permettano il conseguimento del requisito delle nuove costruzioni, va assicurato un FLDm non inferiore all'1% con l'integrazione di illuminazione artificiale tale da raggiungere un'illuminazione adeguata secondo le norme UNI 10380 e UNI 10530.

La normativa UNI 10840 definisce il valore minimo di FLDm negli edifici scolastici ed essendoci al primo piano spazi adibiti allo studio è necessario riportare tali valori. La maggior parte dei locali deve garantire un valore FLDm non inferiore al 3% ad eccezione degli spazi di collegamenti, i bagni, le cucine, i magazzini etc. Per le aule e le biblioteche deve essere garantito una percentuale di illuminamento non inferiore a 3.

Come si può osservare dalle rappresentazioni grafiche con le isocurve dell'edificio, al piano terra la zona più critica è quella centrale dove si registra un valore del FLDm inferiore o uguale all'1%, al primo piano si ripropone la medesima situazione con una percentuale sufficiente solamente in prossimità delle aperture. Grazie all'introduzione del tiburio si ha un netto incremento di questo parametro.

La domanda di illuminamento viene comunque soddisfatta anche attraverso l'utilizzo di sistemi di illuminazione artificiale, che dovranno essere opportunamente dimensionati in base alla tipologia di ambiente che si vuole ottenere. Inoltre, l'impianto di illuminazione dovrà consentire la regolazione o parzializzazione del flusso luminoso nei vari ambienti.

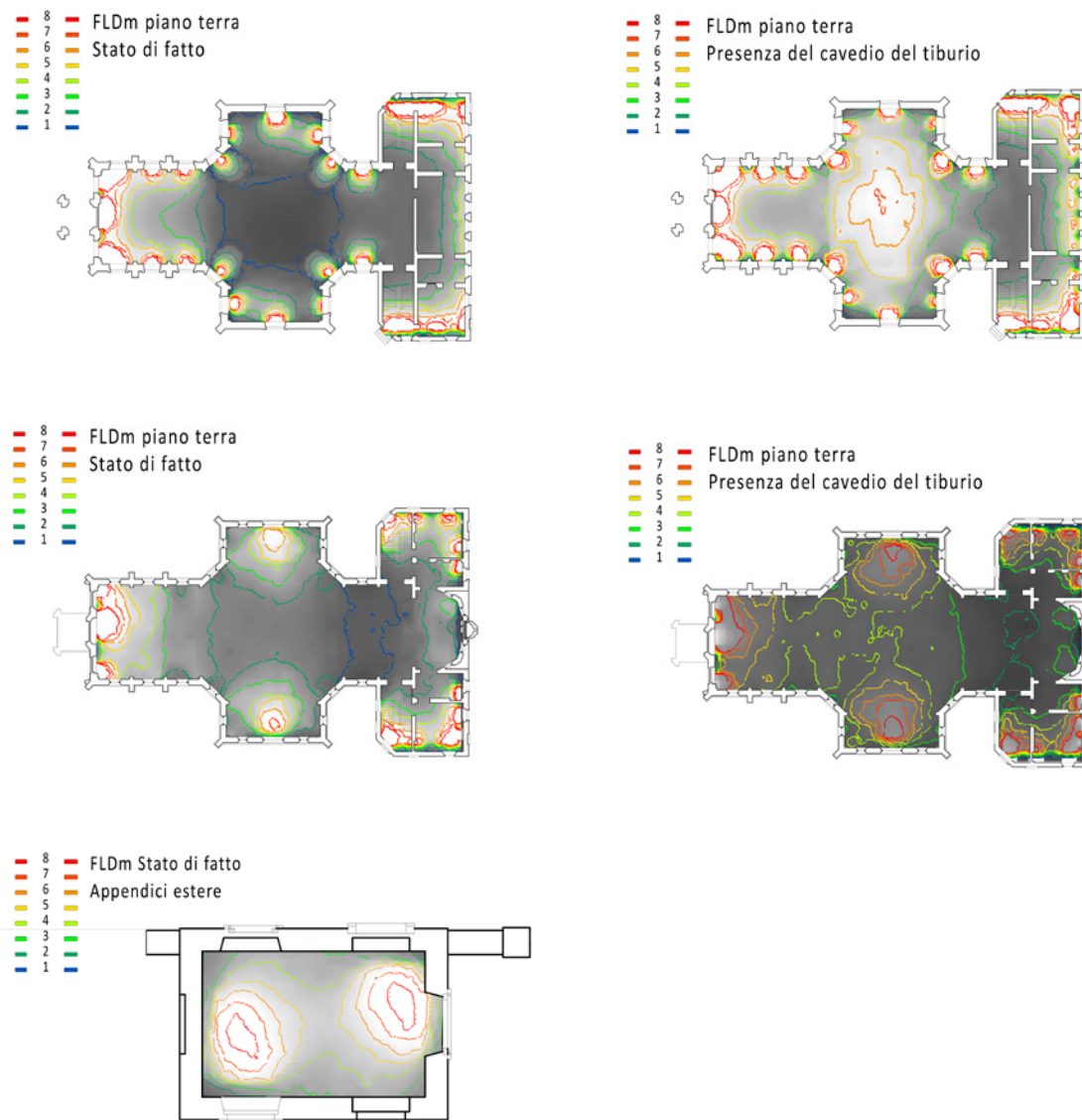
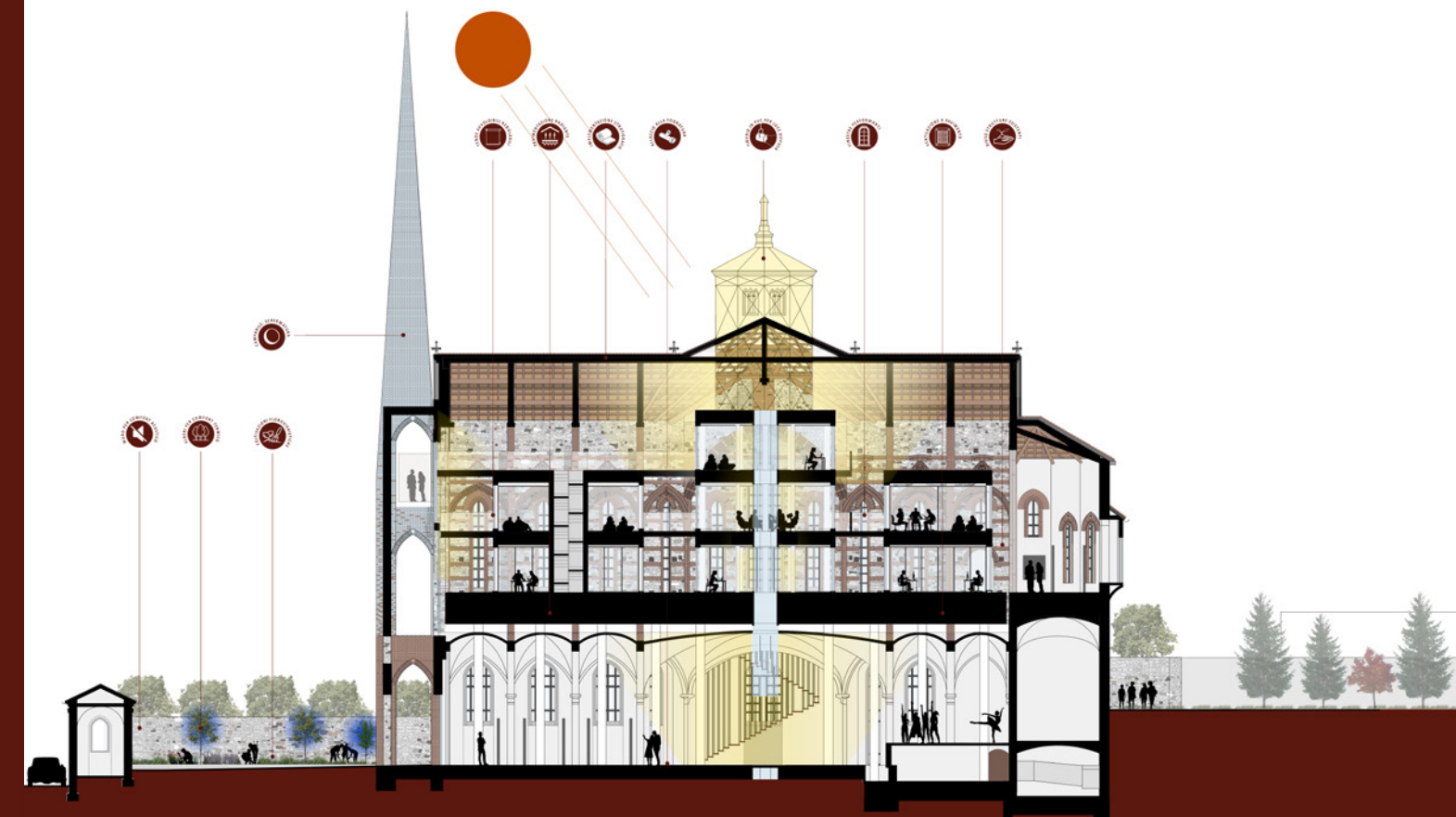


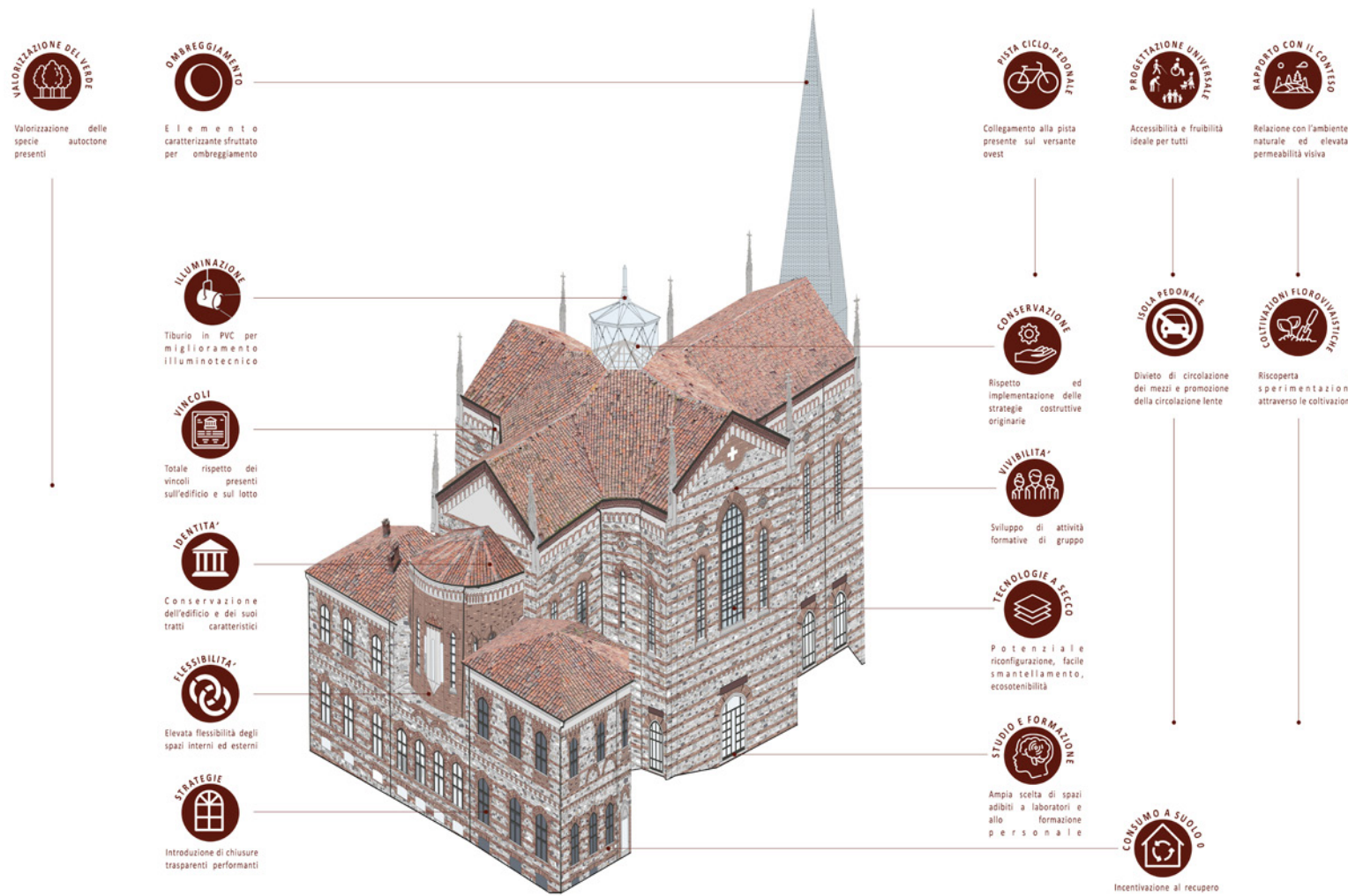
Figura 4.23: studio illuminotecnico: FLDm. Fuoriscaletta

IL PROGETTO ENERGETICO



Figura 4.24: schematic design 21 dicembre
Figura 4.25: schematic design 21 giugno





IL PROGETTO DI ACCESSIBILITÀ'

Figura 4.26: schema riassuntivo delle strategie adottate

Il primo piano e il piano terra dell'immobile presentano una meccanismo di riscaldamento a pavimento radiante. La strategia adottata è quella di concentrare la zona riscaldata ad una quota massima di 3 metri in modo tale da avere una fascia riscaldata in modo omogeneo e senza dover riscaldare la totale altezza di più di 7 metri del piano terra e di più di 14 metri del primo piano.

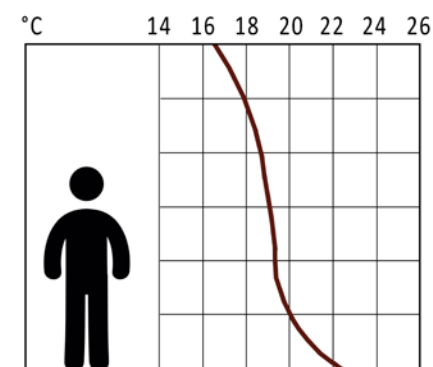


Figura 4.27: curva ideale del benessere termico su 3 m

Il pavimento radiante non è il solo sistema presente. Si inserisce un sistema di raffrescamento a pavimento molto vantaggioso soprattutto nelle unità del primo piano. Viene adottato un impianto di raffrescamento a pavimento poiché è invisibile e a basso costo con un ingombro zero dato che viene integrato nella struttura, è assolutamente silenzioso, consente la distribuzione omogenea della temperatura, garantisce aria salubre e non permette la movimentazione di polveri negli ambienti. Vengono conservate ed implementate le stratigrafie presenti nell'edificio, mentre per le costruzioni ex novo si adottano tecnologie a secco tenuto conto dei loro numerosi vantaggi fra cui l'ecosostenibilità, la leggerezza del sistema, la velocità costruttiva e di smantellamento e la resilienza statica.

Il progetto di accessibilità

Si riporta di seguito la normativa di riferimento:

- D.P.R. 503, 24/07/1996, Norme per eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici;
- D.P.R. 236, 14/06/1989, Accessibilità, adattabilità, visitabilità, superamento delle barriere architettoniche;
- D.P.R. 384, 27/04/1978, Regolamento di attuazione in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici.

La struttura esistente presenta numerose variazioni di quota rischiando di rendere difficile il libero spostamento da parte di tutti gli utenti.

Nel progetto architettonico i corridoi e i passaggi previsti sono stati pensati con un andamento continuo e lineare: la loro larghezza, inoltre, è tale da garantire un facile accesso e l'inversione di una persona su sedia a rotelle (larghezza maggiore di 1 metro). Questo però non è garantito sui ballatoi sopraelevati che cingono l'unità ottagonale, in quanto consente il solo passaggio dell'utente in carrozzina. Tuttavia le funzioni presenti negli spazi al primo e al secondo piano delle unità, compresa quella ottagonale, sono presenti anche al piano terra.

I collegamenti sia esterni che interni, non presentano pavimentazioni accidentate o sdruciolevoli e le variazioni di livello presenti nel lotto sono state appianate.

All'interno dell'edificio è stata costruita una rampa con una pendenza inferiore all'8%, come da normativa, che consente di collegare il piano interrato al piano terra, permettendo in tal modo il facile collegamento ai servizi igienici.

Nei servizi igienici si è prestata attenzione a garantire le manovre di una sedia a ruote necessarie per l'utilizzazione degli apparecchi sanitari. È garantito in particolare lo spazio necessario per l'accostamento laterale della sedia a ruote alla tazza (distante più di 40 cm dalla parete) e al lavabo (del tipo a mensola, accostato a una parete, con rubinetti con manovra a leva). Inoltre, il bagno è provvisto di opportuni corrimano e di un campanello di emergenza posto in prossimità della tazza. Si garantisce inoltre una porta con luce di 90 cm e con altezza della maniglia da terra di 85-95 cm.

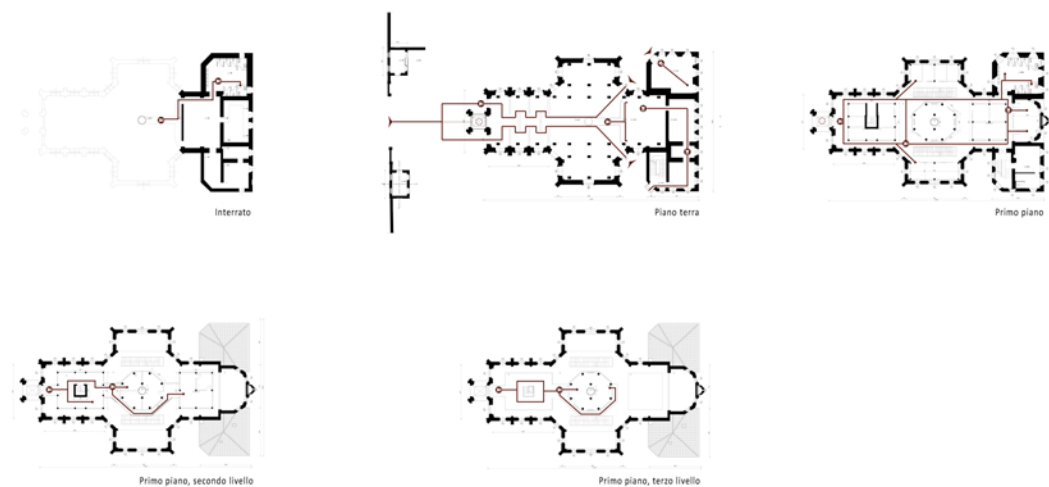


Figura 4.28: studio dell'accessibilità. Fuori scala

IL PROGETTO
STRUTTURALE

In questo capitolo si riportano le diverse verifiche e i dimensionamenti di alcune delle travi e di alcuni dei pilastri presenti all'interno dell'edificio. Si considerano i seguenti elementi:

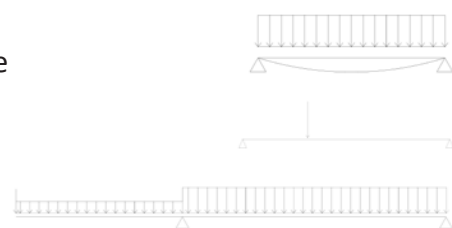
Strutture ex novo al primo piano:

Lamiera grecata e trave secondaria - unità ottagonale

Trave principale - unità ottagonale

Trave continua - unità ottagonale

Pilastro - unità ottagonale



Dimensionamento del solaio a graticcio ex novo:

Pannello di legno multistrato incrociato

Travi secondarie - in corrispondenza dell'unità ottagonale

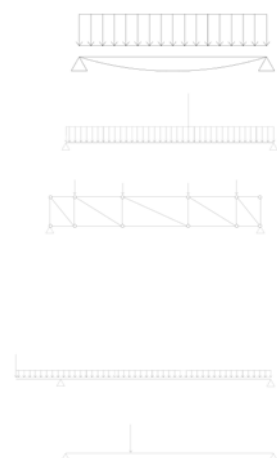
Trave reticolare - in corrispondenza dell'unità ottagonale

Profili scelti per le restanti travi secondarie e reticolari

Trave secondaria - in corrispondenza dell'unità laterale

Trave principale - in corrispondenza dell'unità laterale

Pilastro del piano terra

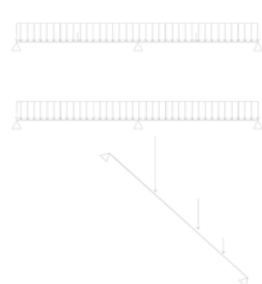


Copertura dell'edificio esistente:

Verifica delle travi di cornice della copertura lignea

Verifica delle travi non di cornice della copertura lignea

Verifica dei puntoni centrali della copertura lignea



Travi secondarie del secondo piano dell'unità ottagonale

I carichi variabili d'uso

NTC. 2018 - Paragrafo 3.1.4

I sovraccarichi, o carichi imposti, comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k
- carichi verticali concentrati Q_k
- carichi orizzontali lineari H_k

I valori nominali e/o caratteristici di q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di rilevanti amplificazioni dinamiche della risposta delle strutture.

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad altri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4 Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5 Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Tabella 5.1: tabella che riporta i sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Gli spazi sono stati associati al pari di aule universitarie e sale conferenze.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
C: C2	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4	4	2

Tabella 5.2: tabella che riporta i sovraccarichi per le categorie d'uso C2

Mentre per le travi di copertura è stata scelta la categoria H per le coperture accessibili solamente per manutenzione, mentre la categoria I per la copertura dell'unità esposta ad ovest poichè presenta una copertura praticabile.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.
 ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Tabella 5.3: tabella che riporta i sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
H-I-K	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,5	1,20	1
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categoria di appartenenza		

Tabella 5.4: tabella che riporta i sovraccarichi per le categorie d'uso H-I-K

I carichi permanenti non strutturali

CT.03 - Solaio in lamiera grecata collaborante - pavimento			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Cementine	0,02	20	0,4
Massetto	0,03	8	0,24
Polistirene	0,054	0,35	0,0189
Argilla espansa	0,13	8	1,04
Sughero	0,01	1,5	0,015
			1,71

CT.03 - Solaio in lamiera grecata collaborante - soffitto			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Finitura interna	0,015	24	0,36
Lana di vetro	0,05	0,21	0,0105
			0,037

Parete mobile in legno			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Parete mobile	0,1	6	0,6
			0,6

Tabella 5.5: tabelle che riportano i carichi permanenti non strutturali

NTC. 2018 - Paragrafo 3.1.3

[...]I tramezzi e gli impianti leggeri degli edifici per abitazioni e per uffici potranno assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e per uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente uniformemente distribuito g_2 , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_2 potrà essere correlato al peso proprio per unità di lunghezza G_2 delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00$ kN/m : $g_2 = 0,40$ kN/m²;
- per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00$ kN/m : $g_2 = 0,80$ kN/m²;
- per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00$ kN/m : $g_2 = 1,20$ kN/m²;
- per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00$ kN/m : $g_2 = 1,60$ kN/m²;
- per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00$ kN/m : $g_2 = 2,00$ kN/m².

Gli elementi divisori interni con peso proprio maggiore di 5,00 kN/m devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.

Peso proprio della parete mobile = 0,6 kN/m²
 Peso proprio per unità di lunghezza = 3,90 kN/m
 Il carico uniformemente distribuito $g_{2,1} = 1,60$ kN/m²

Carichi permanenti		
$G_{2,1}$	1,60	kN/m ²
$G_{2,2}$	1,71	kN/m ²
$G_{2,3}$	0,37	kN/m ²
G_2	3,68	kN/m ²

Carichi variabili		
q_k	4	kN/m ²

Sovraccarico uniformemente distribuito		
G_2+q_k	7,68	kN/m ²

Tabella 5.6: tabelle che riportano il riassunto dei carichi permanenti, variabili e il sovraccarico uniformemente distribuito

Dimensionamento della lamiera grecata

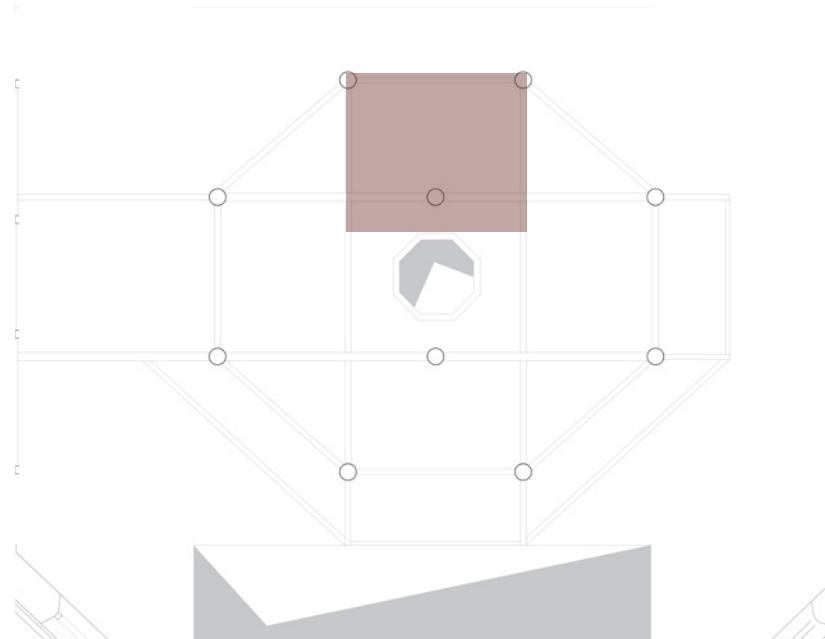


Figura 5.1: lamiera grecata dimensionata

Luce	2,92	m
Sovraccarico	7,68	kN/m ²

Tabella 5.7: tabella che riporta i dati di progetto per il dimensionamento della lamiera grecata

TIPO A 75/P 160 - HI-BOND
 HI-BOND TYPE A 75/P 160
 Luce massima in metri per solai HI-BOND - Max spans in meters - Max ent'axes en metres -
 Max spanweite in meters

H Soletta Slab Dalle Decke mm	Spessore Thickness Epaisseur Stärke mm	Sovraccarico utile uniformemente distribuito kN/m ² - Useful overload evenly distributed kN/m ² - Surcharge utile uniformément répartie kN/m ² - Nutzlast gleichmäßig verteilt kN/m ²												Caratteristiche statiche della soletta - Properties of the slab - Caracteristiques statiques de la dalle - Statische eingenschaften der decke								
		1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	H cm	Peso soletta - Slab weight Poids de la dalle - Gewicht der Decke kg/m ²	Spessore lamiera - Sheet thickness Epaisseur de la tôle - Blechstärke mm	I_x cm ⁴	J_{tot} cm ⁴ /m	W_x cm ³ /m	W_t cm ³ /m
12	0,70	3,35	3,18	3,04	2,92	2,81	2,71	2,62	2,54	2,46	2,39	2,32	2,17	2,00	12	163	0,70	3,46	242,29	1482,34	48,19	1100
	0,80	3,60	3,42	3,26	3,13	3,01	2,90	2,80	2,72	2,64	2,56	2,43	2,32	2,14	12	163	0,80	3,63	278,19	1565,51	48,32	1100
	1,00	4,03	3,82	3,64	3,49	3,35	3,23	3,12	3,02	2,93	2,85	2,70	2,57	2,20	12	163	1,00	3,92	447,60	1713,40	55,39	1100
13	0,70	4,42	4,18	3,98	3,81	3,62	3,46	3,33	3,22	3,11	3,03	2,87	2,75	2,20	13	188	0,70	3,77	429,60	1709,78	48,54	1250
	0,80	3,90	3,68	3,52	3,37	3,21	3,07	2,93	2,81	2,70	2,61	2,49	2,39	2,21	13	188	0,80	3,96	475,39	1801,39	52,58	1250
	1,00	3,92	3,75	3,61	3,47	3,30	3,25	3,15	3,06	2,96	2,91	2,77	2,65	2,46	13	188	1,00	4,28	569,77	1982,21	64,19	1250
14	0,70	4,30	4,12	3,95	3,81	3,68	3,56	3,45	3,35	3,26	3,18	3,03	2,90	2,20	14	213	0,70	4,06	531,80	1965,94	53,49	1400
	0,80	3,39	3,27	3,17	3,07	2,99	2,91	2,83	2,76	2,70	2,64	2,53	2,44	2,27	14	213	0,80	4,27	589,27	2069,22	60,44	1400
	1,00	3,81	3,67	3,55	3,44	3,34	3,25	3,16	3,08	3,01	2,94	2,82	2,71	2,53	14	213	1,00	4,62	691,94	2246,08	73,76	1400
15	0,70	4,18	4,03	3,89	3,77	3,66	3,56	3,46	3,38	3,30	3,22	3,08	2,96	2,20	15	238	0,70	4,23	649,22	2247,85	60,86	1550
	0,80	3,08	2,97	2,89	2,82	2,75	2,69	2,63	2,57	2,52	2,47	2,38	2,30	2,16	15	238	0,80	4,56	718,22	2382,76	68,79	1550
	1,00	3,89	3,78	3,68	3,59	3,50	3,43	3,35	3,28	3,22	3,16	3,02	2,96	2,84	15	238	1,00	4,95	844,65	2581,27	84,02	1550
1,20	4,05	3,93	3,82	3,72	3,62	3,54	3,45	3,38	3,31	3,24	3,12	3,01	2,82	15	238	1,20	5,27	999,08	2730,09	98,36	1550	

Figura 5.2: caratteristiche della lamiera 75/P 160 HI-BOND

H soletta (cm)	Spessore (mm)	Sovraccarico (kN/m ²)	Luce (m)	Peso kN/m ²
15	1,2	8	3,01	2,38

Tabella 5.8: tabella che riporta le caratteristiche della lamiera scelta

Per ogni impalcato è stato utilizzato il medesimo procedimento per dimensionare la lamiera grecata, utilizzando le diverse stratigrafie in funzione dell'ambiente considerato.

Caratterizzazione delle azioni elementari

NTC. 2018 - Paragrafo 2.5.2

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , come indicato nel §2.3.

In accordo con le definizioni del §2.3, il valore caratteristico G_k di azioni permanenti caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10 si può assumere coincidente con il valore medio.

Nel caso di azioni variabili caratterizzate da distribuzioni dei valori estremi dipendenti dal tempo, si assume come valore caratteristico quello caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno. Per le azioni ambientali (neve, vento, temperatura) il periodo di ritorno è posto uguale a 50 anni, corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 2% su base annua; per le azioni da traffico sui ponti stradali il periodo di ritorno è convenzionalmente assunto pari a 1000 anni. Nella definizione delle combinazioni delle azioni, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili di diversa natura che possono agire contemporaneamente: Q_{k1} rappresenta l'azione variabile di base e Q_{k2}, Q_{k3}, \dots le azioni variabili d'accompagnamento, che possono agire contemporaneamente a quella di base. Con riferimento alla durata relativa ai livelli di intensità di un'azione variabile, si definiscono:

- valore quasi permanente $\Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$: il valore istantaneo superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente,

esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità;

- valore frequente $\Psi_{1j} \cdot Q_{kj}$: il valore superato per un periodo totale di tempo che rappresenta una piccola frazione del periodo di

riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità;

- valore di combinazione $\Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$: il valore tale che la probabilità di superamento degli effetti causati dalla concomitanza con altre azioni sia circa la stessa di quella associata al valore caratteristico di una singola azione.

Nel caso in cui la caratterizzazione probabilistica dell'azione considerata non sia disponibile, ad essa può essere attribuito il valore nominale. Nel seguito sono indicati con pedice k i valori caratteristici; senza pedice k i valori nominali.

La Tab. 2.5.I riporta i coefficienti di combinazione da adottarsi per gli edifici civili e industriali di tipo corrente.

Tab. 2.5.I - Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 5.9: tabella che riporta i valori dei coefficienti di combinazione

Combinazioni delle azioni

NTC. 2018 - Paragrafo 2.6.1

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$X_{G1} \cdot G_1 + X_{G2} \cdot G_2 + X_P \cdot P + X_{Q1} \cdot Q_{k1} + X_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + X_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj} [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti Ψ_{0j} , Ψ_{1j} e Ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza X_{Gi} e X_{Qi} sono dati nel § 2.6.1.

Tab. 2.6.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

	Coefficiente	EQU	A1	A2	
					γ_f
Carichi permanenti G_i	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_{i2}^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tabella 5.10: tabella che riporta i valori dei coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

Dimensionamento della trave secondaria

Si è utilizzato lo schema di carico seguente:

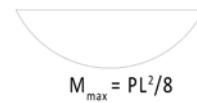
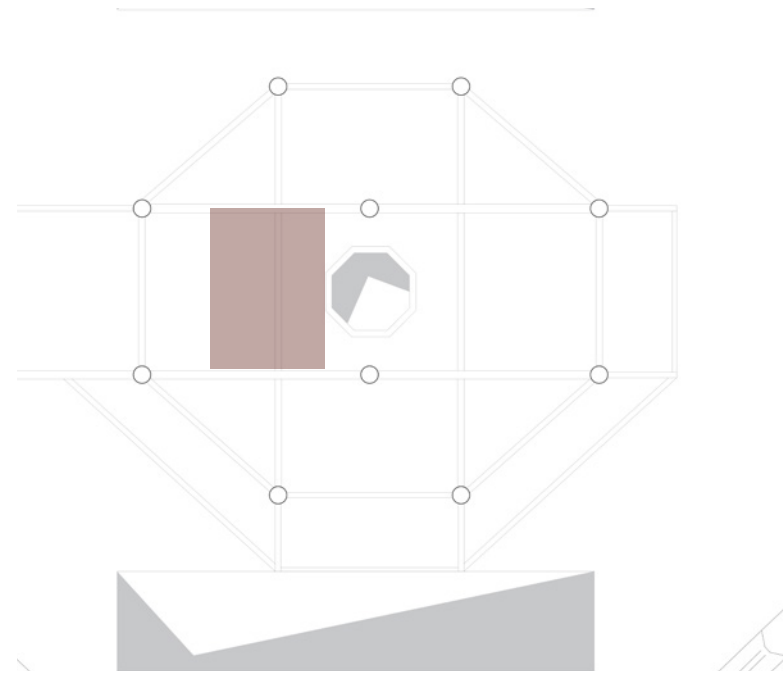


Figura 5.3: trave secondaria dimensionata e schema di carico statico della trave secondaria

Geometrie progetto	
Interasse i (m)	2,55
L (m)	2,7
Dati	
E (N/m ²)	2,1 E+11

Tabella 5.11: tabella che riporta le geometrie di progetto

Carichi permanenti strutturali G ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Lamiera	2,38	-	-	2,55	6,08
Trave	-	-	-	-	-
				G₁	6,08

Tabella 5.12: tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G₁

Carichi permanenti non strutturali G ₂					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pavimento	1,71	-	-	2,55	4,37
Soffitto	0,37	-	-	2,55	0,95
Partizioni	1,6			2,55	4,09
				G₂	9,40

Tabella 5.13: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G₂

Azioni variabili q ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q ₁	4	-	-	2,55	10,22
				q₁	10,22

Tabella 5.14: tabella che riporta le azioni variabili q₁

Verifica allo stato limite ultimo

NTC. 2018 - Paragrafo 4.2.4

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti		f_{yk} (N/mm ²)	355
γ_{G1}	1,3	γ_{m0}	1,5
γ_{G2}	1,5		
γ_{Q1}	1,5		

Tabella 5.15: tabella che riporta i valori di progetto

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU	37,34 kN/m
M_{Ed}	39,25 kNm
$M_{c,Rd}$	39,25 kNm
W_{pl}	0,0012 m ³
W_{pl}	116,10 cm ³

$$W_{pl} = M_{c,Rd} \cdot \gamma_{m0} / f_{yk}$$

Tabella 5.16: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12

Tabella 5.17: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Dati di profilo IPE 180:

$$\begin{aligned} h(m) &= 0,18 \\ b(m) &= 0,91 \\ T_w(m) &= 0,0053 \\ T_f(m) &= 0,0080 \\ r(m) &= 0,0090 \\ A(m^2) &= 0,0240 \end{aligned}$$

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 54,14 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,0095764 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 1869,3073 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0})$$

Verifica allo stato limite di esercizio ($\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$) (1)

Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tabella 5.18: limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Verifica degli spostamenti verticali: $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

Combinazione SLE = 25,70 kN/m

$\delta_{max} = 0,0116$ m

$I_{min} = 9,72E-06m^4$

$I_{min} = 971,72$ cm⁴

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
120	10,40	13,21	317,80	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	12,90	16,43	541,20	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79

Figura 5.19: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Verifica allo stato limite di esercizio ($\delta_{tot} = \delta_2$) (2)

Combinazione

Q_{k1}

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tabella 5.20: limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Combinazione SLE = 10,22 kN/m

$\delta_{max} = 0,010$ m

$I_{min} = 4,64E-06m^4$

$I_{min} = 463,65$ cm⁴

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
80	6,00	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	8,10	10,32	171,00	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	10,40	13,21	317,80	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	12,90	16,43	541,20	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35

Tabella 5.21: tabella dei diversi profili delle travi IPE

IPE 180	IPE 180
IPE 180	
IPE 140	

Dopo aver ottenuto la trave che soddisfacesse tutte le verifiche si è proceduto alle medesime verifiche considerando il peso stesso della trave. La trave IPE 180 non veniva verificata, quindi è stata utilizzata un' IPE 200 che risulta verificata.

Carichi permanenti strutturali G_1					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Lamiera	2,38	-	-	2,55	6,08
Trave	-	-	-	-	0,22
				G_1	6,30

Tabella 5.22: tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G_1

Carichi permanenti non strutturali G_2					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pavimento	1,71	-	-	2,55	4,37
Soffitto	0,37	-	-	2,55	0,95
Partizioni	1,6			2,55	4,09
				G_2	9,40

Tabella 5.23: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G_2

Azioni variabili q_1					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q_1	4	-	-	2,55	10,22
				q_1	10,22

Tabella 5.24: tabella che riporta le azioni variabili q_1

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU	37,63 kN/m
M_{Ed}	39,56 kNm
$M_{c,Rd}$	65,69 kNm
W_{pl}	194,30 cm ³

Verificata

Tabella 5.25: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 48,07 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,0013996 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 279,9477 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0})$$

Verificata

Verifica degli spostamenti verticali ($\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$): $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

$$\text{Combinazione SLE} = 25,93 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{max} = 0,0116 \text{ m}$$

$$I_{min} = 9,80E-06 \text{ m}^4$$

$$I_{min} = 980,19 \text{ cm}^4$$

$$I \text{ IPE } 200 = 1943 \text{ cm}^4$$

$$\delta_1 = 5/384 PL^4/EI = 0,0058519 \text{ m}$$

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2 = 0,0081586$$

Verificata

Verifica degli spostamenti verticali ($\delta_{tot} = \delta_2$): $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

$$\text{Combinazione SLE} = 10,22 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{max} = 0,0097 \text{ m}$$

$$I_{min} = 4,64E-06 \text{ m}^4$$

$$I_{min} = 463,65 \text{ cm}^4$$

$$I \text{ IPE } 200 = 1043 \text{ cm}^4$$

$$\delta_2 = 5/384 PL^4/EI = 0,0023067 \text{ m}$$

Verificata

La trave secondaria scelta per il secondo piano dell'ottagono è il profilo **IPE 200**.

Per il dimensionamento della trave di chiusura del ballatoio dell'ottagono è stato considerato il medesimo schema di carico. Nell'analisi dei carichi i pannelli mobili verranno sostituiti dal carico del parapetto in vetro.

Travi principali del secondo piano dell'unità ottagonale

Si è utilizzato lo schema di carico seguente:

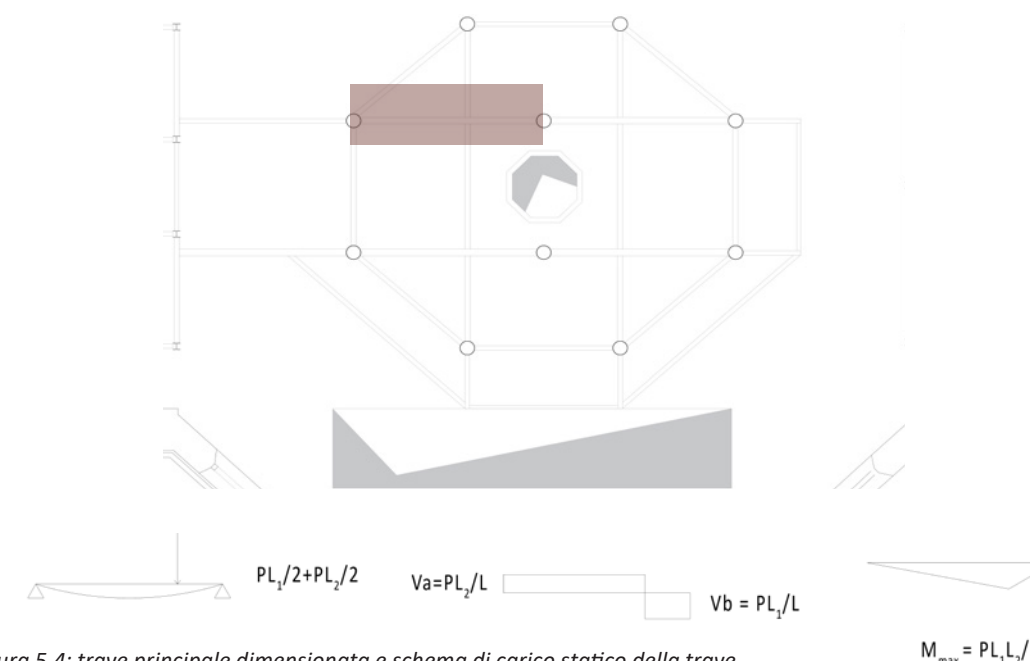


Figura 5.4: trave principale dimensionata e schema di carico statico della trave

Geometrie progetto	
Interasse i (m)	2,295
L (m)	3,62
Dati	
E (N/m ²)	2,1 E+11
$L_1=a$ (m)	2,16
$L_2=b$ (m)	1,46

Tabella 5.26: tabella che riporta le geometrie di progetto

Verifica allo stato limite ultimo

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

M_{Ed}	41,8 kNm
$M_{c,Rd}$	41,8 kNm
W_{pl}	0,0012 m ³
W_{pl}	123,6 cm ³

$$W_{pl} = M_{c,Rd} \cdot \gamma_{m0} / f_{yk}$$

Tabella 5.27: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12

Tabella 5.28: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Dati di profilo IPE 180:

$$\begin{aligned}
 h(m) &= 0,18 \\
 b(m) &= 0,0091 \\
 T_w(m) &= 0,0053 \\
 T_f(m) &= 0,008 \\
 r(m) &= 0,009 \\
 A(m^2) &= 0,002395
 \end{aligned}$$

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 28,8 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,0029 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 571,86 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0})$$

Verifica allo stato limite di esercizio ($\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$) (1)

Verifica degli spostamenti verticali: $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

$$\delta_{max} = 0,0116 \text{ m}$$

$$I_{min} = 892,73 \text{ cm}^4$$

$$f = (P ab/6LEI)(L+b)$$

$$f = (P ab/6LEI)(2L-b)$$

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
120	10,40	13,21	317,80	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	12,90	16,43	541,20	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12

Figura 5.29: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Verifica degli spostamenti verticali: $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

$$\delta_{max} = 0,012 \text{ m}$$

$$I_{min} = 297,48 \text{ cm}^4$$

$$f = (P ab/6LEI)(L+b)$$

$$f = (P ab/6LEI)(2L-b)$$

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
120	10,40	13,21	317,80	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	12,90	16,43	541,20	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79

Figura 5.30: tabella dei diversi profili delle travi IPE

IPE 180	IPE 180
IPE 180	
IPE 120	

Dopo aver ottenuto la trave che soddisfacesse tutte le verifiche si è proceduto alle medesime verifiche, considerando il peso stesso della trave.

Dati di profilo IPE 180:

$h(m) = 0,18$
 $b(m) = 0,0091$
 $T_w(m) = 0,0053$
 $T_f(m) = 0,008$
 $r(m) = 0,009$
 $A(m^2) = 0,002395$
 Peso (kg/m) = 18,8 = 0,188 kN/m

Verifica a flessione monoassiale SLU $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU	0,21 kN
M_{Ed}	42,1 kNm
$M_{c,Rd}$	49,46 kNm
W_{pl}	146,30 cm ³

Verificata

Tabella 5.30: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

Combinazione SLE = 0,16 kN/m

$V_{Ed} = 29,2$ kN

$A_v = 0,0024$ m²

$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$

Verificata

$V_{c,Rd} = 475,47$ kN

$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot y_{m0})$

Verifica degli spostamenti verticali ($\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$): $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

Combinazione SLE = 0,16 kN/m

$\delta_{max} = 0,0116$ m = L/300

$\delta_{max} = 0,012$ m = L/200

$\delta_{tot} = 0,01140$ m

Verificata

Viene effettuata una simulazione con il software ftool per verificare il massimo abbassamento in mezzera.

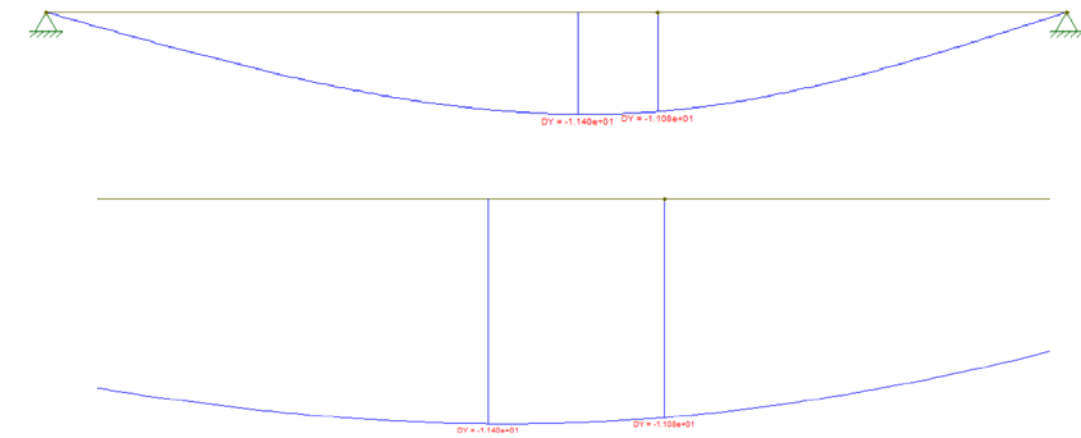


Figura 5.5: l'abbassamento finale ottenuto attraverso il software ftool

Per il dimensionamento della trave principale della passerella centrale si farà riferimento allo schema statico utilizzato per questo caso con i seguenti dati:

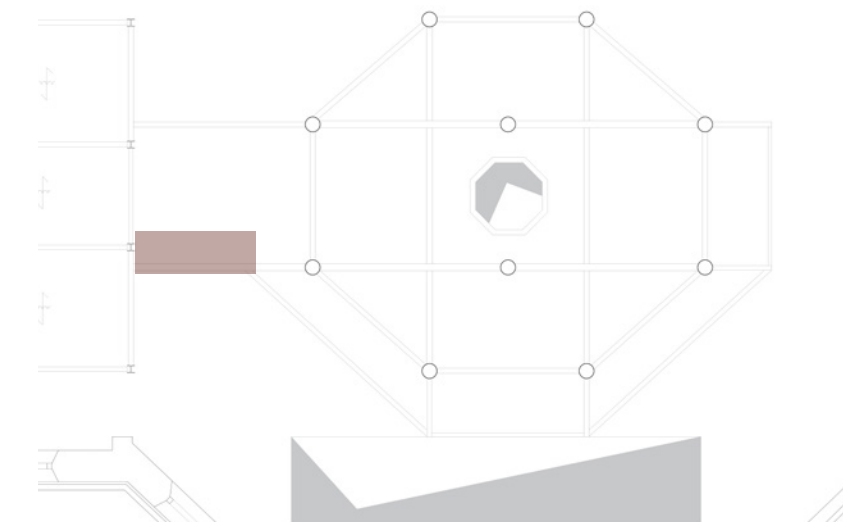


Figura 5.6: la trave della passerella centrale

$L_1 = a$ (m)	2,16
$L_2 = b$ (m)	1,20

Figura 5.31: tabella che riporta le geometrie di progetto dello schema di carico per la passerella centrale

Eseguito il medesimo procedimento si ottiene un profilo **IPE 200**.

Trave continua del secondo piano dell'unità ottagonale

Si è utilizzato lo schema di carico seguente:

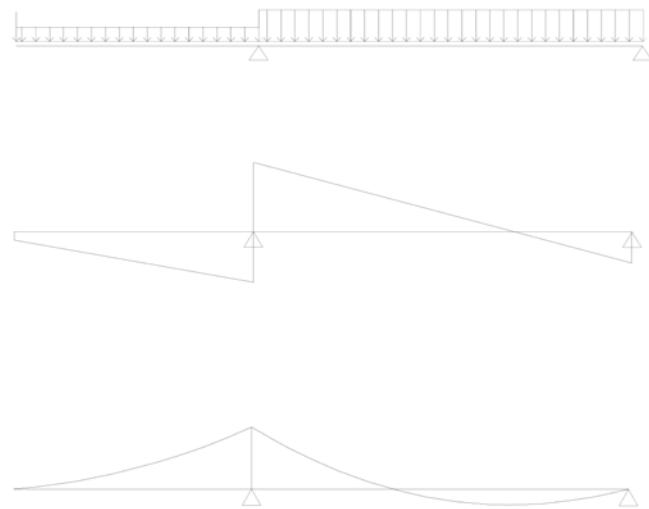
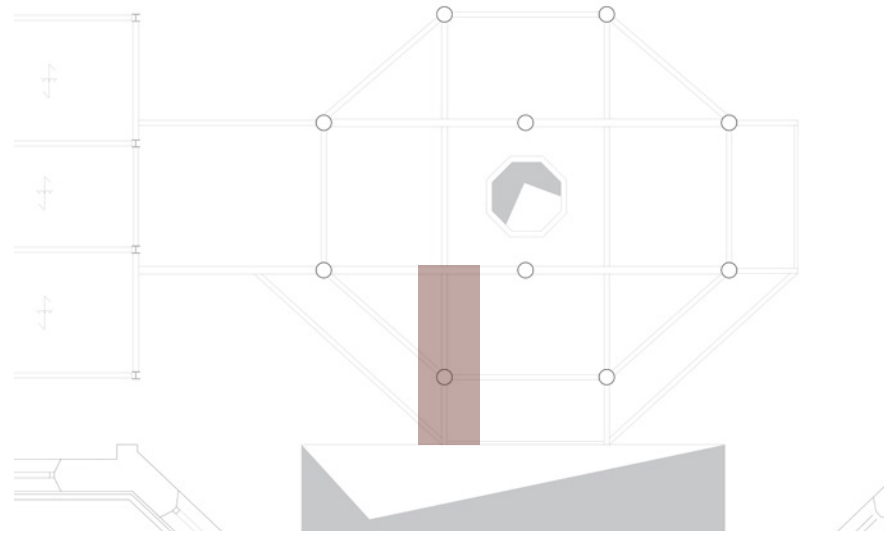


Figura 5.7: trave principale dimensionata e schema di carico statico della trave

Geometrie progetto	
Interasse i (m)	2,54
L (m)	3,13
Dati	
E (N/m ²)	2,1 E+11

Tabella 5.32: tabella che riporta le geometrie di progetto

Lamiera				
H soletta (cm)	Spessore (mm)	Sovraccarico (kN/m ²)	Luce (m)	Peso kN/m ²
15	1	6	2,96	2,38

Tabella 5.33: tabella che riporta le caratteristiche della lamiera scelta

Carichi permanenti strutturali G_1					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Lamiera	2,38	-	-	2,54	6,05
Trave	-	-	-	-	-
				G_1	6,05

Tabella 5.34: tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G_1

Carichi permanenti non strutturali G_2					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pavimento	0,4	-	-	2,54	1,02
Soffitto	0,37	-	-	2,54	0,94
Partizioni	1,008			2,54	2,56
				G_2	4,52

Tabella 5.35: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G_2

Azioni variabili q_1					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q_1	4	-	-	2,54	10,16
				q_1	10,16

Tabella 5.36: tabella che riporta le azioni variabili q_1

NTC. 2018 - Paragrafo 4.2.4

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti		f_{yk} (N/mm ²)	355
γ_{G1}	1,3	γ_{m0}	1,5
γ_{G2}	1,5		
γ_{q1}	1,5		

Tabella 5.37: tabella che riporta i valori di progetto

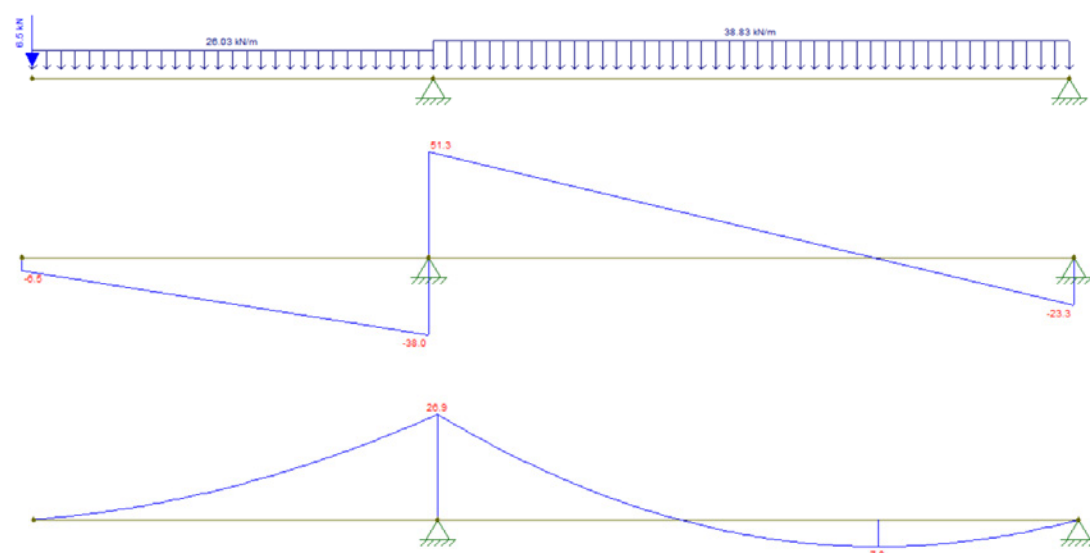


Figura 5.8: schema di carico, diagramma del taglio e del momento effettuati con il software ftool

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU	26,03 kN/m
M_{Ed}	26,9 kNm
$M_{c,Rd}$	26,9 kNm
W_{pl}	0,0008 m ³
W_{pl}	79,56 cm ³

per il ballatoio, mentre 38,83 kN/m per il solaio interno

$$W_{pl} = M_{c,Rd} \cdot \gamma_{m0} / f_{yk}$$

Tabella 5.38: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
160	15,80	20,09	869,30	68,31	108,70	16,66	6,58	1,84
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12

Tabella 5.39: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Dati di profilo IPE 160:

$$\begin{aligned} h \text{ (m)} &= 0,16 \\ b \text{ (m)} &= 0,0082 \\ T_w \text{ (m)} &= 0,005 \\ T_f \text{ (m)} &= 0,0074 \\ r \text{ (m)} &= 0,009 \\ A \text{ (m}^2\text{)} &= 0,02009 \end{aligned}$$

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= 51,30 \text{ kN} \\ A_v &= 0,000302972 \text{ m}^2 & A_v &= A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f \\ V_{c,Rd} &= 59,14 \text{ kN} & V_{c,Rd} &= A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}) \end{aligned}$$

Dopo aver ottenuto la trave che soddisfacesse tutte le verifiche si è proceduto alle medesime verifiche, considerando il peso stesso della trave.

Verifica a flessione monoassiale SLU $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU	30,14 kN/m
M_{Ed}	29,90 kNm
$M_{c,Rd}$	36,75 kNm
W_{pl}	108,70 cm ³

per il ballatoio, mentre 42,95 kN/m per il solaio interno

Verificata

Tabella 5.40: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= 56,80 \text{ kN} \\ A_v &= 0,000303 \text{ m}^2 & A_v &= A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f \\ V_{c,Rd} &= 59,14 \text{ kN} & V_{c,Rd} &= A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}) \end{aligned}$$

Verificata

Verifica degli spostamenti verticali ($\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$): $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

Combinazione SLE = 20,93 kN/m per il ballatoio e SLE= 25,91 kN/m per il solaio interno

$\delta_{max} = 0,01565 \text{ m} = L/200$

$\delta_{max} = 4,55 \text{ mm}$

$\delta_{tot} = 8,25 \text{ mm} < 15,65 \text{ mm}$

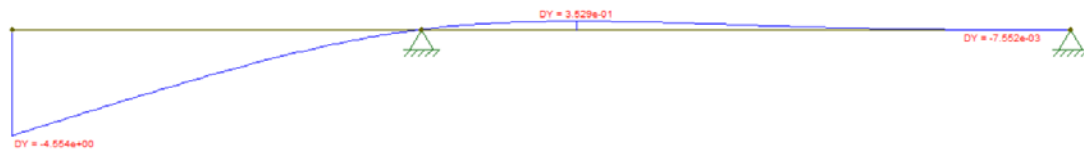


Figura 5.9: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool

Verifica degli spostamenti verticali ($\delta_{tot} = \delta_2$): $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

Combinazione SLE = 10,16 kN/m per il ballatoio e SLE= 10,22 kN/m per il solaio interno

$\delta_{max} = 0,0104 \text{ m}$

$\delta_{max} = 3,70 \text{ mm} < L/300$

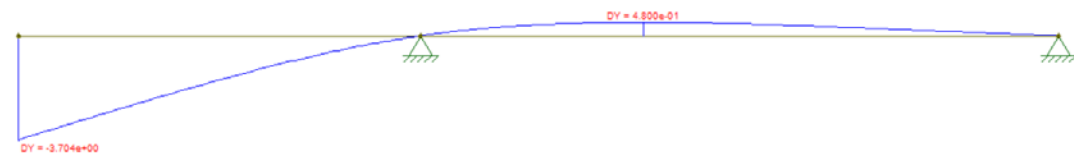


Figura 5.10: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool

Il profilo **IPE 160** risulta verificato.

I pilastri dell'unità ottagonale

Per comprendere quale fosse il pilastro sottoposto a più sforzi, se ne sono analizzati quattro di essi, riportando poi i carichi a cui sono sottoposti.

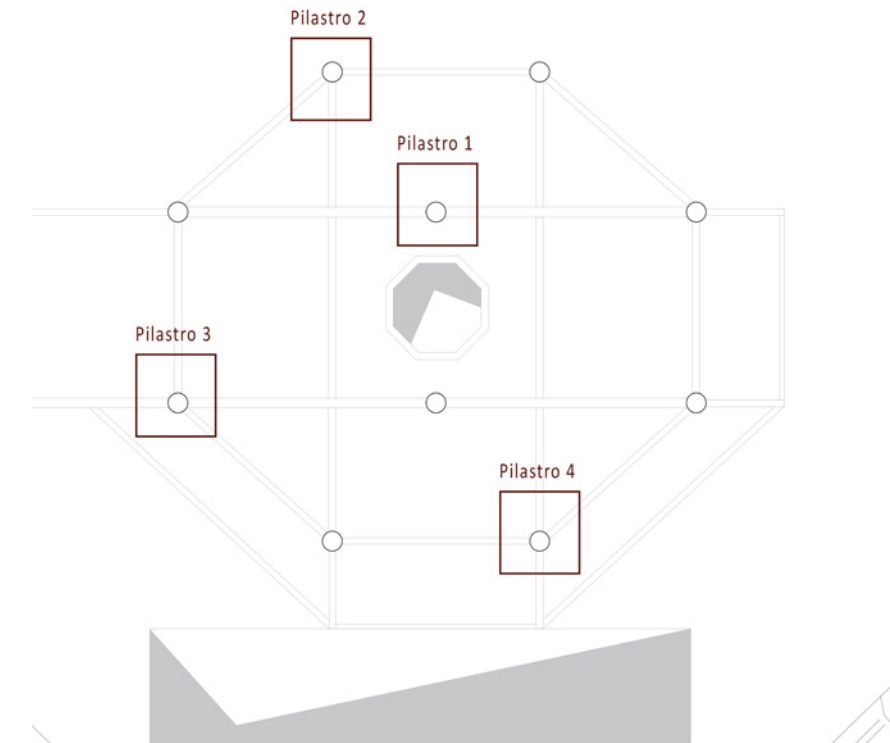


Figura 5.11: schema dei pilastri analizzati

Pilastro 1			
	V_{Ed} (kN)	n° travi	N_{Ed} (kN)
IPE 180 1° piano	29,20	2	158,1
IPE 180 2° piano	29,20	2	158,1
IPE 180 copertura	26,19	2	52,38
			169,18

Tabella 5.41: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 1

Pilastro 2			
	V_{Ed} (kN)	n° travi	N_{Ed} (kN)
IPE 200 1° piano	48,07	3	144,21
IPE 200 2° piano	48,07	3	144,21
IPE 120 copertura	15,56	3	46,68
			335,1

Tabella 5.42: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 2

Pilastro 3			
	V _{Ed} (kN)	n° travi	N _{Ed} (kN)
IPE 120 copertura	15,56	2	31,12
IPE 180 copertura	26,19	1	26,19
IPE 200 1°-2° piano	48,07	4	192,28
IPE 180 1°-2° piano	29,2	2	58,4
Travi del ballatoio	27	2	54
			361,99

Tabella 5.43: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 3

Pilastro 4			
	V _{Ed} (kN)	n° travi	N _{Ed} (kN)
IPE 120 copertura	15,56	3	46,68
IPE 200 2° piano	48,07	2	96,14
Trave continua 1°-2° piano	51,7	2	103,4
IPE 200 1° piano	48,07	2	96,14
			342,36

Tabella 5.44: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 4

Dalle tabelle riportate il pilastro più critico risulta il numero 3. Alla N_{Ed} = 361,99 è stato sommato il peso delle travi principali e il peso del pilastro x 1,5.

	Peso (kN/m)	Lunghezza (m)	n° travi	Peso finale (kN)
IPE 180	0,361	3,62	3	2,04
IPE 200	0,252	3,37	4	3,02

Tabella 5.45: tabella che riporta il peso delle travi principali

	Peso (kN/m)	Altezza (m)	Peso finale (kN)
Peso pilastro	0,5	10,05	7,88

Tabella 5.46: tabella che riporta il peso del pilastro

$$N_{Ed} = 467,24 \text{ kN}$$

Verifica a resistenza a compressione $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$

$$N_{c,Rd} = A f_{yk} / Y_{M0}$$

per le sezioni di classe 1,2 e 3

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	Y _{M0}	1,05
Resistenza all'instabilità delle membrature	Y _{M1}	1,05
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	Y _{M1}	1,10
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	Y _{M2}	1,25

Tabella 5.47: tabella che riporta i valori di Y_{M0}

	N/m ²	N/cm ²	N/mm ²
f _{yk} S355	355000000	35500	355
E	2,1E+11	21000000	210000

Tabella 5.48: tabella che riporta i valori di progetto

Considerando la situazione più svantaggiosa $N_{Ed} = N_{c,Rd}$

$$N_{c,Rd} = N_{Ed} = A f_{yk} / Y_{M0}$$

$$A = N_{Ed} Y_{M0} / f_{yk} = 13,82 \text{ cm}^2$$

d x s mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm ²	Sezione metallica cm ²	Momenti di inerzia	Moduli di resistenza	Raggi di inerzia
				Jx = Jy cm ⁴	Wx = Wy cm ³	ix = iy cm
76,1 x 2,6	4,75	39,5	6	40,6	10,7	2,6
76,1 x 2,9	5,28	38,8	6,67	44,7	11,8	2,59
76,1 x 3,2	5,8	38,2	7,33	48,8	12,8	2,58
76,1 x 3,6	6,49	37,3	8,2	54	14,2	2,57
88,9 x 2,6	5,57	55	7,05	65,7	14,8	3,05
88,9 x 3,2	6,81	53,5	8,62	79,2	17,8	3,03
88,9 x 3,6	7,63	52,4	9,65	87,9	19,8	3,02
88,9 x 4,0	8,43	51,4	10,7	96,3	21,7	3
114,3 x 3,6	9,9	90,1	12,5	192	33,6	3,92
114,3 x 4,0	11	88,7	13,9	211	36,9	3,9
114,3 x 4,5	12,1	87,1	15,5	234	41	3,89
139,7 x 2,9	9,86	141	12,5	292	41,8	4,84
139,7 x 3,6	12,2	138	15,4	357	51,1	4,81
139,7 x 4,0	13,5	136	17,1	393	56,2	4,8
139,7 x 4,5	14,9	134	19,1	437	62,6	4,78

Tabella 5.49: tabella dei diversi profili tubolari

Verifica di stabilità delle membrature

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} \leq 1$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{M1}$$

$$= 1 / [\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}] \leq 1$$

$$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

α è il fattore di imperfezione ricavato dalla Tab. 4.2.VIII della NTC. 2018

Sezione trasversale	Limiti	Inflexione intorno all'asse	Curva di instabilità				
			S235, S275, S355, S420	S460			
Sezioni laminare 	$h/b > 1,2$	y-y z-z	a	a ₀			
			b	a			
	$h/b \leq 1,2$	y-y z-z	b	a			
			d	c			
Sezioni ad I saldate 	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b	b			
	$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c	d			
Sezioni cave 	Sezione formata "a caldo"	qualunque	a	a ₀			
	Sezione formata "a freddo"	qualunque	c	c			
Sezioni scatolari saldate 	In generale	qualunque	b	b			
	saldature "spesse": $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$; $h/t_w < 30$	qualunque	c	c			
Sezioni piene, ad U e T 		qualunque	c	c			
Sezioni ad L 		qualunque	b	b			
Curva di instabilità			a ₀	a	b	c	d
Fattore di imperfezione α			0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Figura 5.12: tabella che riporta le diverse curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi

Carico critico elastico		
π	3,14	-
E	21000000	N/cm ²
I	5114,00	cm ⁴
$L_0 = \beta L$ (con $\beta=1$)	1005,00	cm
$N_{cr} = \pi^2 E I / L_0^2$	1049415,90	N
$\lambda = \sqrt{A f_{yk} / N_{cr}}$	5,15	adm

Tabella 5.50: tabella che riporta i dati per il calcolo del carico critico elastico

Stabilità a compressione		
Curva di instabilità	c	-
α	0,49	-
Φ	14,97	adm
χ	1	adm
$N_{b,Rd}$	1829095,24	N
N_{Ed}	467237,6729	N
$N_{Ed} / N_{b,Rd}$	0,26	adm
$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1$	Verificata	

Tabella 5.51: tabella che riporta la verifica di stabilità a compressione

Il profilo **139,7 x 3,6** mm è verificato.

Pannello in legno multistrato incrociato

Si è effettuata nuovamente l'analisi dei carichi nell'area di influenza presente nella figura.

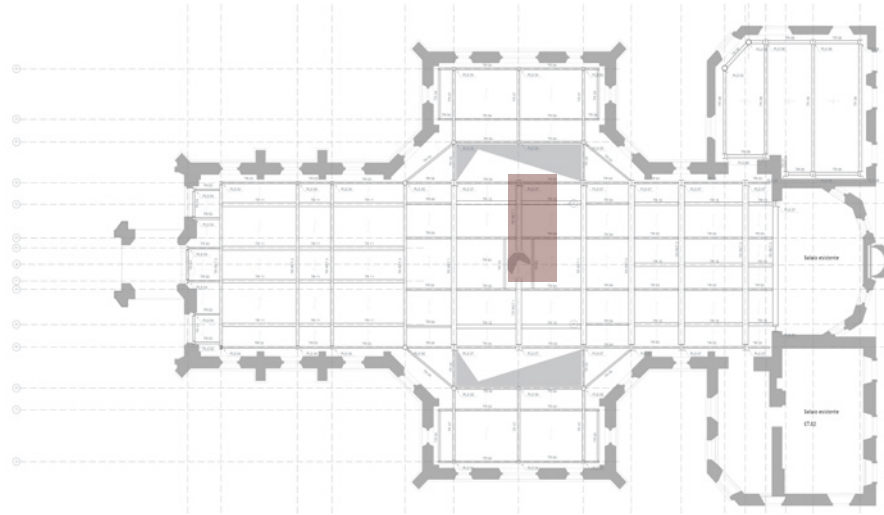


Figura 5.13: area considerata per l'analisi dei carichi

CT.03 SOLP - Solaio con pannello in legno multistrato incrociato - pavimento			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Cementine	0,02	20	0,4
Massetto	0,03	8	0,24
Polistirene	0,054	0,35	0,0189
Argilla espansa	0,13	8	1,04
Sughero	0,01	1,5	0,015
			1,71

CT.03 SOLP - Solaio con pannello in legno multistrato incrociato - soffitto			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Finitura interna	0,015	24	0,36
Lana di vetro	0,05	0,21	0,0105
			0,037

Parete mobile in legno			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Parete mobile	0,09	6	0,54
			0,54

Vetrature scorrevoli			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Vetro	0,016	25	0,4
			0,4

Tabella 5.52: tabelle che riportano l'analisi dei carichi per il solaio, per la parete mobile in legno e per le vetrature scorrevoli

Peso proprio della parete mobile = 0,54 kN/m²
 Peso proprio per unità di lunghezza = 4,59 kN/m
 Il carico uniformemente distribuito $g_{2,1} = 2 \text{ kN/m}^2$

Peso proprio della vetrata = 0,4 kN/m²
 Peso proprio per unità di lunghezza = 1,4 kN/m
 Il carico uniformemente distribuito $g_{2,1} = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Carichi permanenti		
$G_{2,1}$	2,08	kN/m ²
$G_{2,2}$ (peso del pannello)	1,10	kN/m ²
$G_{2,3}$	2,80	kN/m ²
G_2	5,98	kN/m²

Carichi variabili		
q_k	5	kN/m ²

Sovraccarico uniformemente distribuito		
$G_2 + q_k$	10,98	kN/m ²

Tabella 5.53: tabelle che riportano il riassunto dei carichi permanenti, variabili e il sovraccarico uniformemente distribuito

Tab. 4.4.I - Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi - 10 anni
Media durata	1 settimana - 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

Tabella 5.54: tabella che riporta le classi di durata del carico

Tab. 4.4.II - Classi di servizio

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Tabella 5.55: tabella che riporta le classi di servizio

Tab. 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	Colonna A γ_M	Colonna B γ_M
combinazioni fondamentali		
legno massiccio	1,50	1,45
legno lamellare incollato	1,45	1,35
pannelli di tavole incollate a strati incrociati	1,45	1,35
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,40
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,30
unioni	1,50	1,40
combinazioni eccezionali	1,00	1,00
Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.		

Tabella 5.56: tabella che riporta i coefficienti parziali γ_m per le proprietà dei materiali

Tab. 4.4.IV - Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico					
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea	
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
Legno lamellare incollato (*)	UNI EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Compensato	UNI EN 636:2015	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		OSB/3	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parte 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80	
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

(*) I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 5.57: tabella che riporta i valori K_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Dati del pannello		
Larghezza del pannello	3500	mm
Altezza	200	mm
A_{tot}	700000	mm ²
J_{tot}	2,33E+09	mm ⁴
W_{tot}	23333333,33	mm ³
Lunghezza	8,5	m
Interasse	3,50	m
K_{mod}	0,3	adm
γ_m	1,45	adm

Tabella 5.58: tabella che riporta le geometrie e i dati del pannello

Proprietà del legno - EN 14080		
GL 24g		
$f_{m,k}$	24	N/mm ²
$f_{t,0,k}$	19,2	N/mm ²
$f_{t,90,k}$	0,5	N/mm ²
$f_{c,0,k}$	24	N/mm ²
$f_{c,90,k}$	2,5	N/mm ²
$f_{v,k}$	3,5	kN/mm ²
$E_{0,mean}$	116000	kN/mm ²
$E_{0,05}$	9600	kN/mm ²
$E_{90,mean}$	300	kN/mm ²
G_{mean}	650	kN/mm ²
ρ_k	385	kg/m ³
ρ_{mean}	420	kg/m ³

Tabella 5.59: tabella che riporta le proprietà del legno scelto

Resistenze di calcolo		
$f_{m,d} = f_{m,k} k_{mod} / \gamma_m$	4,965	N/mm ²
$f_{v,d} = f_{v,k} K_{mod} / \gamma_m$	0,724	N/mm ²
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_m$	0,517	N/mm ²

Tabella 5.60: tabella che riporta le resistenze di calcolo

Carichi permanenti strutturali G_1					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pannello	1,10	-	-	3,55	3,85
				G_1	3,85

Tabella 5.61: tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G_1

Carichi permanenti non strutturali G_2					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Vetrate	0,8	-	-	3,55	2,80
Pavimento	2,08	-	-	3,55	7,30
Pannelli mobili	2			3,55	7,00
				G_2	17,10

Tabella 5.62: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G_2

Azioni variabili q_1					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q_1	5	-	-	3,55	17,5
				q_1	17,50

Tabella 5.63: tabella che riporta le azioni variabili q_1

NTC. 2018- Paragrafo 4.2.4

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti	
γ_{G1}	1,3
γ_{G2}	1,5
γ_{mo}	1,45
$f_{m,k}$ (N/mm ²)	24

Combinazione SLU: 53,37 kN/m

$$M_{Ed} = 63,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 82,4 \text{ kNm}$$

Tabella 5.64: tabella che riporta i valori di progetto

Verifica a flessione

$$\sigma_{m,d} = M_{Ed} / W_{tot} = 2,70429E-06 \text{ kNm/mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,54461 \leq 1$$

Verificata

Verifica a flessione

$$\tau = 1,5 V_{Ed} / A = 0,000176571 \text{ kN/mm}^2$$

$$\tau_d / f_{v,d} = 0,24 \leq 1$$

Verificata

Calcolo delle deformazioni

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} \leq L/300 = 0,0117 \text{ m}$$

Combinazione SLE: 38,45 kN/m

Deformazione a breve termine

$$w_{isnt} = 5/384 (g_1 L^4 / EI) = 9,66808E-09 \text{ mm}$$

$$w_{isnt} = 1/48 (PL^3 / EI) = 0,00001817294 \text{ mm}$$

Deformazione a lungo termine

$$K_{def} = 0,8$$

$$E_{ridotto} = E_{0,mean} (1 / (1 + k_{def})) = 6444,44 \text{ kN/mm}^2$$

$$w_{creep} = 5/384 (g_1 L^4 / E_{ridotto} I) = 1,74026E-08 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} = 1,8E-05 \text{ mm} \leq L/300$$

Verificata

Trave secondaria del graticcio

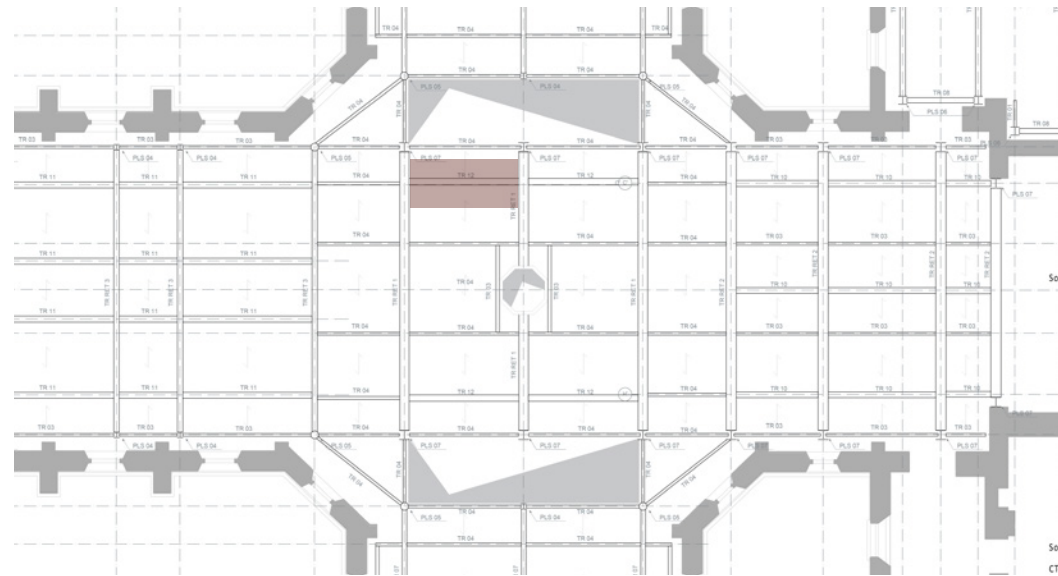


Figura 5.14: trave considerata per il dimensionamento

L'analisi dei carichi risulta analoga alla casistica precedente.

Geometrie progetto	
Interasse i (m)	1,44
L (m)	3,65
Dati	
E (N/m ²)	2,1 E+11

Tabella 5.65: tabella che riporta le geometrie di progetto

Carichi permanenti non strutturali G ₂					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pavimento	1,71	-	-	1,44	2,46
Soffitto	0,37	-	-	1,44	0,53
Partizioni	2,40			1,44	3,46
				G₂	6,46

Tabella 5.66: tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G₁

Carichi permanenti strutturali G ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pannello legno	1,10	-	-	1,44	1,58
				G₁	1,58

Tabella 5.67: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G₂

Azioni variabili q ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q ₁	5	-	-	1,44	7,20
				q₁	7,20

Tabella 5.68: tabella che riporta le azioni variabili q₁

Combinazione di carico

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti		f _{yk} (N/mm ²)	355
γ _{G1}	1,3	γ _{m0}	1,5
γ _{G2}	1,5		
γ _{Q1}	1,5		

Tabella 5.69: tabella che riporta i valori di progetto

Combinazione SLU: 21,57 kN/m

Oltre al sovraccarico uniformemente distribuito, sulla trave cade il pilastro dell'unità ottagonale del piano superiore. Il pilastro più critico risulta il pilastro 3 come riportato in precedenza. La N_{Ed} finale del pilastro risulta 467,24 kN. Lo schema di carico utilizzato è il seguente.

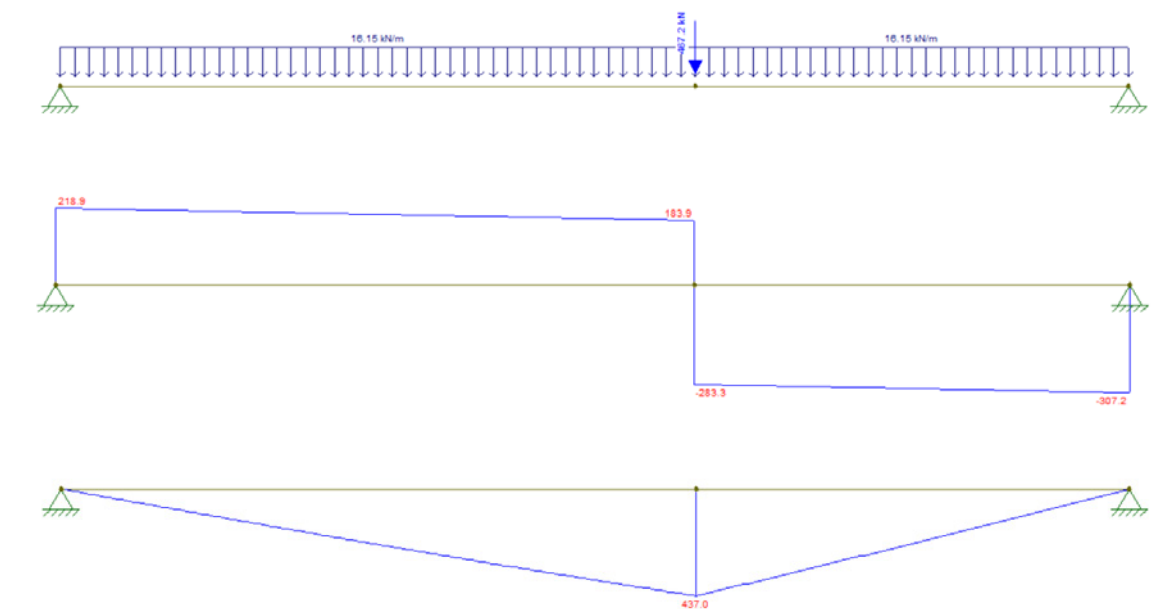


Figura 5.15: schema di carico, diagramma del taglio e del momento della trave effettuati con il software ftool

$$M_{Ed} = 437,00 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = 437,00 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = M_{c,Rd} \gamma_{m0} / f_{yk} = 0,0120 \text{ m}^3 = 1292,5 \text{ cm}^3$$

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12
500	90,7	115,5	48200,00	2.142	1928,00	214,2	20,43	4,31

Tabella 5.70: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Dati di profilo IPE 450:

$$h \text{ (m)} = 0,45$$

$$b \text{ (m)} = 0,19$$

$$T_w \text{ (m)} = 0,0094$$

$$T_f \text{ (m)} = 0,0146$$

$$r \text{ (m)} = 0,0210$$

$$A \text{ (m}^2\text{)} = 0,0988$$

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 307,20 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,094022 \text{ m}^2 \quad A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

$$V_{c,Rd} = 18353,1 \text{ kN} \quad V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0})$$

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU considerando il peso della trave: 23,55 kN/m

$$M_{Ed} = 448,90 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} \text{ IPE 450} = 1500,00 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{m0} = 507,14 \text{ kNm} \quad \text{Verificata}$$

Verifica a taglio $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 320,70 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,09402244 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 18353,12 \text{ kN} \quad \text{Verificata}$$

Verifica degli spostamenti verticali: $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

Combinazione SLE = 16,15 kN/m

$$\delta_{max} = 0,0122 \text{ m}$$

$$\delta = 0,00516 \text{ m} \quad \text{Verificata}$$

La trave scelta è un profilo **IPE 450** e risulta verificata.

Per il dimensionamento delle altre travi secondarie del graticcio si è ragionato nel medesimo modo. Per l'unità ovest si sommano ai carichi permanenti il carico delle pareti in Xlam (6,14 kN/m²) con una combinazione SLU finale di 71,85 kN/m. Il carico concentrato è dato dal pilastro dell'unità ad ovest del primo piano. Anche in questo caso sono stati analizzati diversi pilastri e il pilastro 2 risulta quello più problematico. Al valore di 223,32 kN è stato aggiunto il peso del pilastro. Lo schema di carico utilizzato risulta il seguente.

Pilastri	N_{Ed}	Lunghezza	Interasse
Pilastro 1	175,03	4,24 m	2,07 m
Pilastro 2	223,32		
Pilastro 3	211,46		
Pilastro 4	157,86		

Tabella 5.17: tabella con le analisi dei diversi pilastri presenti nell'unità ovest

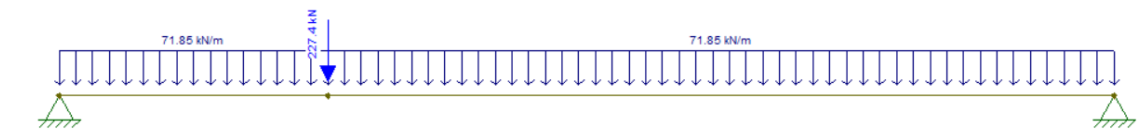


Figura 5.16: schema di carico per la trave secondaria del graticcio in corrispondenza dell'unità ovest

$$M_{Ed} = 307,85 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 321,80 \text{ kNm}$$

$$\delta = 0,003072 \text{ m}$$

Profilo scelto e verificato: **IPE 400**.

Per l'unità est il pilastro utilizzato è il pilastro 1 a cui si è sommato il peso del pilastro stesso. $N_{Ed} = 365,57 \text{ kN}$

Pilastri	N_{Ed}	Lunghezza	Interasse
Pilastro 1	360,8	3,5 m	1,43 m
Pilastro 2	307,8		

Tabella 5.72: tabella con le analisi dei diversi pilastri presenti nell'unità est

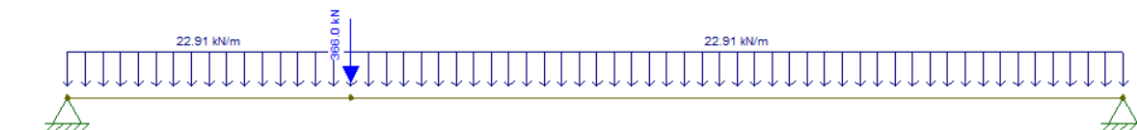


Figura 5.17: schema di carico per la trave secondaria del graticcio in corrispondenza dell'unità est

$$M_{Ed} = 279,20 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 307,80 \text{ kNm}$$

$$\delta = 0,003072 \text{ m}$$

Profilo scelto e verificato: **IPE 360**.

Dimensionamento elementi compressi		
Predimensionamento montanti		
$N_{pl,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$		
f_{yk}	355	N/mm ²
γ_{m0}	1,05	-
N_{Ed}	1159,1	kN
A_{min}	34,283	cm ²
Profilo UPN 220		
A	37,400	cm ²
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$		
$N_{c,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$	1264,48	kN
N_{Ed}	1159,1	kN
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$	Sì	
Verifica stabilità dei montanti		
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$		
N_{Ed}	1159,1	kN
$N_{B,Rd} = (\chi A f_{yk})/\gamma_{m0}$	1274,02	kN
$\chi = 1/(\phi + (\sqrt{\phi^2 - \lambda^2})) \leq 1$	1	adm
$\phi = 0,5 (1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2)$	0,51	adm
$\lambda = \sqrt{(A f_{yk})/N_{cr}}$	0,185	adm
α	0,49	adm
$N_{cr} = \pi^2 E I_0^2$	38692,77	kN
E	2,1E+11	N/m ²
$I_0 = \beta I$	1,2	m
β	1	adm
I	2691	cm ⁴
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$	Sì	

Tabella 5.76: tabella che riporta il dimensionamento degli elementi compressi e la verifica di stabilità di quest'ultimi

Dimensionamento elementi compressi		
Predimensionamento correnti superiori		
$N_{pl,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$		
f_{yk}	355	N/mm ²
γ_{m0}	1,05	-
N_{Ed}	1755,2	kN
A_{min}	51,914	cm ²
Profilo UPN 280		
A	53,4	cm ²
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$		
$N_{c,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$	1805,43	kN
N_{Ed}	1755,2	kN
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$	Sì	
Verifica stabilità dei montanti		
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$		
N_{Ed}	1755,2	kN
$N_{B,Rd} = (\chi A f_{yk})/\gamma_{m0}$	1776,11	kN
$\chi = 1/(\phi + (\sqrt{\phi^2 - \lambda^2})) \leq 1$	1	adm
$\phi = 0,5 (1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2)$	0,53	adm
$\lambda = \sqrt{(A f_{yk})/N_{cr}}$	0,232	adm
α	0,49	adm
$N_{cr} = \pi^2 E I_0^2$	35250,00	kN
E	2,1E+11	N/m ²
$I_0 = \beta I$	1,92	m
β	1	adm
I	6276	cm ⁴
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$	Sì	

Tabella 5.77: tabella che riporta il dimensionamento degli elementi compressi e la verifica di stabilità di quest'ultimi

Dimensionamento elementi tesi		
Predimensionamento correnti inferiori		
$N_{pl,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$		
f_{yk}	355	N/mm ²
γ_{m0}	1,05	-
N_{Ed}	492,4	kN
A_{min}	14,564	cm ²
Profilo UPN 200		
A	32,2	cm ²
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$		
$N_{c,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$	1088,67	kN
N_{Ed}	492,4	kN
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$	Sì	
Verifica stabilità dei montanti		
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$		
N_{Ed}	492,4	kN
$N_{B,Rd} = (\chi A f_{yk})/\gamma_{m0}$	1096,88	kN
$\chi = 1/(\phi + (\nu\phi^2 - \lambda^2)) \leq 1$	1	adm
$\phi = 0,5 (1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2)$	0,66	adm
$\lambda = \nu(A f_{yk})/N_{cr}$	0,449	adm
α	0,49	adm
$N_{cr} = \pi^2 E I_0 / l_0^2$	5677,16	kN
E	2,1E+11	N/m ²
$l_0 = \beta l$	2,64	m
β	1	adm
l	1911	cm ⁴
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$	Sì	

Tabella 5.78: tabella che riporta il dimensionamento degli elementi tesi e la verifica di stabilità di quest'ultimi

Dimensionamento elementi tesi		
Predimensionamento diagonali		
$N_{pl,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$		
f_{yk}	355	N/mm ²
γ_{m0}	1,05	-
N_{Ed}	1467,2	kN
A_{min}	43,396	cm ²
Profilo UPN 260		
A	48,3	cm ²
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$		
$N_{c,Rd} = (f_{yk}/\gamma_{m0}) A$	1633,00	kN
N_{Ed}	1467,2	kN
$N_{c,Rd} > N_{Ed}$	Sì	
Verifica stabilità dei montanti		
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$		
N_{Ed}	1467,2	kN
$N_{B,Rd} = (\chi A f_{yk})/\gamma_{m0}$	1645,33	kN
$\chi = 1/(\phi + (\nu\phi^2 - \lambda^2)) \leq 1$	1	adm
$\phi = 0,5 (1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2)$	0,52	adm
$\lambda = \nu(A f_{yk})/N_{cr}$	0,203	adm
α	0,49	adm
$N_{cr} = \pi^2 E I_0 / l_0^2$	41610,44	kN
E	2,1E+11	N/m ²
$l_0 = \beta l$	1,55	m
β	1	adm
l	4824	cm ⁴
$N_{Ed} < N_{B,Rd}$	Sì	

Tabella 5.79: tabella che riporta il dimensionamento degli elementi tesi e la verifica di stabilità di quest'ultimi

Verifica della deformabilità		
$\delta_{max} \leq 1/300 L$	28,1	mm
δ_{max}	25,27	mm

Tabella 5.80: tabella che riporta la verifica della deformabilità

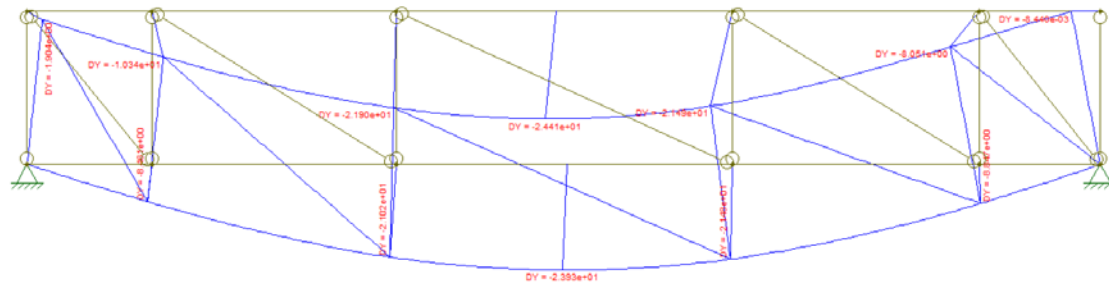


Figura 5.21: l'abbassamento della trave ottenuto con il software footool

I profili scelti quindi per la trave reticolare sono :

- UPN 220** per i montanti
- UPN 280** per i correnti superiori
- UPN 200** per i correnti inferiori
- UPN 260** per le diagonali

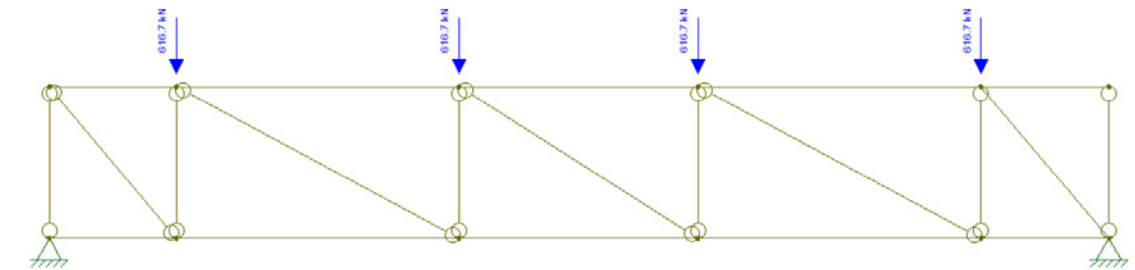
Per le travi reticolari dell'area est ed ovest sono stati considerati i seguenti carichi e schemi di carico.

Reticolare ovest					
Nodo 1-2-3-4	V_{Ed} travi graticcio con pilastro	321,8	kN	n° travi	4
	V_{Ed} travi graticcio senza pilastro	67,5	kN	n° travi	4
	N_{Ed} pilastro	227,35	kN	n° pilastri	4

Tabella 5.81: tabella che riporta i carichi gravanti sulla trave reticolare

Nodo 1-2-3-4	616,65 kN
--------------	-----------

Tabella 5.82: tabella che riporta i carichi gravanti sui nodi della trave reticolare



h = 1,20 m
a = e = 1,01 m
b = d = 2,25 m
c = 1,9 m

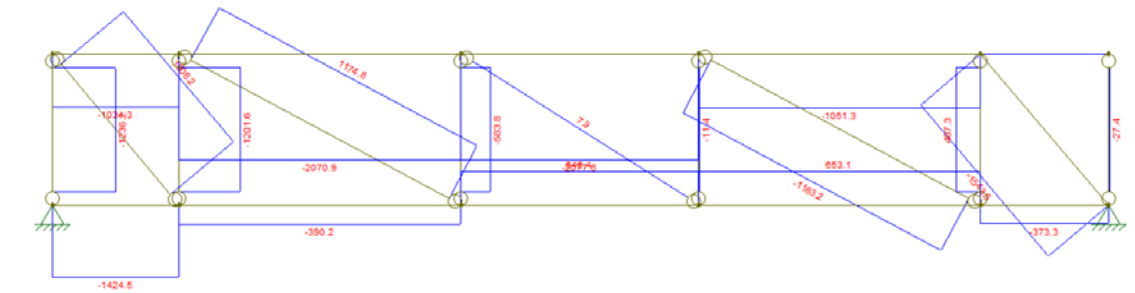


Figura 5.22: schema di carico e diagramma degli sforzi assiali

	Montanti (kN)	Correnti inferiori (kN)	Correnti superiori (kN)	Diagonali (kN)
N_{max}	-1236,2	646,4	-2077,6	1606,2

Tabella 5.83: tabella che riporta i valori dell'azione assiale per ogni componente della trave reticolare

Verifica della deformabilità		
$\delta_{max} \leq 1/300 L$	28,1	mm
δ_{max}	27,65	mm

Tabella 5.84: tabella che riporta la verifica della deformabilità

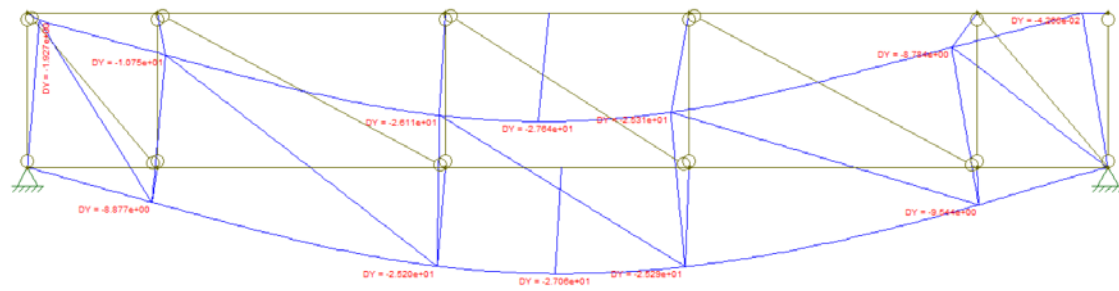


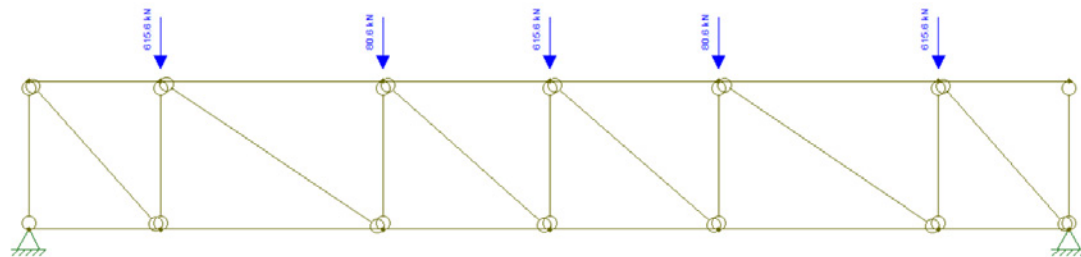
Figura 5.23: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool

Dopo aver effettuato le medesime verifiche riportare per la trave reticolare precedente, si sono individuati i profili di seguito riportati:

- UPN 220** per i montanti
- IPE 330** per i correnti superiori
- UPN 220** per i correnti inferiori
- UPN 260** per le diagonali

Reticolare est					
Nodo 1	V_{Ed} travi graticcio con pilastro	307,8	kN	n° travi	2
Nodo 2	V_{Ed} travi graticcio senza pilastro	40,3	kN	n° travi	2
Nodo 3	V_{Ed} travi graticcio con pilastro	307,8	kN	n° travi	2
Nodo 4	V_{Ed} travi graticcio senza pilastro	40,3	kN	n° travi	2
Nodo 5	V_{Ed} travi graticcio con pilastro	307,8	kN	n° travi	2

Tabella 5.85: tabella che riporta i carichi gravanti sulla trave reticolare



h = 1,20 m
a = f = 1,07 m
b = e = 1,8 m
c = d = 1,37 m

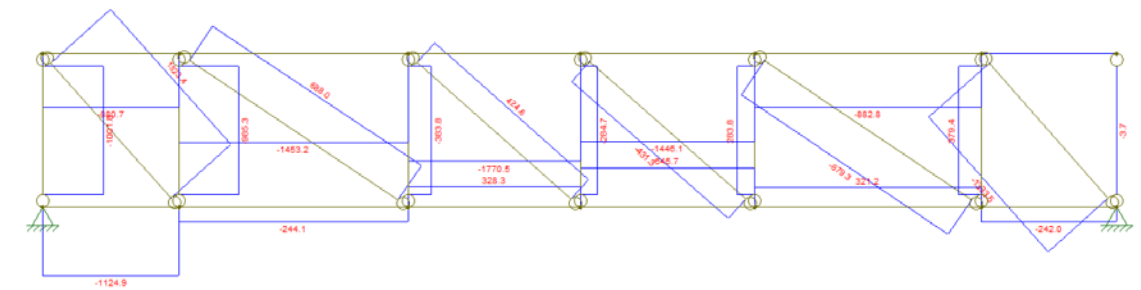


Figura 5.24: schema di carico e diagramma degli sforzi assiali

	Montanti (kN)	Correnti inferiori (kN)	Correnti superiori (kN)	Diagonali (kN)
N_{max}	-1001,8	645,7	-1770,5	1323,4

Tabella 5.86: tabella che riporta i valori dell'azione assiale per ogni componente della trave reticolare

Verifica della deformabilità		
$\delta_{max} \leq 1/300 L$	28,1	mm
δ_{max}	18,39	mm

Tabella 5.87: tabella che riporta la verifica della deformabilità

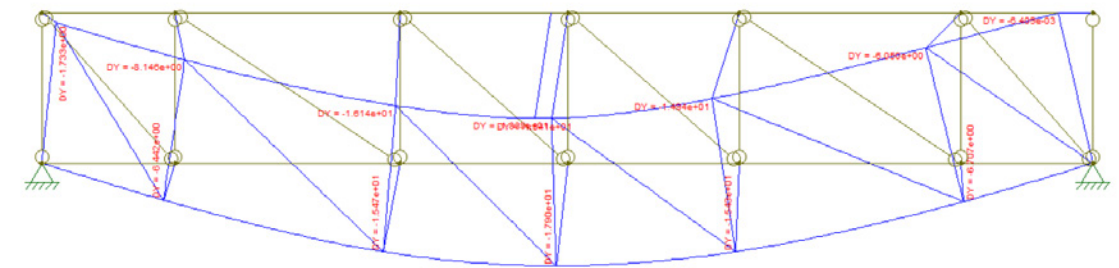


Figura 5.25: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool

Con le medesime verifiche riportate precedentemente sono stati dimensionati i profili che risultano essere:

- UPN 200** per i montanti
- UPN 300** per i correnti superiori
- UPN 180** per i correnti inferiori
- UPN 240** per le diagonali

Trave secondaria del solaio a graticcio nel transetto

Si è effettuata l'analisi dei carichi nell'area evidenziata nello schema.

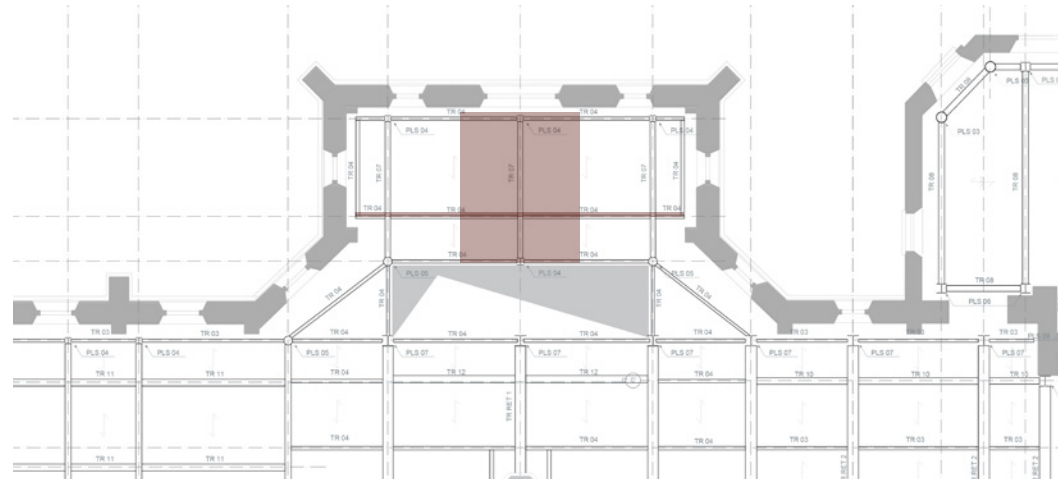


Figura 5.26: area considerata per l'analisi dei carichi e trave dimensionata

Geometrie progetto	
Interasse i (m)	1,95
L (m)	4,31
Dati	
E (N/m ²)	2,1 E+11

Tabella 5.88: tabella che riporta le geometrie di progetto

Carichi permanenti non strutturali G ₂					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pavimento	1,71	-	-	1,95	3,33
Soffitto	0,37	-	-	1,95	0,72
Vetrata	1,20			1,95	2,34
Parete mobile	2,00			1,95	3,90
				G₂	10,30

Tabella 5.89: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G₂

Carichi permanenti strutturali G ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Pannello legno	1,10	-	-	1,95	2,15
				G₁	2,15

Tabella 5.90: tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G₁

Azioni variabili q ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q ₁	5	-	-	1,95	9,75
				q₁	9,75

Tabella 5.91: tabella che riporta le azioni variabili q₁

Combinazione di carico

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti		f _{yk} (N/mm ²)	
γ _{G1}	1,3	355	
γ _{G2}	1,5	1,5	
γ _{Q1}	1,5		

Tabella 5.92: tabella che riporta i valori di progetto

Combinazione SLU: 31,24 kN/m

Oltre al sovraccarico uniformemente distribuito sull'estremità della trave cade il pilastro dell'unità laterale del piano superiore. La N_{Ed} finale del pilastro risulta 148 kN. Lo schema di carico utilizzato è il seguente.

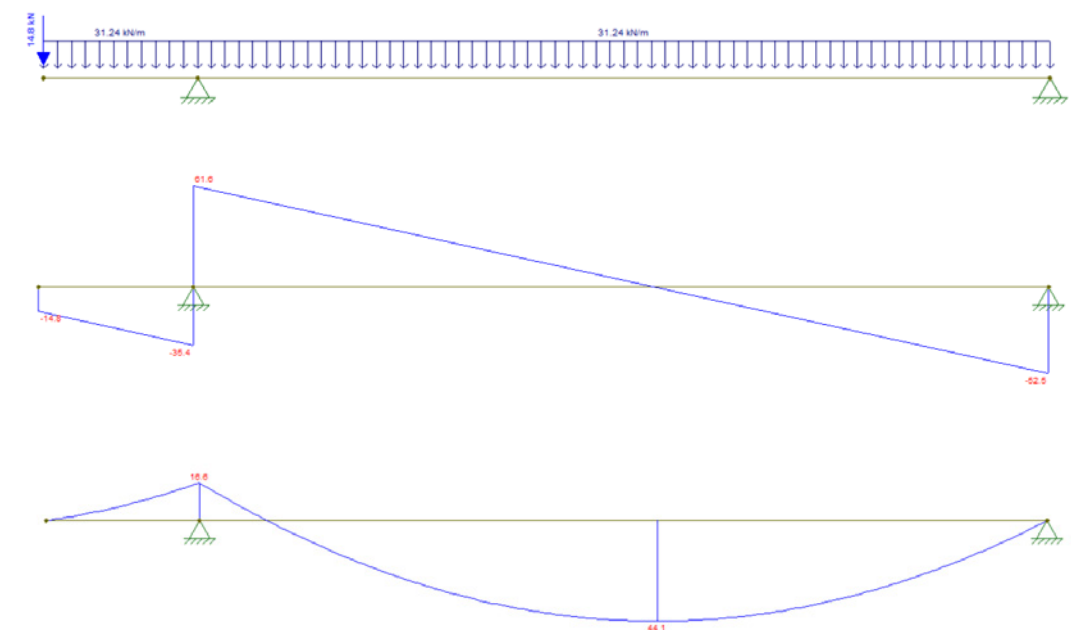


Figura 5.27: schema di carico e diagramma del taglio e del momento

$$M_{Ed} = 44,10 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = 44,10 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = M_{c,Rd} \gamma_{m0} / f_{yk} = 0,00130 \text{ m}^3 = 130,4 \text{ cm}^3$$

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12
500	90,7	115,5	48200,00	2.142	1928,00	214,2	20,43	4,31

Tabella 5.93: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Dati di profilo IPE 180:

$$h \text{ (m)} = 0,18$$

$$b \text{ (m)} = 0,091$$

$$T_w \text{ (m)} = 0,0053$$

$$T_f \text{ (m)} = 0,0080$$

$$r \text{ (m)} = 0,0090$$

$$A \text{ (m}^2\text{)} = 0,0240$$

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 61,60 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,02268 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 4427,2 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0})$$

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU considerando il peso della trave: 33,61 kN/m

$$M_{Ed} = 47,80 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} \text{ IPE 180} = 146,30 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{m0} = 49,46 \text{ kNm}$$

Verificata

Verifica a taglio $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 66,00 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,0226804 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 4427,20 \text{ kN}$$

Verificata

Verifica degli spostamenti verticali: $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

$$\text{Combinazione SLE} = 22,77 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{max} = 0,017 \text{ m}$$

$$\delta = 0,01057 \text{ m}$$

Verificata

La trave scelta è un profilo **IPE 180** e risulta verificata.

Trave primaria del solaio a graticcio nel transetto

Si è effettuato il dimensionamento della trave presente nello schema seguente.

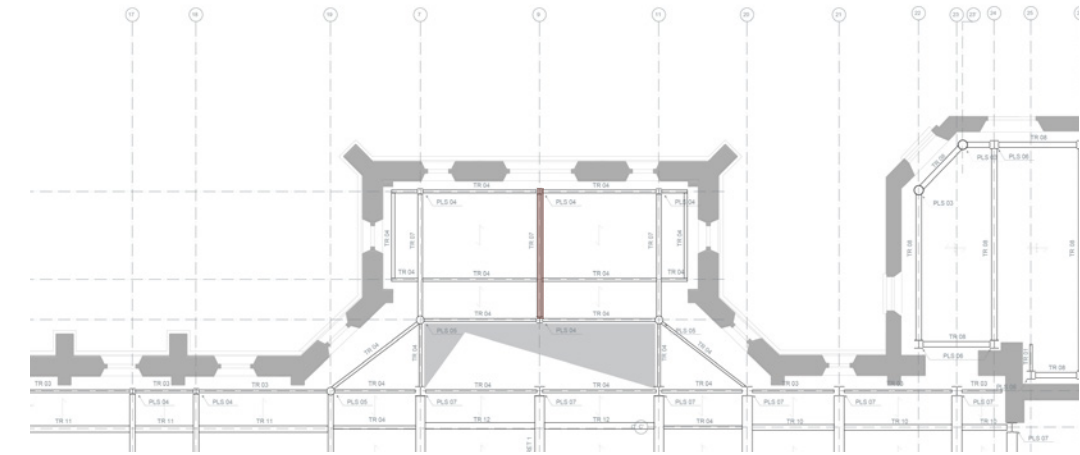


Figura 5.28: trave primaria dimensionata

Geometrie progetto	
Interasse i (m)	3,46
L (m)	3,9
Dati	
E (N/m ²)	2,1 E+11

Tabella 5.94: tabella che riporta le geometrie di progetto

Sulla trave principale individuata cade il pilastro dell'unità superiore. La N_{Ed} finale risulta la medesima del caso riportato precedentemente ovvero 148 kN. Lo schema di carico utilizzato è il seguente.

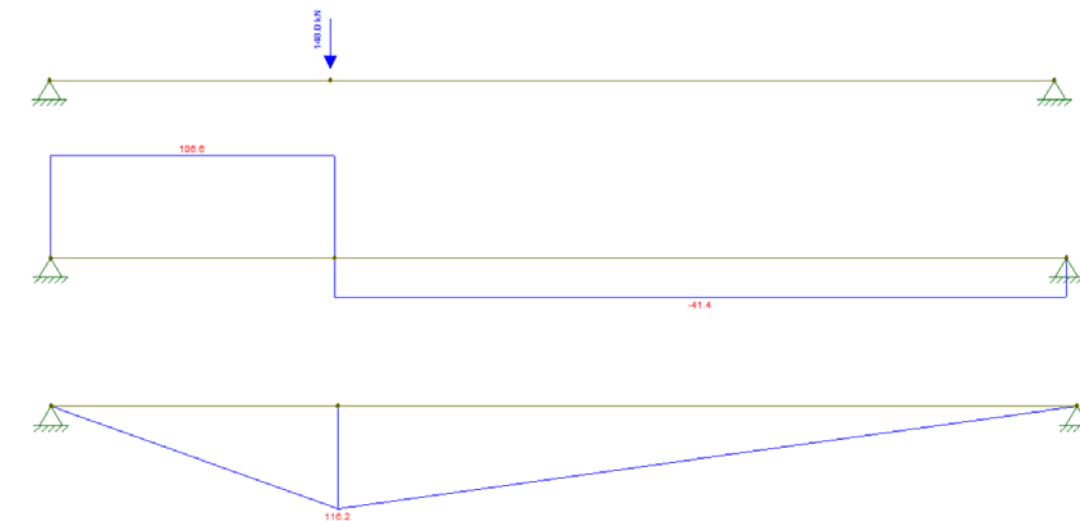


Figura 5.29: schema di carico e diagrammi del taglio e del momento

$$M_{Ed} = 116,20 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = 116,20 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = M_{c,Rd} \gamma_{m0} / f_{yk} = 0,0034 \text{ m}^3 = 343,7 \text{ cm}^3$$

h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
			Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
180	18,80	23,95	1317,00	100,90	146,30	22,16	7,42	2,05
200	22,40	28,48	1943,00	142,40	194,30	28,47	8,26	2,24
220	26,20	33,37	2772,00	204,90	252,00	37,25	9,11	2,48
240	30,70	39,12	3892,00	283,60	324,30	47,27	9,97	2,69
270	36,10	45,95	5790,00	419,90	428,90	62,20	11,23	3,02
300	42,20	53,81	8356,00	603,80	557,10	80,50	12,46	3,35
330	49,10	62,61	11770,00	788,10	713,10	98,52	13,71	3,55
360	57,10	72,73	16270,00	1043,00	903,60	122,80	14,95	3,79
400	66,30	84,86	23130,00	1318,00	1156,00	146,40	16,55	3,95
450	77,60	98,82	33740,00	1676,00	1500,00	176,40	18,48	4,12
500	90,7	115,5	48200,00	2.142	1928,00	214,2	20,43	4,31

Tabella 5.95: tabella dei diversi profili delle travi IPE

Dati di profilo IPE 270:

$$h \text{ (m)} = 0,27$$

$$b \text{ (m)} = 0,135$$

$$T_w \text{ (m)} = 0,0066$$

$$T_f \text{ (m)} = 0,0102$$

$$r \text{ (m)} = 0,0150$$

$$A \text{ (m}^2\text{)} = 0,0460$$

Verifica a taglio per la trave scelta $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 106,60 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,043569 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 8504,704 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0})$$

Verifica a flessione monoassiale $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

Combinazione SLU: 1,62 kN/m

$$M_{Ed} = 118,70 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} \text{ IPE 270} = 5790,00 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{m0} = 1957,57 \text{ kNm}$$

Verificata

Verifica a taglio $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} = 109,80 \text{ kN}$$

$$A_v = 0,037123 \text{ m}^2$$

$$V_{c,Rd} = 7246,34 \text{ kN}$$

Verificata

Verifica degli spostamenti verticali: $\delta_{tot} \leq \delta_{max}$

Combinazione SLE = 1,25 kN/m

$$\delta_{max} = 0,016 \text{ m}$$

$$\delta = 0,01256 \text{ m}$$

Verificata

La trave scelta è un profilo **IPE 270** e risulta verificata.

I pilastri del piano terra

Per comprendere quale fosse il pilastro sottoposto a più sforzi si sono analizzati 4 di essi e, successivamente, sono stati riportati i carichi a cui sono sottoposti.

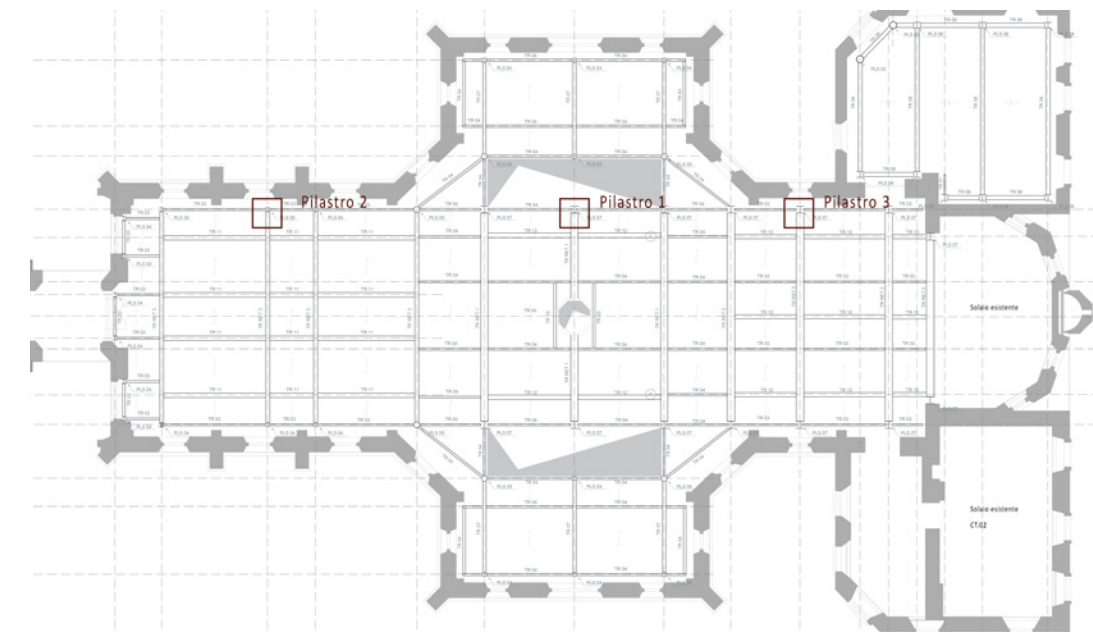


Figura 5.30: schema dei pilastri analizzati

Pilastro 1			
	N_{Ed} (kN)	n° travi	N_{Ed} (kN)
Trave reticolare	928,10	1	928,1
Peso trave reticolare	7,15	1	7,15
Peso del pilastro	6	1	6
Travi secondarie	40,80	2	81,60
			1022,85

Tabella 5.96: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 1

Pilastro 2			
	N_{Ed} (kN)	n° travi	N_{Ed} (kN)
Trave reticolare	1034,30	1	1034,30
Peso trave reticolare	8,11	1	8,11
Peso del pilastro	6	1	6
Travi secondarie	40,80	2	81,60
			1130,01

Tabella 5.97: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 2

Pilastro 3			
	N _{Ed} (kN)	n° travi	N _{Ed} (kN)
Trave reticolare	1001,80	1	1001,80
Peso trave reticolare	6,33	1	6,33
Peso del pilastro	6	1	6
Travi secondarie	40,80	2	81,60
			1095,73

Tabella 5.98: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 3

Per il dimensionamento del pilastro del piano terra si utilizza la N_{Ed} = 1130,01 kN

Verifica a resistenza a compressione N_{Ed} ≤ N_{c,Rd}

$$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 1,2 e 3}$$

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	Y _{M0}	1,05
Resistenza all'instabilità delle membrature	Y _{M1}	1,05
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	Y _{M1}	1,10
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	Y _{M2}	1,25

Tabella 5.99: tabella che riporta i valori di Y_{M0}

	N/m ²	N/cm ²	N/mm ²
f _{yk} S355	355000000	35500	355
E	2,1E+11	21000000	210000

Tabella 5.100: tabella che riporta i valori di progetto

Considerando la situazione più svantaggiosa N_{Ed} = N_{c,Rd}

$$N_{c,Rd} = N_{Ed} = A f_{yk} / \gamma_{M0}$$

$$A = N_{Ed} \gamma_{M0} / f_{yk} = 33,42 \text{ cm}^2$$

Sigla HEA	b mm	h mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Raggi di inerzia	
					Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	ix cm	iy cm
120	120,00	114,00	19,90	25,34	606,20	230,90	4,89	3,02
140	140,00	133,00	24,70	31,42	1033,00	389,30	5,73	3,52
160	160,00	152,00	30,40	38,77	1673,00	615,60	6,57	3,98
180	180,00	171,00	35,50	45,25	2510,00	924,60	7,45	4,52
200	200,00	190,00	42,30	53,83	3692,00	1326,00	8,28	4,98
220	220,00	210,00	50,50	64,34	5410,00	1955,00	9,17	5,51
240	240,00	230,00	60,30	76,84	7763,00	2769,00	10,05	6,00
260	260,00	250,00	68,20	86,82	10450,00	3668,00	10,97	6,50

Tabella 5.101: tabella dei diversi profili HEA

Verifica di stabilità delle membrature

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} \leq 1$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{M1}$$

$$= 1 / [\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}] \leq 1$$

$$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

α è il fattore di imperfezione ricavato dalla Tab. 4.2.VIII della NTC. 2018

Sezione trasversale	Limiti	Inflexione intorno all'asse	Curva di instabilità					
			S235, S275, S355, S420	S460				
Sezioni laminare 	h/b > 1,2	t _f ≤ 40 mm	y-y z-z	a b	a ₀ a ₀			
		40 mm < t _f ≤ 100 mm	y-y z-z	b c	a a			
	h/b ≤ 1,2	t _f ≤ 100 mm	y-y z-z	b c	a a			
		t _f > 100 mm	y-y z-z	d d	c c			
Sezioni ad I saldate 		t _f ≤ 40 mm	y-y z-z	b c	b c			
		t _f > 40 mm	y-y z-z	c d	c d			
Sezioni cave 		Sezione formata "a caldo"	qualunque	a	a ₀			
		Sezione formata "a freddo"	qualunque	c	c			
Sezioni scatolari saldate 		In generale	qualunque	b	b			
		saldature "spesse": a > 0,5t _f b/t _f < 30; h/t _w < 30	qualunque	c	c			
Sezioni piene, ad U e T 			qualunque	c	c			
Sezioni ad L 			qualunque	b	b			
Curva di instabilità				a ₀	a	b	c	d
Fattore di imperfezione α				0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Figura 5.31: tabella che riporta le diverse curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi

Carico critico elastico		
π	3,14	-
E	21000000	N/cm ²
I	1673,00	cm ⁴
$L_0 = \beta L$ (con $\beta=1$)	800	cm
$N_{cr} = \pi^2 E I / L_0^2$	541,25	kN
$\lambda = \sqrt{A f_{yk} / N_{cr}}$	0,013	adm

Tabella 5.102: tabella che riporta i dati per il calcolo del carico critico elastico

Stabilità a compressione		
Curva di instabilità	c	-
α	0,49	-
Φ	0,45	adm
χ	1	adm
$N_{b,Rd}$	1310,80	kN
N_{Ed}	1130,01	N
$N_{Ed} / N_{b,Rd}$	0,86	adm
$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1$	Verificata	

Tabella 5.103: tabella che riporta la verifica di stabilità a compressione

Il profilo **HEA 160** risulta verificato.

Il tiburio

La struttura del tiburio non è stata dimensionata. E' stato calcolato il carico della neve e del vento affinché potesse essere possibile verificare le travi di cornice (terzere) e i puntoni centrali per comprendere se fossero entrambi in grado di portare il carico della struttura esterna del tiburio. Il tiburio è stato diviso in due parti. La parte esterna è portata dalla struttura lignea, mentre la parte più interna è portata dalla copertura dell'unità centrale ottagonale.

Per la struttura portante del tiburio si fa riferimento al padiglione *Cloudscapes at MOT di Tetsuo Kondo Architects + TRANSSOLAR e Matthias Schuler* del 2012 a Tokyo differendo però nei materiali. Infatti, la parte esterna è stata pensata in vetro per una questione di durabilità, mentre la struttura interna è caratterizzata da lastre in PVC.

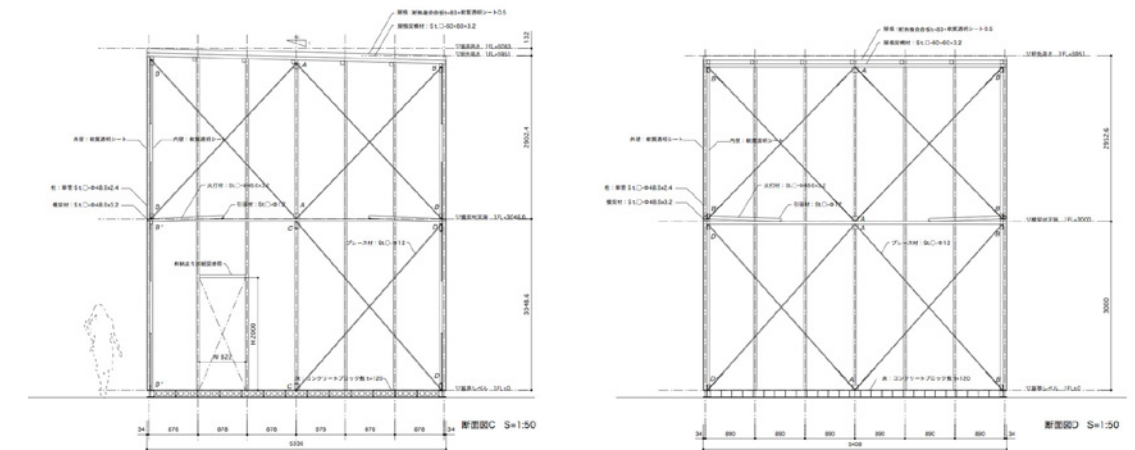


Figura 5.32: Sezioni strutturali del padiglione, foto di Tetsuo Kondo Architects, Ken'ichi Suzuki, Yasuhiro Takagi



Figura 5.33: vista esterna, foto di Tetsuo Kondo Architects, Ken'ichi Suzuki, Yasuhiro Takagi



Figura 5.34: vista esterna, foto di Tetsuo Kondo Architects, Ken'ichi Suzuki, Yasuhiro Takagi

Azione della neve

NTC. 2018 - Paragrafo 3.4

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è dato dall'espressione:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

μ_1 è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²];

C_E è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Il valore di riferimento del carico della neve al suolo

Il carico da neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento di neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni.

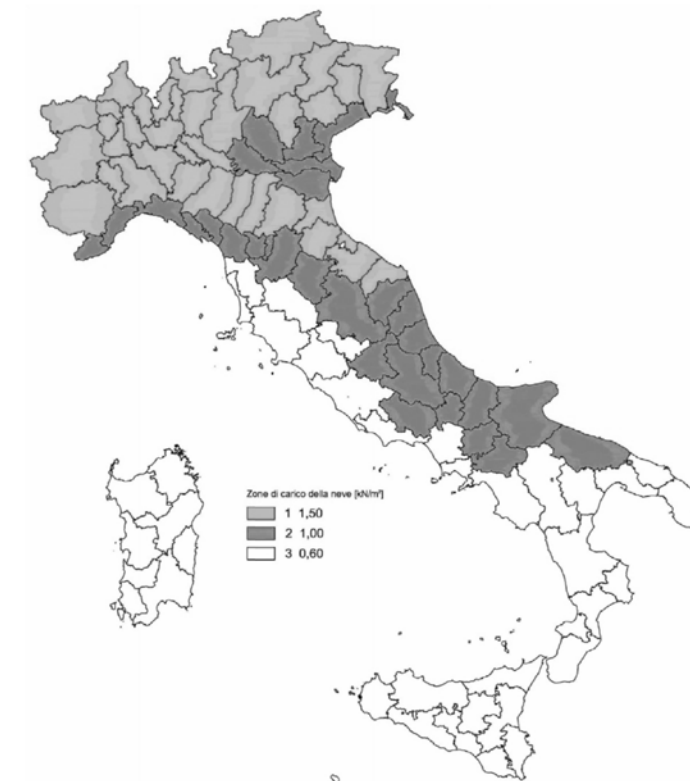


Figura 5.35: zone di carico della neve

Nella zona 1 - Alpina rientrano le provincie di Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.

Il sito di progetto rientra in questa zona la cui normativa prevede:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ per } a_s > 200 \text{ m}$$

Poichè
 $a_s = 292 \text{ m} > 200 \text{ m}$
 si avrà:

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] = 2,51 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di forma della coperture

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 5.104: valori del coefficiente di forma

L'inclinazione delle falde del tiburio è di 47° , quindi $\mu_1 = 0,8(60-47)/30=0,34$

Il coefficiente di esposizione

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 5.105: valori C_E per diverse classi di esposizione

Si considera la categoria "Normale" in cui $C_E = 1$

Il coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico da neve dovuto dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$

Quindi l'azione della neve è:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,86 \text{ kN/m}^2$$

Azione del vento

NTC. 2018 - Paragrafo 3.3

La velocità base di riferimento v_b è data dall'espressione

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove

a_0, k_a sono parametri forniti in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
 a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}, a_0, k_a$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabella 5.106: valori dei parametri $v_{b,0}, a_0, k_a$

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione. L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento.

Nel nostro caso, poiché a_s è pari a 292 m s.l.m. risulta che

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

La pressione del vento sulla struttura è data dalla seguente espressione:

$$P = q_b c_e c_p c_d$$

dove

q_b è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

La pressione cinetica di riferimento q_b è data dall'espressione:

$$q_b = 1/2 \rho v_r^2$$

dove

v_r è la velocità di riferimento del vento

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Pertanto risulta $q_b = 390,63 \text{ N/m}^2$

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \text{ per } z < z_{\min}$$

dove

k_r, z_0, z_{\min} sono assegnati in tabella in funzione della categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Tabella 5.107: le classi di rugosità del terreno

La classe di rugosità scelta è la B.

ZONE 1,2,3,4,5						ZONA 9		
A	--	IV	IV	V	V	A	--	I
B	--	III	III	IV	IV	B	--	I
C	--	*	III	III	IV	C	--	I
D	I	II	II	II	III	D	I	I
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5								
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1								

ZONA 6						ZONE 7,8		
A	--	III	IV	V	V	A	--	IV
B	--	II	III	IV	IV	B	--	IV
C	--	II	III	III	IV	C	--	III
D	I	I	II	II	III	D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7								

Tabella 5.108: definizione delle categorie di esposizione

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 5.109: parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

K_r	z_0	z_{\min}	C_t
0,22	0,3	8	1

Tabella 5.110: parametri per la definizione del coefficiente di esposizione considerati

$$C_e(z) = 1,71$$

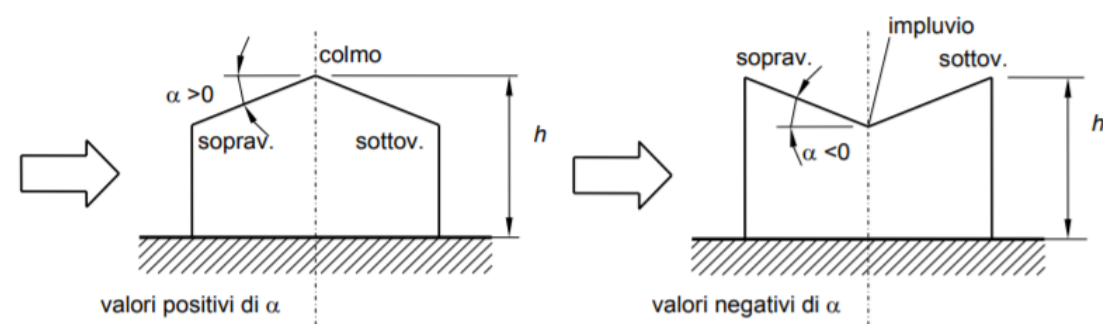


Figura 5.36: schema di riferimento per coperture a doppia falda

C_{pA}	-0,98	C_{pB}	-0,2
p copertura	-655,46 N/mm ²	p copertura	-133,77 N/mm ²
f copertura	-94,3863 kN	f copertura	-19,26 kN

Tabella 5.114: tabelle riassuntive con i valori progettuali ottenuti

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$: $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$: $c_{pe} = -0,5 - -0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$: $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$: $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$: $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Tabella 5.111: edifici a pianta rettangolare: C_U per facce sopravvento, sottovento e laterali

$-75^\circ \leq \alpha \leq -15^\circ$	$c_{pe} = -0,85 + (\alpha + 60)/180$
$-15^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$c_{pe} = -0,6$
$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$c_{pe} = -0,6 + (\alpha - 15)/100$
$45^\circ \leq \alpha$	$c_{pe} = -0,3$

Tabella 5.112: coefficienti di pressione per copertura a doppia falda: falda sottovento

Fascia sopravvento di profondità pari al minimo tra $b/2$ ed h	$\alpha \leq -30^\circ$	$c_{pe,A} = -1,0$
	$-30^\circ \leq \alpha \leq 0^\circ$	$c_{pe,A} = -0,8 + \alpha/150$
	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$c_{pe,A} = -0,8 - \alpha/150$
	$30^\circ \leq \alpha$	$c_{pe,A} = -1,0$
Restanti zone:	$-45^\circ \leq \alpha \leq -30^\circ$	$c_{pe,B} = -0,9$
	$-30^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$	$c_{pe,B} = -0,9 + (\alpha + 30)/100$
	$10^\circ \leq \alpha$	$c_{pe,B} = -0,5$

Tabella 5.113: coefficienti di pressione per copertura a doppia falda: vento in direzione parallela al colmo

h/d	1,83
C_{pe}	-0,3
C_{pe}	0,48
C_{pe}	0,90
b (m)	5,57
d (m)	4,93
h (m)	8,25

C_{pe}	-0,48
b/2	$2,7 < h$
C_{pA}	-0,98
C_{pB}	$\pm 0,5$
C_D	1

Verifica delle travi di copertura: le terzere di cornice

C0.04 - Copertura inclinata implementata			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Tegole in laterizio	0,1	0,4	0,04
Listelli	0,05	6	0,3
Listelli	0,05	6	0,3
Membrana traspirante	0,007	14,5	0,1015
Assito	0,02	6	0,12
Doppio strato isolante	0,14	1	0,14
Membrana alluminio	0,005	27	0,135
Assito	0,02	6	0,12
Orditura primaria	0,3	6	1,8
			3,0565

Tiburio in vetro			
	Spessore (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Vetro	0,01	25	0,25
			0,25

Tabella 5.115: tabelle che riportano l'analisi dei carichi della copertura e del tiburio in vetro

Peso proprio del tiburio = 0,25 kN/m²

Peso proprio per unità di lunghezza = 2,25kN/m

Il carico uniformemente distribuito $g_{2,1} = 1,20$ kN/m²

Carichi permanenti		
$G_{2,2}$	3,06	kN/m ²
$G_{2,1}$	1,20	kN/m ²
$G_{2,3}$ (Neve + vento)	3,05	kN/m ²
G_2	7,30	kN/m²

Carichi variabili		
q_k	0,5	kN/m ²

Sovraccarico uniformemente distribuito		
$G_2 + q_k$	7,80	kN/m ²

Tabella 5.116 : tabelle che riportano il riassunto dei carichi permanenti, variabili e il sovraccarico uniformemente distribuito

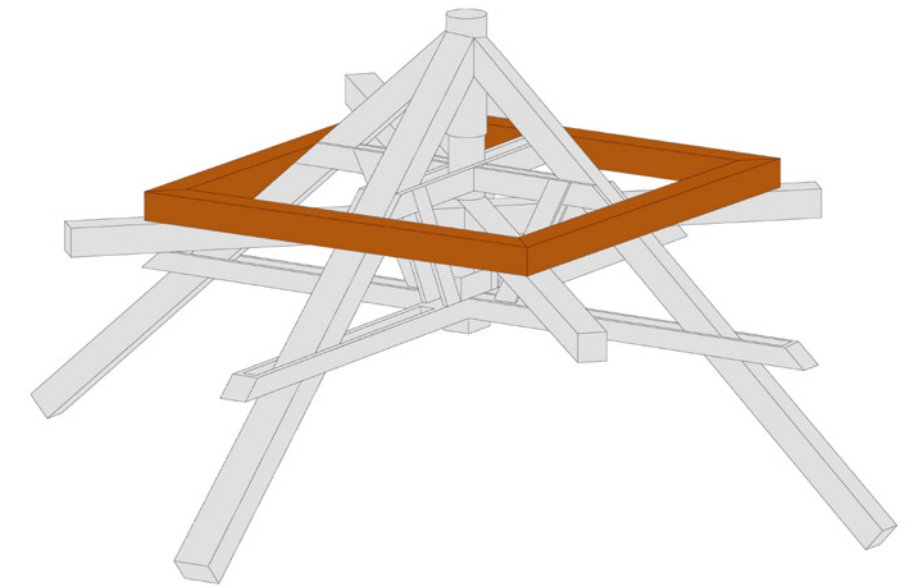


Figura 5.37: struttura della capriata centrale. Evidenziate le terzere di cornice.

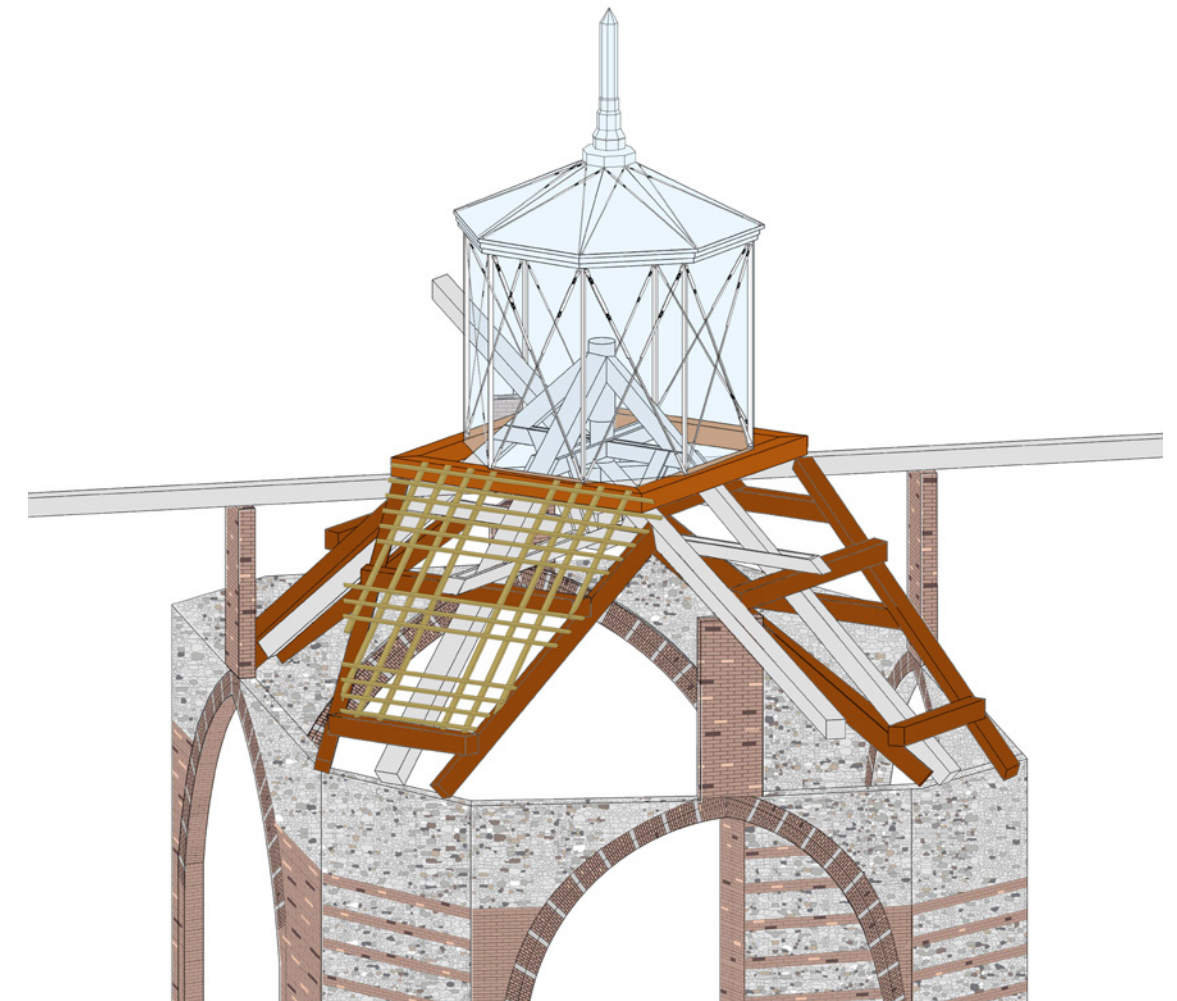


Figura 5.38: struttura finale dell'intelaiatura centrale

Tab. 4.4.I - Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi - 10 anni
Media durata	1 settimana - 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

Tabella 5.117: tabella che riporta le classi di durata del carico

Tab. 4.4.II - Classi di servizio

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Tabella 5.118: tabella che riporta le classi di servizio

Tab. 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	Colonna A γ_M	Colonna B γ_M
combinazioni fondamentali		
legno massiccio	1,50	1,45
legno lamellare incollato	1,45	1,35
pannelli di tavole incollate a strati incrociati	1,45	1,35
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,40
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,30
unioni	1,50	1,40
combinazioni eccezionali	1,00	1,00
	Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.	

Tabella 5.119: tabella che riporta i coefficienti parziali γ_m per le proprietà dei materiali

Tab. 4.4.IV -Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico					
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea	
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
Legno lamellare incollato (*)	UNI EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Compensato	UNI EN 636:2015	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		OSB/3	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parte 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
			2	-	-	-	0,45	0,80
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.
(*) I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 5.120: tabella che riporta i valori K_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Tab. 4.4.V -Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato *	UNI EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	0,60	0,80	2,00
Compensato	UNI EN 636:2015		0,80	-
			0,80	1,00
			0,80	1,00
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	2,25	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4	2,25	-
		Parte 5	2,25	3,00
		Parte 6	1,50	-
		Parte 7	1,50	2,25
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	2,25	-
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	2,25	-
		MDF.HLS	2,25	3,00

Tabella 5.121: tabella che riporta i valori K_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Dati della sezione		
b	300	mm
h	370	mm
A _{tot}	111000	mm ²
J _{tot}	8,3E+08	mm ⁴
W _{tot}	5550000	mm ³
Interasse	4,08	m
Lunghezza	5,3	m

Tabella 5.122: tabella che riporta le geometrie e i dati della sezione

Proprietà del legno - EN 11035		
Larice		
C22		
S2		
f _{m,k}	23	N/mm ²
f _{t,0,k}	14	N/mm ²
f _{t,90,k}	0,4	N/mm ²
f _{c,0,k}	20	N/mm ²
f _{c,90,k}	3,6	N/mm ²
f _{v,k}	3,8	kN/mm ²
E _{0,mean}	12,5	kN/mm ²
E _{0,05}	8,4	kN/mm ²
E _{90,mean}	0,42	kN/mm ²
G _{mean}	0,78	kN/mm ²
ρ _k	510	kg/m ³
ρ _{mean}	610	kg/m ³

Tabella 5.123: tabella che riporta le proprietà del legno scelto

K _{mod}	0,6
γ _m	1,5

Tabella 5.124: tabella che riporta i valori K_{mod} e γ_m

Resistenze di calcolo		
f _{m,d} = f _{m,k} k _{mod} / γ _m	9,2	N/mm ²
f _{v,d} = f _{v,k} k _{mod} / γ _m	1,52	N/mm ²
f _{c,90,d} = f _{c,90,k} k _{mod} / γ _m	1,44	N/mm ²

Tabella 5.125: tabella che riporta le resistenze di calcolo

Carichi permanenti strutturali G ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Copertura	3,06	-	-	4,08	12,47
Tiburio	1,20	-	-	4,08	4,90
				G₁	17,37

Tabella 5.126 : tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G₁

Carichi permanenti non strutturali G ₂					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
Trave	-	-	-	-	0,666
				G₂	0,67

Tabella 5.127 : tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G₂

Azioni variabili q ₁					
	Peso (kN/m ²)	Peso (kN/m ³)	Area (m ²)	Interasse i (m)	Peso lineare (kN/m)
q ₁	3,55	-	-	4,08	14,46
				q₁	14,46

Tabella 5.128 : tabella che riporta le azioni variabili q₁

Combinazione di carico

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti	
γ _{G1}	1,3
γ _{G2}	1,5
γ _{mo}	1,5
f _{m,k} (N/mm ²)	24

Tabella 5.129 : tabella che riporta i valori di progetto

Nello schema di carico utilizzato sono stati considerati i carichi concentrati dei tubolari del tiburio e si è considerato il peso di un tubolare di dimensioni 42,4 mm x 3,2 mm di peso 3,1 Kg/m. Il momento, il taglio e l'abbassamento totale sono stati calcolati grazie al software ftool.

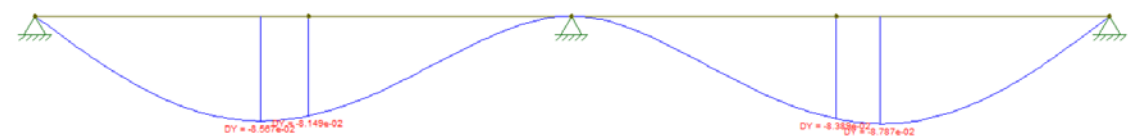
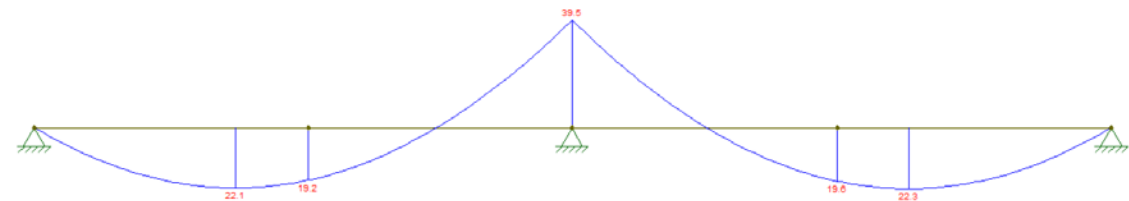
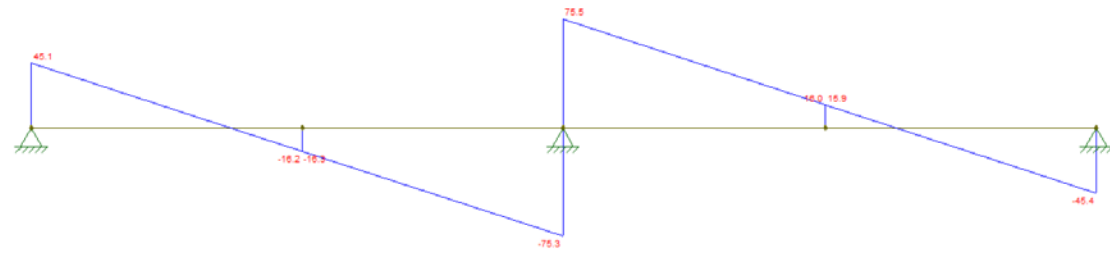
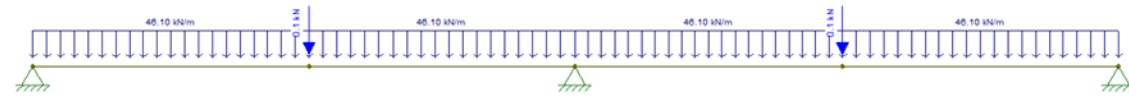


Figura 5.39: schema di carico, diagramma del taglio, del momento e delle deformazioni finali

Combinazione SLU	46,10 kN/m
M_{Ed}	39,90 kNm
V_{Ed}	75,50 kNm

Tabella 5.130 : tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Verifica a flessione

$$\sigma_{m,d} = M_{d,tot} / W = 8,4946E-06 \text{ kNm/mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,92 \leq 1 \quad \text{Verificata}$$

Verifica a taglio

$$\tau = 1,5 V_{Ed} / A = 0,00121774 \text{ kN/mm}^2$$

$$\tau_{,d} / f_{v,d} = 0,680 \leq 1 \quad \text{Verificata}$$

Calcolo delle deformazioni

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} \leq L/300 = 0,0177 \text{ m}$$

$$w_{tot} = 0,0856 \text{ mm}$$

La sezione di dimensione **370 x 300 mm** viene verificata. La sezione ottimizzata risulta di dimensioni **300 x 280 mm**.

Verifica delle travi di copertura: le terzere centrali e finali

Dopo aver verificato che le terzere di cornice fossero in grado di portare il carico del tiburio sono state verificate anche le terzere adiacenti evidenziate nel disegno.

I carichi considerati sono i medesimi, senza però il carico concentrato dei pilastri del tiburio e senza il carico del tiburio stesso.

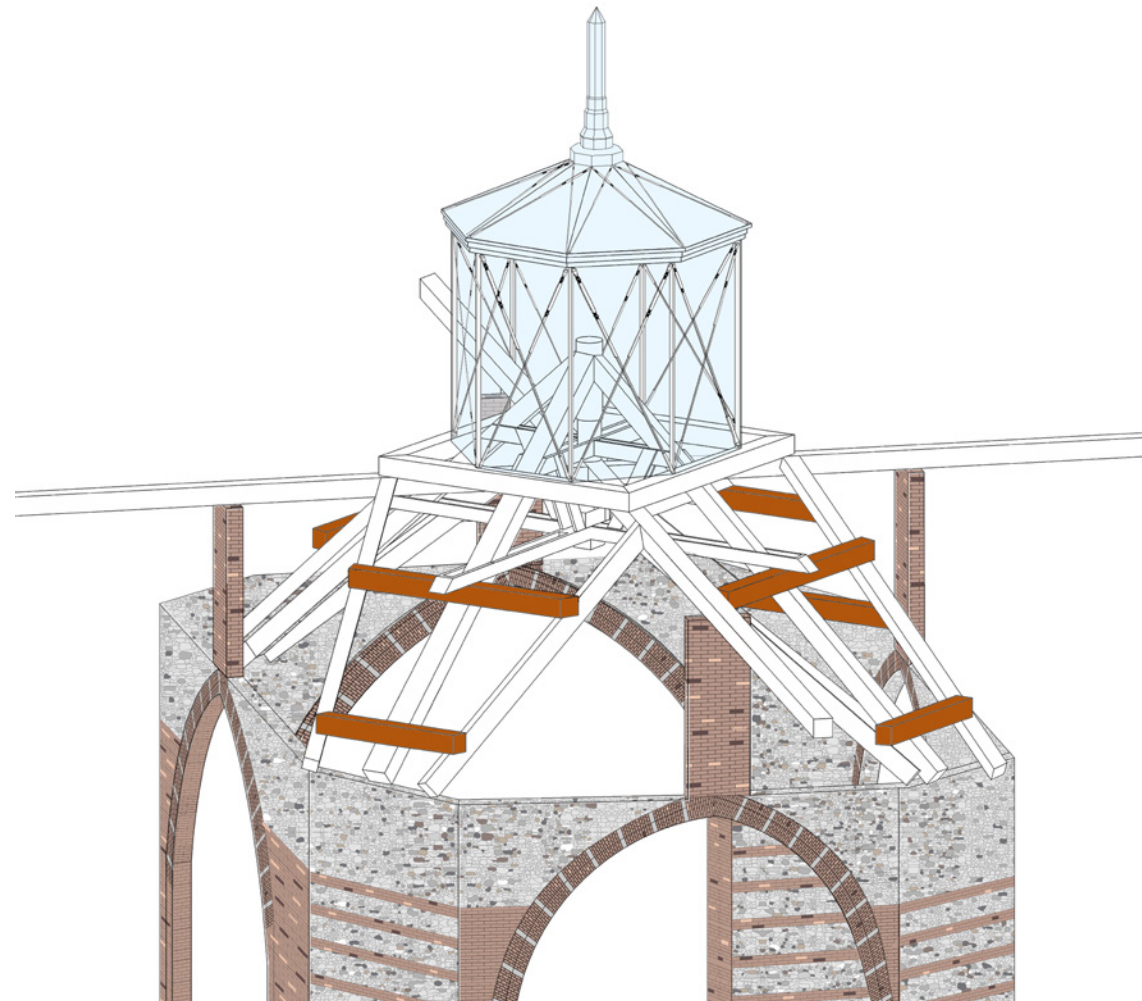


Figura 5.40: struttura finale dell'intelaiatura centrale. Evidenziate le terzere centrali e finali

Dati della sezione		
b	300	mm
h	370	mm
Terzera centrale		
Interasse	1,96	m
Lunghezza	5,23	m

Figura 5.131: tabella che riporta i dati della sezione della terza centrale

Dati della sezione		
b	300	mm
h	370	mm
Terzera finale		
Interasse	2,12	m
Lunghezza	3,83	m

Figura 5.132: tabella che riporta i dati della sezione della terza finale

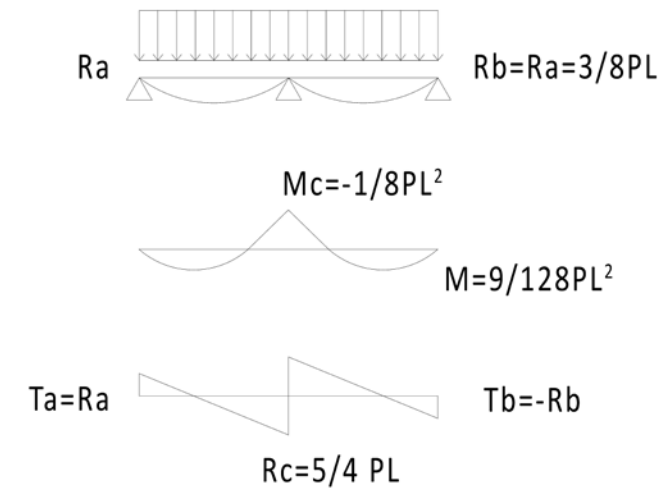


Figura 5.41: schema di carico, diagramma del taglio e del momento

Terzera centrale	
Combinazione SLU	18,69 kN/m
M_{Ed}	15,80 kNm
V_{Ed}	30,3 kNm

Tabella 5.133 : tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Terzera finale	
Combinazione SLU	9,42 kN/m
M_{Ed}	8,1 kNm
V_{Ed}	15,4 kNm

Tabella 5.134 : tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Terzera centrale

Verifica a flessione

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_{tot} = 2,9009E-06 \text{ kNm/mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,32 \leq 1 \quad \text{Verificata}$$

Verifica a taglio

$$\tau = 1,5 V_{Ed} / A = 0,00041622 \text{ kN/mm}^2$$

$$\tau_{,d} / f_{v,d} = 0,27 \leq 1 \quad \text{Verificata}$$

Calcolo delle deformazioni

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} \leq L/300 = 0,0174 \text{ m}$$

$$w_{tot} = 0,003148 \text{ mm}$$

Terzera finale

Verifica a flessione

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_{tot} = 2,9009E-06 \text{ kNm/mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,32 \leq 1 \quad \text{Verificata}$$

Verifica a taglio

$$\tau = 1,5 V_{Ed} / A = 0,00017 \text{ kN/mm}^2$$

$$\tau_{,d} / f_{v,d} = 0,27 \leq 1 \quad \text{Verificata}$$

Calcolo delle deformazioni

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} \leq L/300 = 0,0174 \text{ m}$$

$$w_{tot} = 0,00706 \text{ mm}$$

La sezione di dimensione **370 x 300 mm** viene verificata in entrambi i casi. La sezione ottimizzata risulta di dimensioni **260 x 200 mm** per entrambe le terzere.

Verifica delle travi di copertura: i puntoni centrali

Dati della sezione		
b	370	mm
h	370	mm
A _{tot}	136900	mm ²
J _{tot}	1,6E+09	mm ⁴
W _{tot}	8442167	mm ³
Interasse	6,75	m
Lunghezza	8,15	m

Tabella 5.135: tabella che riporta le geometrie e i dati della sezione

Proprietà del legno - EN 11035		
Larice		
C22		
S2		
f _{m,k}	23	N/mm ²
f _{t,0,k}	14	N/mm ²
f _{t,90,k}	0,4	N/mm ²
f _{c,0,k}	20	N/mm ²
f _{c,90,k}	3,6	N/mm ²
f _{v,k}	3,8	kN/mm ²
E _{0,mean}	12,5	kN/mm ²
E _{0,05}	8,4	kN/mm ²
E _{90,mean}	0,42	kN/mm ²
G _{mean}	0,78	kN/mm ²
ρ _k	510	kg/m ³
ρ _{mean}	610	kg/m ³

Tabella 5.136: tabella che riporta le proprietà del legno scelto

K _{mod}	0,6
γ _m	1,5

Tabella 5.137: tabella che riporta i valori K_{mod} e γ_m

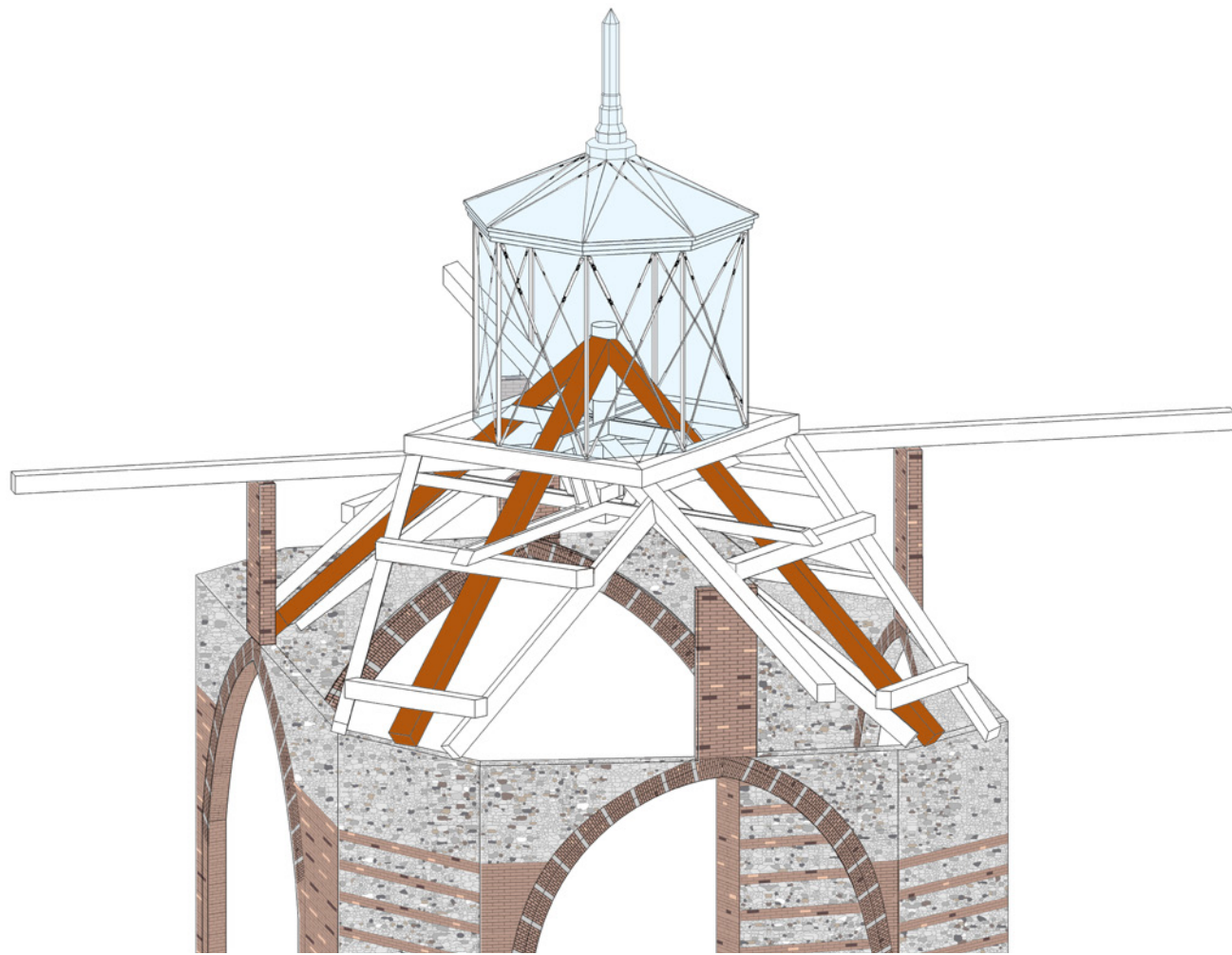


Figura 5.42: struttura finale dell'intelaiatura centrale. Evidenziati i puntoni centrali

Dati della sezione		
b	300	mm
h	370	mm
Interasse	2,47	m
Lunghezza	8,23	m

Tabella 5.138: tabella che riporta le geometrie e i dati della sezione

Resistenze di calcolo		
$f_{m,d} = f_{m,k} / \gamma_m$	9,2	N/mm ²
$f_{v,d} = f_{v,k} / \gamma_m$	1,52	N/mm ²
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} / \gamma_m$	1,44	N/mm ²

Tabella 5.139: tabella che riporta le resistenze di calcolo

I puntoni centrali sono sottoposti ai 3 carichi delle 3 terzere. Lo schema di carico utilizzato è il seguente.

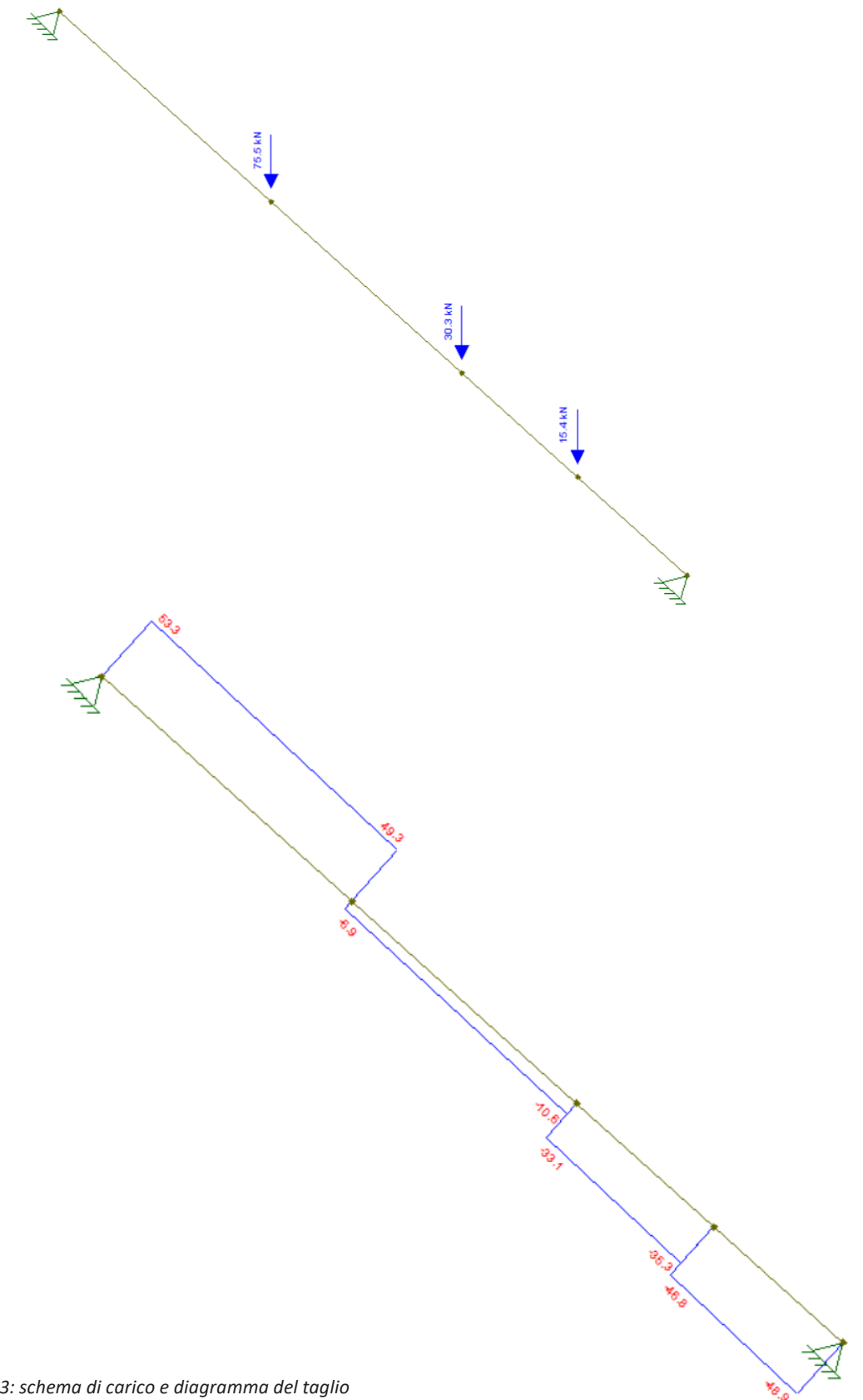


Figura 5.43: schema di carico e diagramma del taglio

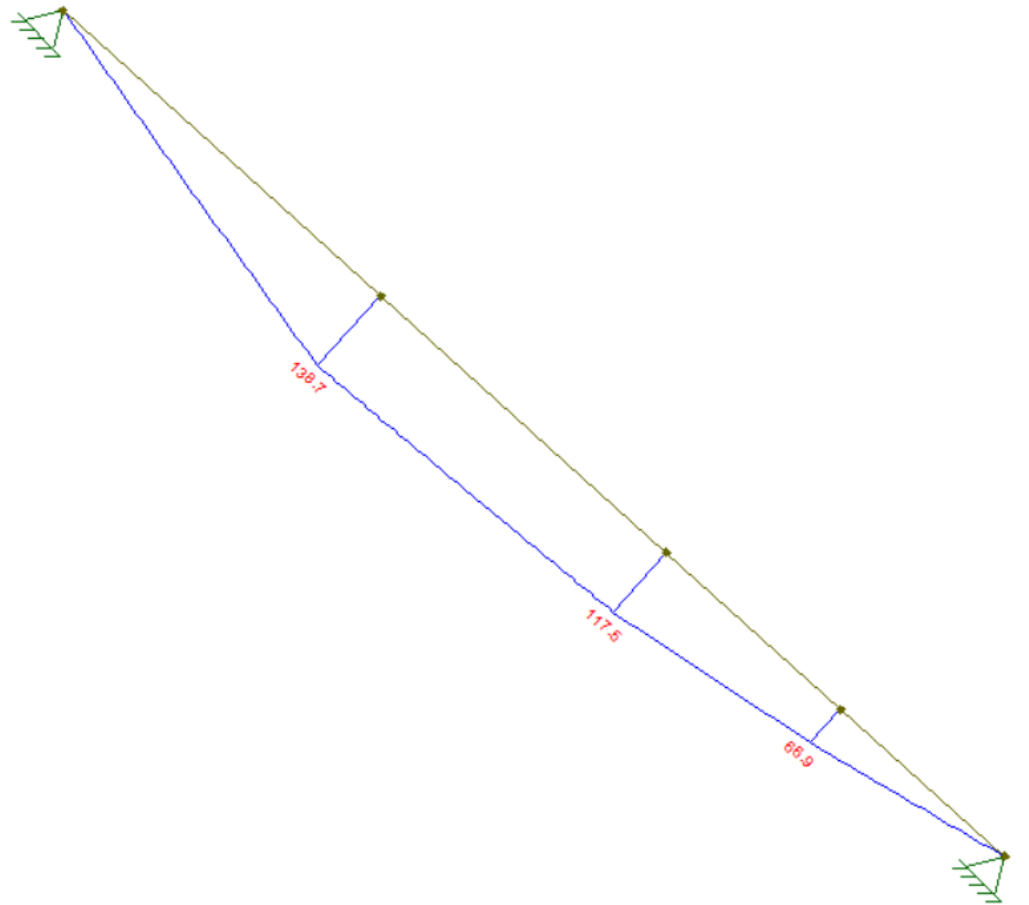


Figura 5.44: diagramma del taglio e delle deformazioni finali

Combinazione di carico

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti	
γ_{G1}	1,3
γ_{G2}	1,5
γ_{mo}	1,5
$f_{m,k}$ (N/mm ²)	24

Tabella 5.140: tabella che riporta i valori di progetto

Combinazione SLU	2,03 kN/m
M_{Ed}	129,80 kNm
V_{Ed}	50,00 kNm

Tabella 5.141: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Verifica a flessione

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_{tot} = 8,2193E-06 \text{ kNm/mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,89 < 1 \quad \text{Verificata}$$

Verifica a taglio

$$\tau = 1,5 V_{Ed} / A = 3,55E-04 \text{ kN/mm}^2$$

$$\tau_{,d} / f_{v,d} = 0,23 < 1 \quad \text{Verificata}$$

Calcolo delle deformazioni

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} \leq L/300 = 0,0274 \text{ m}$$

$$w_{tot} = 6,26 \text{ mm}$$

La sezione di dimensione 370 x 300 mm non viene verificata. Le dimensioni della sezione verificata sono **500 mm x 450 mm**.

IL RINFORZO ANTISISMICO:

FRCM

Introduzione

Il problema della sicurezza sismica è stato riportato all'attenzione dai fenomeni sismici manifestatesi in Italia negli ultimi anni che hanno evidenziato la vulnerabilità di numerosi edifici storici e non, siano essi in muratura o in calcestruzzo armato.

La vulnerabilità che caratterizza le costruzioni in muratura si esprime attraverso le modalità più frequenti di rottura, che possono essere ribaltamento semplice, ribaltamento composto, flessione verticale e flessione orizzontale.

L'esame del comportamento sismico e delle condizioni di collasso di un edificio esistente in muratura non può prescindere da un accurato rilievo dello stesso. È opportuno dunque porre attenzione, oltre che alla configurazione geometrica dell'edificio, alla tipologia e alla qualità muraria, anche alle caratteristiche tecnologiche del sistema resistente ed all'efficacia delle connessioni tra gli elementi resistenti verticali e tra pareti ed orizzontamenti, nonché alle azioni che si esercitano sugli elementi strutturali, riconoscendo condizioni sfavorevoli all'equilibrio (presenza di spinte non contrastate), all'eventuale stato di degrado e quadro fessurativo ed alla possibile interazione con le strutture adiacenti e con il terreno. In tal modo, in presenza di carenze strutturali e vulnerabilità specifiche rilevate ed in assenza di determinati vincoli efficaci tra gli elementi costituenti la fabbrica, è possibile ipotizzare l'attivazione di definiti meccanismi di collasso locali e definire l'evoluzione dei relativi cinematismi.¹



Figura 6.1: caso di un ribaltamento semplice. Foto da MEDEA - Papa e Zuccaro, 2011.



Figura 6.2: caso di un ribaltamento semplice di una parete monolitica. Foto: Arch. Fot. Vice Comm. Del. Beni Culturali - Sisma Abruzzo 2009

Il Politecnico di Milano sta svolgendo numerose sperimentazioni sull'utilizzo della tecnologia di rinforzo di tipo FRM. Infatti, i materiali FRM (Fabric-Reinforced Cementitious Matrix) risultano una buona soluzione per il ripristino di strutture danneggiate e per l'incremento della capacità portante degli elementi strutturali in accordo con le recenti disposizioni antisismiche.²

Le matrici cementizie fibrorinforzate sono dei compositi costituiti da una sequenza di uno o più strati di matrice cementizia rinforzata con fibre secche sotto forma di reti singole o multiple aperte che, se aderite a elementi strutturali in calcestruzzo o muratura, costituiscono un sistema FRM.

I materiali tessili possono essere definiti di diversa natura: acciaio, PVA, carbonio, polimero, vetro, plastica.

Gli FRM sono il risultato dell'accoppiamento di reti, costituite dalle stesse fibre sopra elencate, o fibre sperimentali più recenti recentemente apparse sul mercato come PBO (Poliparafenilenbenzobisoxazolo) e acciaio.

Questa tecnologia è in grado di consentire buone prestazioni meccaniche a spessori ridotti e costi contenuti. Le ragioni principali per considerare l'FRM come un materiale di rinforzo idoneo sono la resistenza intrinseca al calore, la compatibilità con il supporto, la durabilità a lungo termine, la facile reversibilità, la facilità di posa e le buone prestazioni a temperature elevate oltre che alla parziale resistenza al fuoco.

In questo capitolo verranno riportati i dati sperimentali ottenuti dalle sperimentazioni iniziate nell'anno accademico 2019-2020 sui dei provini realizzati con una matrice S488TIX e con la rete AR0590AT. Verranno riportati altresì i dati sperimentali ottenuti dai laureandi Francesco Bestetti e Giorgio Marco Mattiolo nell'anno accademico 2017-2018 con la matrice S286 FR e le reti AR 0355 AT e AR 03060 AT. Questi dati sperimentali saranno fondamentali per effettuare le verifiche a ribaltamento semplice di parete e a ribaltamento semplice di parete monolitica nella parte alta, poichè le matrici utilizzate nell'anno accademico 2019/2020 nella fase sperimentale non sono compatibili con il substrato presente nel progetto ovvero la muratura.

¹ L. Milano, A. Mannella, C. Morisi, A. Martinelli, *Allegato alle Linee Guida per la Riparazione e il Rafforzamento di elementi strutturali, Tamponature e Partizioni, Schede illustrative dei principali meccanismi di collasso locali negli edifici esistenti in muratura e dei relativi modelli cinematici di analisi*, 2009, p.3.

² M.C. Rampini, G. Zani, M. Colombo, M. di Prisco, *Optimized Fabric-Reinforced Cementitious Matrix composite for retrofitting of existing structures FRM ottimizzati per il rinforzo di strutture esistenti*, 2019, p. 1.

Rinforzo in fibra di vetro

Il rinforzo utilizzato nelle prove sperimentali è una rete di fibra in vetro che deve garantire una inalterazione nel loro comportamento meccanico quando sono esposte ad un ambiente alcalino ovvero quello della matrice all'interno delle quali sono inserite.

all'interno della miscela

Oltre alla rete AR, durante la preparazione sono state aggiunte fibre sparse. L'utilizzo di fibre ha permesso di avere un miglior controllo del fenomeno di cracking dovuto al ritiro plastico e al ritiro da essiccamento. La permeabilità è stata diminuita grazie a tale aggiunta.

In generale, i vantaggi dell'aggiunta di fibre di vetro sparse sono il miglioramento della resistenza alla flessione, il miglioramento della pura resistenza alla trazione, il miglioramento della resistenza allo stress da taglio.

Il comportamento dell'intero composito dipende da quello del rinforzo che viene inserito all'interno dello stesso. La risposta globale del composito è determinata, quindi, dalle proprietà del rinforzo, dall'orientamento spaziale dei fili all'interno della maglia oltre che alla quantità di quest'ultimi.

La rete si compone di una maglia in cui l'orientamento spaziale e la quantità di filamenti influiscono fortemente sul comportamento globale del composito. I filamenti possono essere semplicemente affiancati (non assemblati) oppure assemblati intorno al filamento di asse longitudinale andando a costituire lo "yarn" che si dispone in due direzioni: quella del carico principale, detta "warp" (ordito) e quella ad essa ortogonale, detta "werf" (trama).³

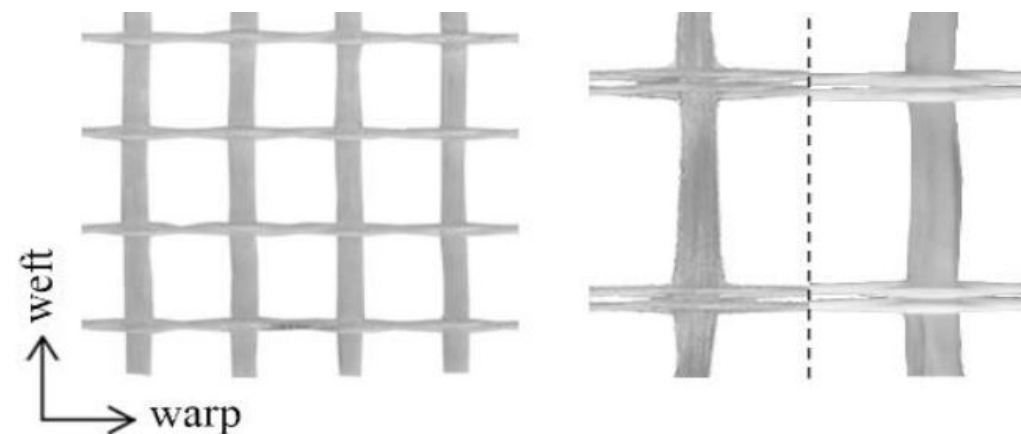


Figura 6.3: definizione di "warp" e "werf" su reti di 70 x 70 mm². Foto da Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., *Mechanical Behaviour of TRC Composites: Experimental and Analytical Approaches*, 2019

Generalmente i sistemi di rinforzo FRCM, nel caso in cui sia presente una singola rete, hanno uno spessore compreso tra 5 e 15 mm, al netto del livellamento del supporto. Nel caso di più reti lo spessore cresce, ma di solito è contenuto nei 30 mm. La distanza netta tra il contorno dei fili o i trefoli, nelle direzioni in cui sono presenti, non eccede solitamente 2 volte lo spessore della malta e comunque non è mai maggiore di 30 mm.⁴

³ N. Borgioni, *Caratterizzazione di Compositi Fibrorinforzati per il Rinforzo strutturale*, Politecnico di Milano, Tesi di Laurea triennale, 2015 - 2016.

⁴ CNR - xxx/2018, *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a matrice inorganica*, Roma, 2018.

Durante le prove sperimentali si è utilizzata la rete AR0590AT, mentre le reti che verranno prese in considerazione per le verifiche di ribaltamento sono le reti AR0355AT e AR0360A.

Rete	Maglia (mm x mm)	Fili/m		A _{rinf,secco} (mm ²)		P _{max} (kN)	
		Ordito	Trama	Ordito	Trama	Ordito	Trama
AR0590AT	38 x 38	104	26	6,51	6,51	13,03	11,81
AR0355AT *	38 x 38	104	26	3,22	3,22	6,31	4,72
AR0360A *	18 x 18	110	56	3,43	3,50	5,71	5,32

Tabella 6.1: tabella con le proprietà delle reti di rinforzo. Per la rete AR0590AT sono state effettuate prove di trazione diretto sul tessuto

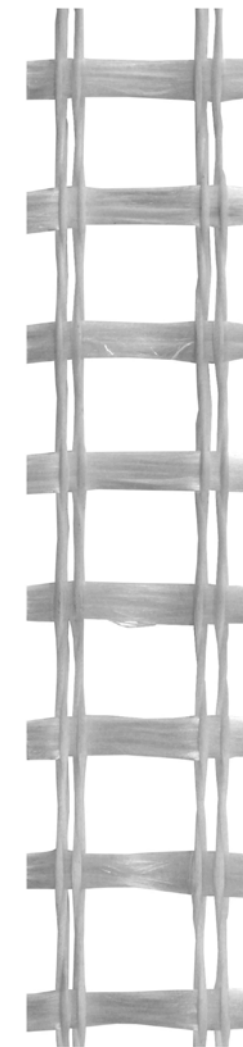


Figura 6.4: rete AR0590AT

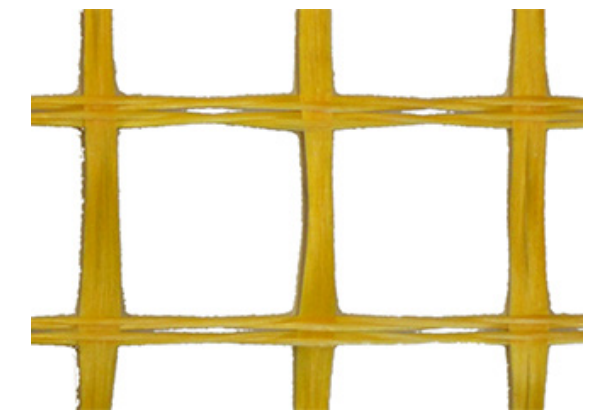


Figura 6.5: rete AR0355AT

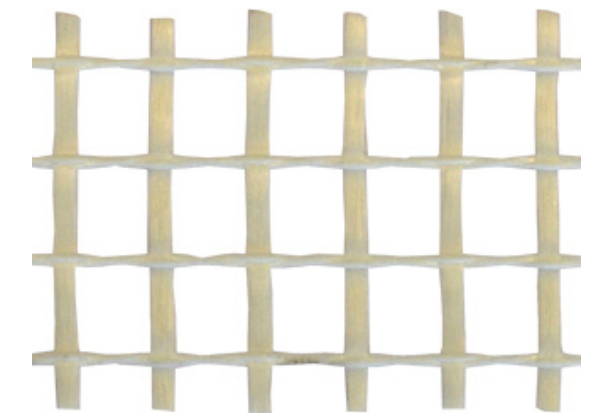


Figura 6.6: rete AR0590AT

* I valori contrassegnati con l'asterisco (*) sono stati reperiti dalla tesi di Bestetti F., Mattiolo G.M., *Impiego di compositi FRCM per il retrofitting antisismico di edifici in muratura. Applicazione al progetto di recupero dell'ex padiglione maternità dell'ospedale di Lecco*. Anno accademico 2017-2018, relatore Prof. Ing. Marco di Prisco

La matrice

Le reti di supporto si inseriscono all'interno di una matrice che costituisce la parte continua del composito. Quest'ultima, nei casi di sistemi FRCM, è caratterizzata da una matrice inorganica a base cementizia. Essa deve garantire una determinata resistenza meccanica, l'adesione al supporto dove viene applicata e la protezione della reti presente al suo interno.

Per ottenere le prestazioni richieste è necessario seguire il mix design di progetto dove sono definite le quantità di malta (che può essere a base cementizia o a base di calce), le quantità di acqua, la quantità di eventuali fibre sparse e superfluidificanti.

Mix design	
Componente	Kg/m ³
Miscela	1840
Acqua	276
Agente espansivo	18,4

Tabella 6.2: tabella con le quantità dei materiali utilizzati nel mix design con la rete AR0590AT

Rispettare le quantità è fondamentale. Il rapporto acqua /cemento è essenziale per raggiungere le proprietà meccaniche richieste oltre che per definire le reazioni per la presa, l'indurimento, la lavorabilità e l'indurimento della matrice.

Un rapporto a/c troppo basso renderebbe la pasta poco lavorabile impedendole una completa reazione chimica del conglomerato, mentre un rapporto eccessivamente elevato porterebbe alla comparsa di pori che indebolirebbero la matrice causandone una diminuzione della resistenza meccanica.

La malta utilizzata con la rete **AR0590AT** è stata la **S 488 TIX**.

Malta cementizia tixotropica, ad espansione d'aria contrastante, finalizzata al risanamento di strutture in cemento armato anche di spessore da 1 a 5 cm. Queste malte contengono fibre PAN (Poliacrilonitrile), resistenti agli agenti atmosferici ostili.

I principali vantaggi legati alla malta S 488, sono la contrastante espansione dell'aria che dà monoliticità con il supporto. La capacità di fornire dilatazioni contrastate con le maturazioni della malta evitando ritiri.

Resistenza alla fessurazione a lungo termine, alle fessurazioni in fase plastica e agli agenti atmosferici e ambientali aggressivi.

Requisiti	Prestazioni	EN 1504-3: 2005
Resistenza alla compressione	28gg > 60 MPa	
Adesione	≥ 2.0 MPa	
Ritiro contrastato	≥ 2.0 MPa	
Modulo elastico	≥ 20 MPa	
Resistenza al fuoco	Classe A1	

Tabella 6.3: le proprietà della matrice S 488 TIX estrapolate da www.master-builders-solutions.com

Invece, la malta utilizzata nelle verifiche di ribaltamento è la **S 286 FR**.

Differisce dalla precedente in quanto è una malta di calce pozzolanica adatta per gli interventi su murature.

Questa malta ha un comportamento duttile, grazie all'impiego di speciali fibre in polimeriche ad altissima tenacità che consentono anche l'applicazione a spruzzo del prodotto: garantisce quindi un'elevata resistenza a sollecitazioni dinamiche, ad urti o a sollecitazioni idrauliche anche in totale assenza di cemento.

Presenta elevate prestazioni meccaniche, un'elevata adesione alla muratura, sia a taglio che per trazione diretta, un bassissimo contenuto di sali idrosolubili, una elevata permeabilità al vapore d'acqua, un basso assorbimento capillare e non è combustibile.

Requisiti	Prestazioni	EN 1504-3: 2005
Resistenza alla compressione	18 MPa	
Adesione	> 0.6 MPa	
Ritiro contrastato	≥ 2.0 MPa	
Modulo elastico	16 MPa	
Resistenza al fuoco	Classe A1	

Tabella 6.4: le proprietà della matrice S 286 FR estrapolate da www.master-builders-solutions.com

La malta **S 488 TIX** viene utilizzata per il ripristino di strutture in cemento armato, mentre la **S 286 FR** è adatta ad interventi sulle murature.

Dalla tabella 6.3 e 6.4 si può chiaramente notare che la resistenza della matrice cementizia è maggiore rispetto a quella a base di calce. Nonostante la migliore prestazione delle malte cementizie, quest'ultime non sono applicabili su un supporto in muratura in quanto le prestazioni meccaniche delle malte cementizie sono eccessive per la muratura. Si rischierebbe di portare a rottura il supporto rendendo vano l'operazione di rinforzo. La malta S 286 FR, inoltre, presenta due caratteristiche fondamentali ovvero l'elevata permeabilità al vapore d'acqua, fondamentale per garantire la normale traspirazione della muratura e la permeabilità al vapore. Entrambe garantiscono un maggiore ancoraggio al supporto ed evitano la formazione di umidità interstiziale.

Queste due malte differiscono anche per il loro metodo di applicazione.

La **S 488 TIX** deve essere applicata in seguito ad una pulizia del calcestruzzo di supporto con acqua in pressione (80 +100 atm e acqua calda in inverno). L'uso dell'acqua in pressione è indispensabile per evitare che il supporto in calcestruzzo sottragga acqua all'impasto e per un'efficace pulizia delle superfici, infatti bisogna asportare polveri e piccole parti incoerenti che possono essere presenti dopo la scarifica del calcestruzzo.

La S 286 FR prevede la rimozione dell'intonaco degradato attraverso l'uso di martelletti elettrici o ad aria compressa o ancora attraverso la semplice scalpellatura. Qualsiasi sostanza che possa pregiudicare la buona adesione al supporto deve essere rimossa. Inoltre, prima dell'applicazione della malta, il supporto deve essere pulito e saturato con acqua a bassa pressione. Una saturazione non accurata comporterebbe perdite di adesione e la fessurazione della malta di apporto.

Le fibre disperse

In aggiunta alla rete, sono state inserite in modo casuale delle fibre che, sebbene non diano alcun contributo in termini di resistenza a compressione, consentono di ottenere una maggiore tenacità migliorando anche il comportamento fessurativo del composito. In particolare, questa aggiunta migliora il comportamento a trazione contrastando l'apertura progressiva delle fessure.

Una volta raggiunta la fessurazione della matrice, le fibre sono in grado di manifestare il proprio contributo, conferendo al composito una resistenza post-fessurazione assente nella matrice senza fibre.

Il comportamento fortemente degradante, tipico di una prova di trazione monoassiale sul calcestruzzo, può essere modificato in modo significativo dall'aggiunta di fibre, al crescere della percentuale volumetrica, V_f , di esse.

Per piccole percentuali volumetriche di fibre (circa 0.2-2%) il legame carico-spostamento a trazione presenta ancora un ramo discendente (comportamento degradante), ma è caratterizzato da una resistenza residua e da una maggiore tenacità.⁵

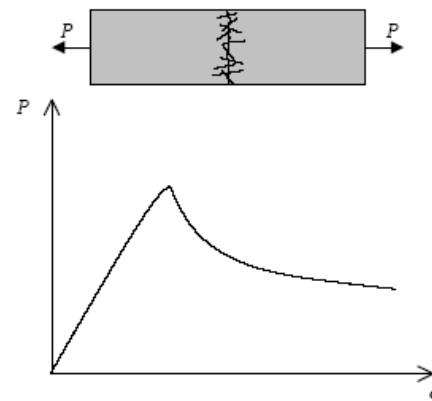


Figura 6.7: curva carico P – spostamento δ per conglomerati fibrorinforzati caratterizzati da basse percentuali di fibre. Foto: CNR - xxx/2018, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a matrice inorganica, Roma, 2018.

Per percentuali volumetriche di fibre superiori (circa 2-8%), il comportamento può diventare incrudente, grazie alla comparsa di una multi-fessurazione.⁵

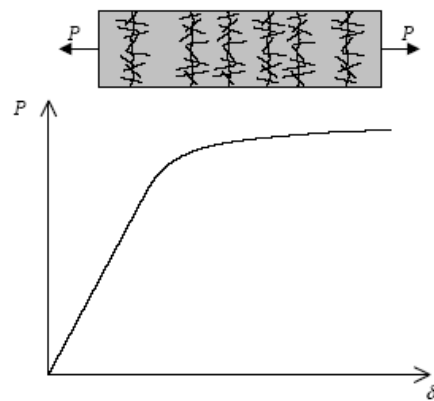


Figura 6.8: curva carico P – spostamento δ per conglomerati fibrorinforzati caratterizzati da alte percentuali di fibre. Foto: CNR - xxx/2018, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a matrice inorganica, Roma, 2018.

⁵ CNR, Op. cit, p. 9.

Le fibre possono essere costituite da diversi materiali (come l'acciaio, il carbonio, il polipropilene, il nylon, ecc.) e differire in dimensioni (lunghe o corte). All'interno della matrice sono state aggiunte delle fibre corte alcool poliviniliche (PVA) di diametro equivalente 0,14-0,24 mm, lunghezza 18 mm e rapporto di aspetto 90. Sono fibre inorganiche progettate per l'utilizzo in matrici cementizie e trattate in superficie per aumentarne la compatibilità. La loro tensione di snervamento è di 790 e 1160 MPa.

Fibre	Lunghezza (mm)	Tensione di snervamento (MPa)
PVA	18	790 -1160

Tabella 6.5: le proprietà delle fibre disperse

Il comportamento del composito

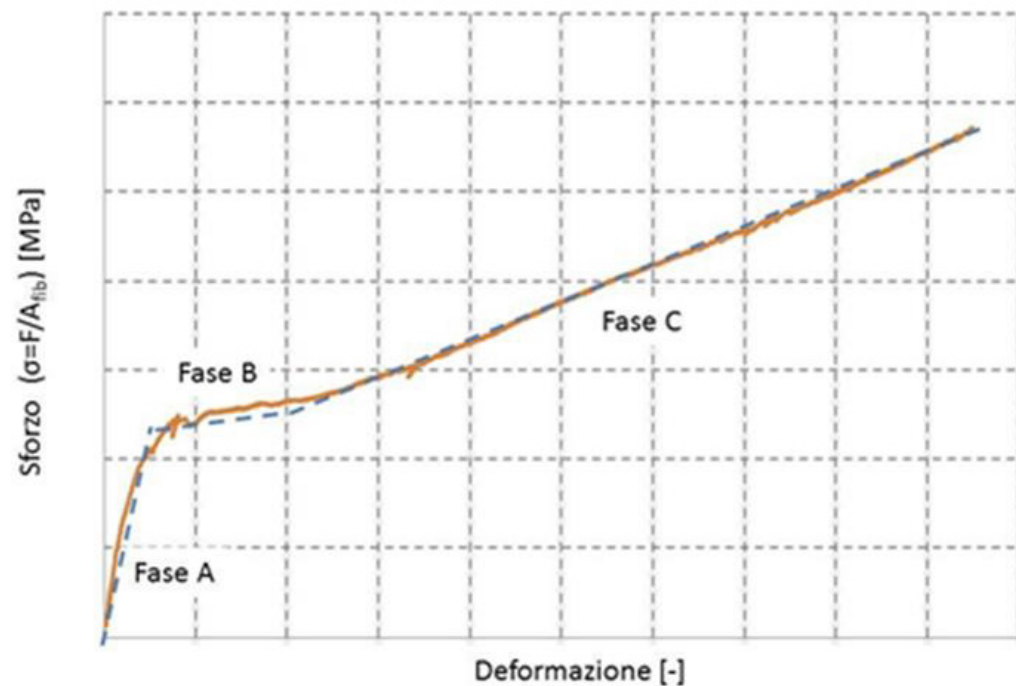


Figura 6.9: legame costitutivo tipo trazione uniassiale di un provino FRCM. Foto da Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale, *Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*, 2018

Il comportamento degli FRCM è definito dalle caratteristiche meccaniche del tessuto, della matrice e dall'interazione dei due componenti.

Il tipico legame costitutivo tensione - deformazione in una prova di trazione monoassiale è assimilabile ad una polilinea che è costituita da tre rami consecutivi (trilineare) in cui è possibile identificare tre fasi.

La prima fase, la fase A, corrisponde al provino non fessurato. Si ha un ramo lineare elastico la cui inclinazione è pari al modulo elastico E della matrice.

La seconda fase B, descrive uno stadio di fessurazione e infine, la fase C corrisponde al provino fessurato.

Nel tratto B si possono distinguere due ulteriori fasi. La prima avviene ad uno stato di sforzo pressoché invariato dove viene trasferito lo sforzo della matrice alla rete strutturale. Nel secondo tratto si ritorna ad un andamento lineare con un'inclinazione pari al modulo di elasticità della rete. Questo avviene poichè lo sforzo è stato trasferito interamente alla rete senza che si generino ulteriori fessure.

I provini

Per effettuare le prove di trazione nella fase sperimentale sono stati prodotti diversi provini. Questi provini sono stati realizzati con il mix design precedentemente riportato grazie all'ausilio di una macchina impastatrice. Per la fase di posa sono stati utilizzati dei casseri composti da una lastra di plexiglass forata sulla quale sono stati fissati dei listelli in acciaio a gruppi di tre per ottenere le dimensioni desiderate ovvero di 9 mm. I listelli longitudinali sono lunghi 400 mm e sono stati fissati ad altri listelli perimetrali in modo da permettere la chiusura del cassero.

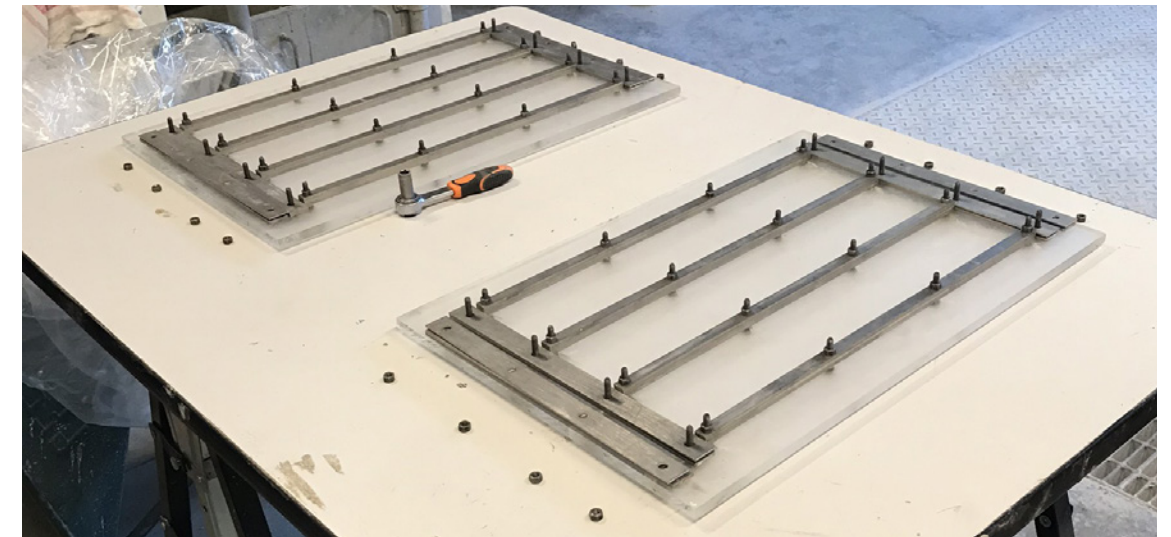


Figura 6.10: i casseri costituiti da una lastra di plexiglass e da listelli in acciaio

Prima di gettare la miscela all'interno dei casseri è stato applicato uno strato di olio disarmante per permettere una facile scasseratura dei provini.

Una volta preparati i casseri, si è proceduto a stendere il primo strato di matrice sopra la quale è stata poi adagiata la rete AR0590AT. Dopo aver inserito la rete è stato gettato il secondo strato distribuendolo in modo omogeneo lungo tutta la sua lunghezza con l'ausilio di rulli. Ultima la preparazione dei provini, quest'ultimi sono stati coperti con un telo di cellofan così da controllarne la temperatura e l'umidità.

Il giorno successivo è avvenuto lo scassero dei provini che sono poi stati lasciati a maturare per 28 giorni in condizioni naturali.

Le dimensioni nominali dei provini saranno di 70 x 400 x 9 mm.



Figura 6.11: fase di getto terminata. Provini coperti con telo di cellofan

Matrice	Fibre	Rete	Getto	Prova	Δ_{gg}
S 488 TIX	PVA	AR 0590 AT	22.11.2019	09.01.2020	48
S 286 FR*	-	AR 0355 AT	18.12.2017	18.01.2018	31
S 286 FR*	-	AR 0360 A	18.12.2017	18.01.2018	31
S 286 FR*	-	AR 0355 AT	18.12.2017	26.03.2018	70
S 286 FR*	-	AR 0360 A	18.12.2017	04.06.2018	70

Tabella 6.6: riassunto dei provini ottenuti

Le prove sperimentali

Le prove di trazione uniassiali vengono eseguite utilizzando la macchina di prova universale (UTM). Queste macchine testano materiali in trazione, compressione o flessione e il loro scopo è quello di ottenere la curva sforzo-deformazione.

In questo caso le prove sono state effettuate mediante una pressa elettro-meccanica INSTRON 5867 caratterizzata da una capacità di carico massima pari a 30 kN, un grado di precisione per misure di carico di $\pm 0,40\%$ del valore letto fino ad $1/100$ della capacità massima della cella di carico, un grado di precisione per misure di carico di $\pm 0,50\%$ del valore letto quando questo è al di sopra di $1/500$ della massima capacità della cella di carico, una precisione delle misure di spostamento pari al $0,05\%$ del valore letto.

Le deformazioni sono state misurate attraverso trasduttori LVDT (Linear Variable Differential Transformers) a ponte intero e rilevate utilizzando più canali di lettura attraverso un sistema di acquisizione elettronico SPIDER8 di HBM.⁶



Figura 6.12: pressa elettro-meccanica INSTRON

Sui provini ottenuti sono state effettuate delle prove di trazione. Sono stati posizionati all'interno della pressa in modo che ogni provino potesse resistere al carico massimo senza slittamenti o cedimenti nella sezione di presa e per evitare il contatto interfaccia morsa-provino. All'estremità di ognuno di essi sono state fissate delle piastre in acciaio mediante incollaggio. I provini sono stati precaricati a 0,3 kN.

Su entrambe le facce dei provini sono stati incollati due supporti in teflon ad una distanza di 20 cm. Incastrati nei supporti ci sono due trasduttori LVDT.



Figura 6.13: prova di trazione su un provino

⁶ Francesco Bestetti, Giorgio Marco Mattiolo, Op. cit.

Sui provini ottenuti sono state eseguite diverse prove. Sui provini di tipo A sono state effettuate delle prove monotone. Sui provini B, C, D, E sono state eseguite delle prove cicliche con 5 cicli di carico e di scarico e sulle prove F cicli di carico e scarico con 15 cicli. Si riportano i dati delle prove dei cicli per i provini N1.

Prove A							
Monotona a rottura	1/2 2° ramo	2/2 2° ramo	1/2 3° ramo	1° scarico	step 2° ramo	step 3° ramo	max load (N)
Limiti	0,8	1,4	5	0,2	0,3	1	6428,94

Tabella 6.7: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini A

Prove B		
N1		
Stroke target (mm)	0,8	
Load minimo (kN)	0,5	
Load pre cicli (kN)	2,892	
Ciclo numero	Load down	Load up
1	0,388	2,941
2	0,463	2,975
3	0,488	3,035
4	0,491	3,044
5	0,451	3,133
P_{max}	8,154	
Stroke max	scorrimento	

Tabella 6.8: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini B

Prove C		
N1		
Stroke target (mm)	1,4	
Load minimo (kN)	0,5	
Load pre cicli (kN)	2,843	
Ciclo numero	Load down	Load up
1	0,564	2,849
2	0,527	2,865
3	0,350	2,888
4	0,554	2,93
5	0,576	2,981
P_{max}	8,146	
Stroke max	scorrimento	

Tabella 6.9: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini C

Prove D					
N1					
Stroke target (mm)	5		Ciclo numero	Load down	Load up
Load minimo (kN)	0,5		4	0,498	7,051
Load pre cicli (kN)	7,185		5	0,494	7,082
Ciclo numero	Load down	Load up	P_{max}	9,549	
1	0,600	7,026	Stroke max	8,8	
2	0,502	6,977			
3	0,505	7,017			

Tabella 6.10: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini D

Prove E		
Primo limite		
Stroke target (mm)	0,8	
Load minimo (kN)	0,5	
Load pre cicli (kN)	-	
Ciclo numero	Load down	Load up
1	0,481	2,638
2	0,516	2,44
3	0,459	2,254
4	0,491	2,349
5	0,502	2,496
Secondo limite		
Stroke target (mm)	1,4	
Load minimo (kN)	0,5	
Load pre cicli (kN)	3,062	
Ciclo numero	Load down	Load up
1	0,52	2,968
2	0,491	3,046
3	0,511	3,081
4	0,475	3,12
5	0,517	3,175
Terzo limite		
Stroke target (mm)	4,2	
Load minimo (kN)	0,5	
Load pre cicli (kN)	6,461	
Ciclo numero	Load down	Load up
1	0,535	6,141
2	0,499	5,957
3	0,538	5,648
4	0,495	5,544
5	0,522	5,19
Carico max raggiunto	6,565	

Tabella 6.11: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini E

Prove F				
Incrementale				
Stroke target (mm)	0,5			
Load minimo (kN)	0,5			
Load pre cicli (kN)	2,186			
Ciclo numero	Stroke	Load down	Load up	Load down
1	0,5	0,406	2,262	2,637
2	0,8	0,477	2,402	2,829
3	1,1	0,48	2,842	2,943
4	1,4	0,542	2,928	3,229
5	1,7	0,588	3,199	3,3
6	2	0,579	3,481	4,846
7	3	0,539	4,753	5,796
8	4	0,556	5,541	5,6
9	5	0,549	5,564	4,31
10	6	0,568	4,152	4,295
11	7	0,518	4,053	4,217
12	8	0,523	3,973	4,071
13	9	0,54	3,805	3,448
14	13	0,344	2,821	a rottura

Tabella 6.12: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini F

Risultati sperimentali: le prove A

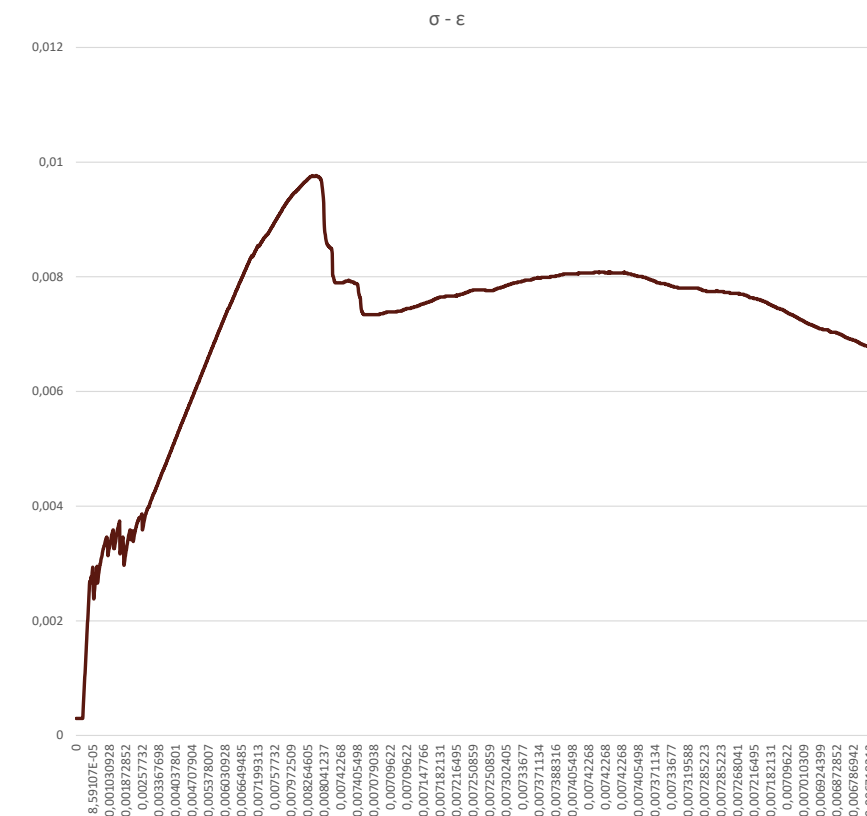


Grafico 6.1: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N1

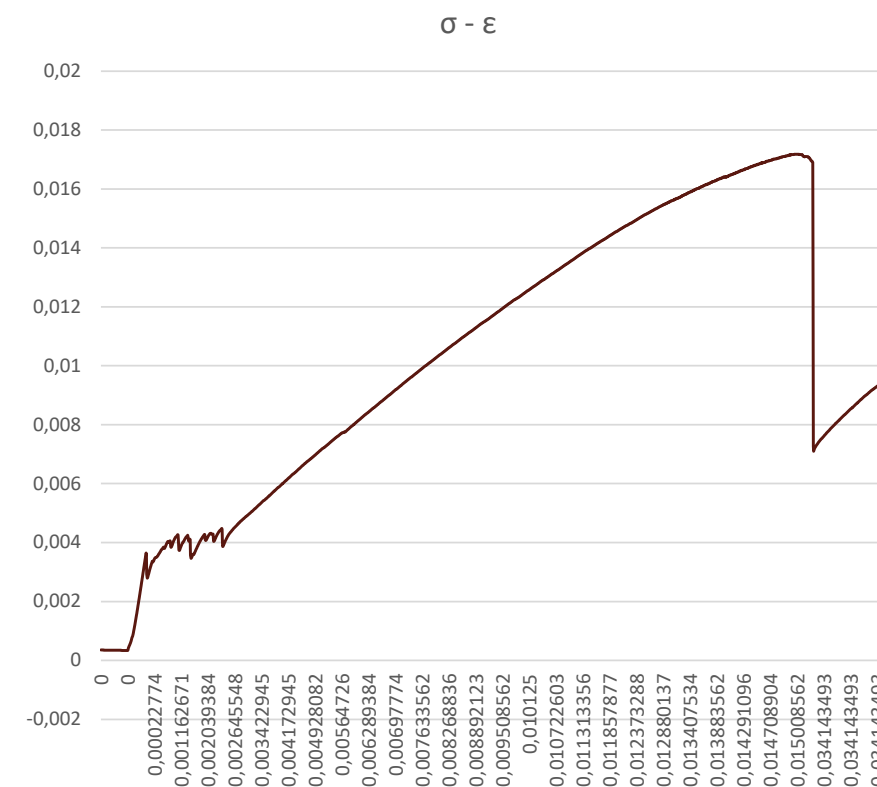


Grafico 6.2: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N2

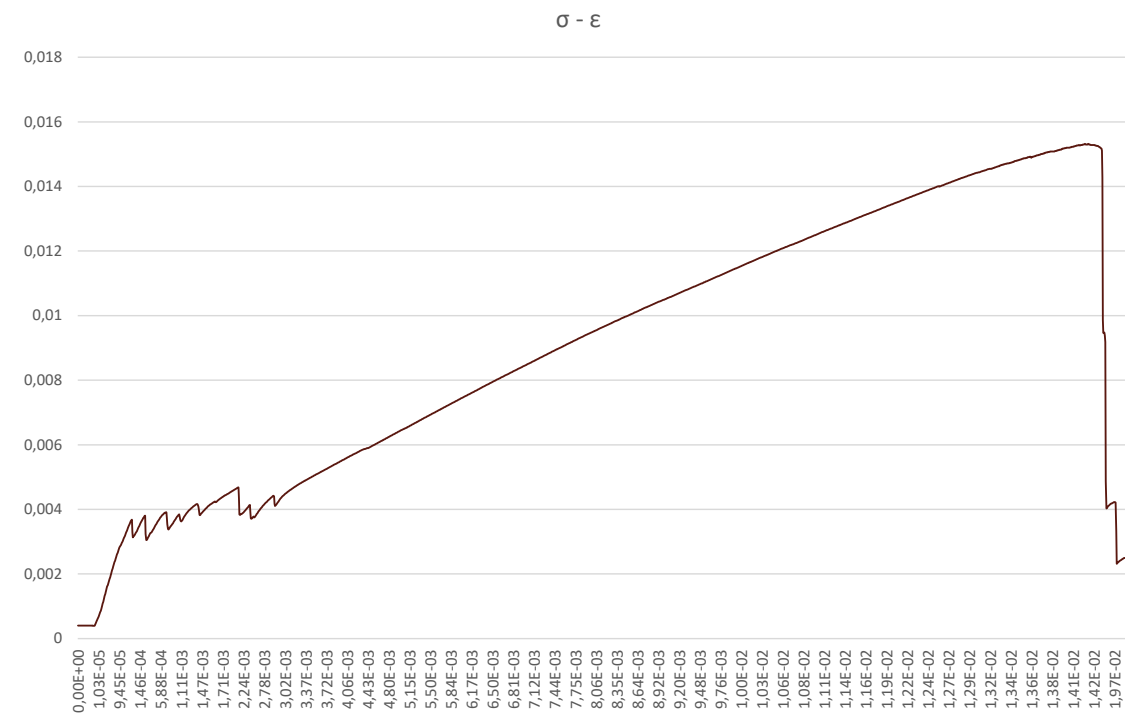


Grafico 6.3: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N3

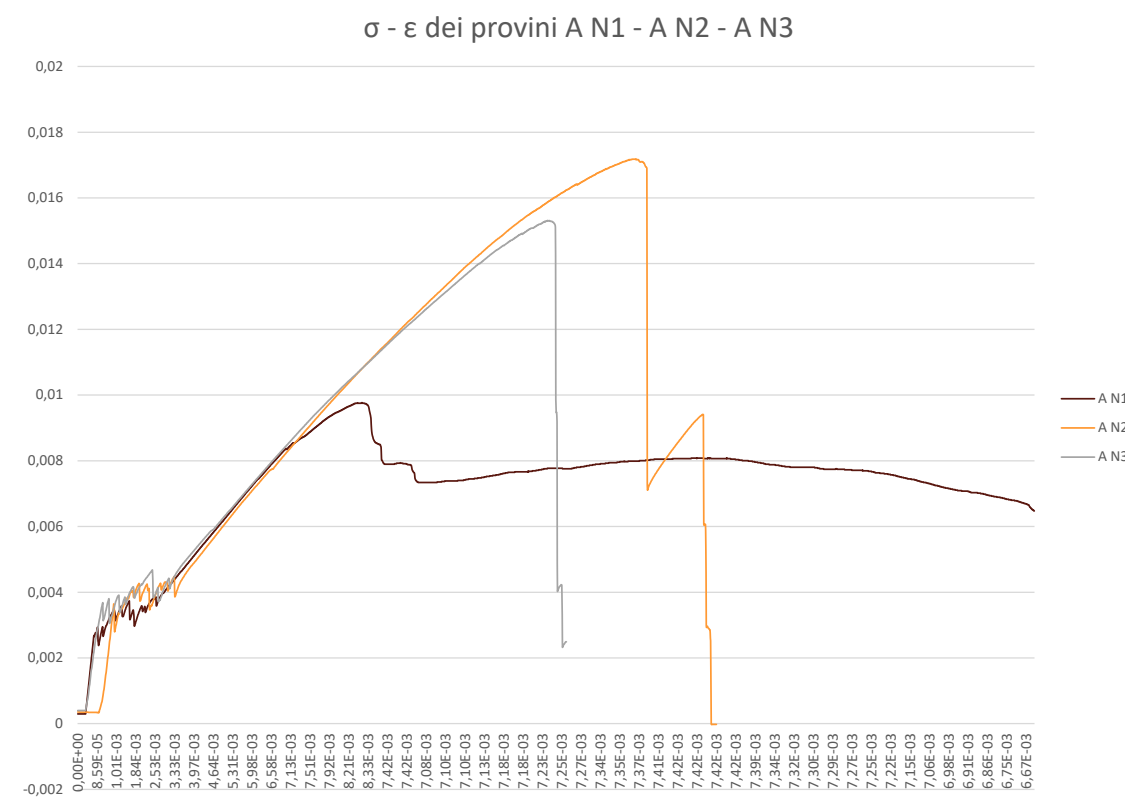


Grafico 6.4: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N1 in bordeaux, A-N2 in arancione e A-N3 in grigio



Figura 6.14: foto dei provini A-N1, A-N2 e A-N3 e della rete AR0590AT

Sui provini A sono state effettuate delle prove in trazione monotone con lo *stroke* sempre crescente. Dai grafici che sono stati ottenuti dalla rielaborazione dei dati si può osservare che si ottiene una trilineare. Il provino A1 va a rottura con un valore inferiore rispetto ai provini A2 ed A3, che invece arrivano a toccare un valore medio di 0,016 kN/mm² per poi rompersi ed avere una caduta repentina della curva. Le fessurazioni dei provini, invece, avvengono tutte all'interno dello stesso range di valori ovvero 0,00278 kN/mm² e 0,00468 kN/mm². Inoltre, il panorama fessurativo è identico in tutte e tre le prove. Dalla figura 6.14 si può notare come ci sia stata una rottura in corrispondenza della piastra in acciaio.

Risultati sperimentali: le prove B

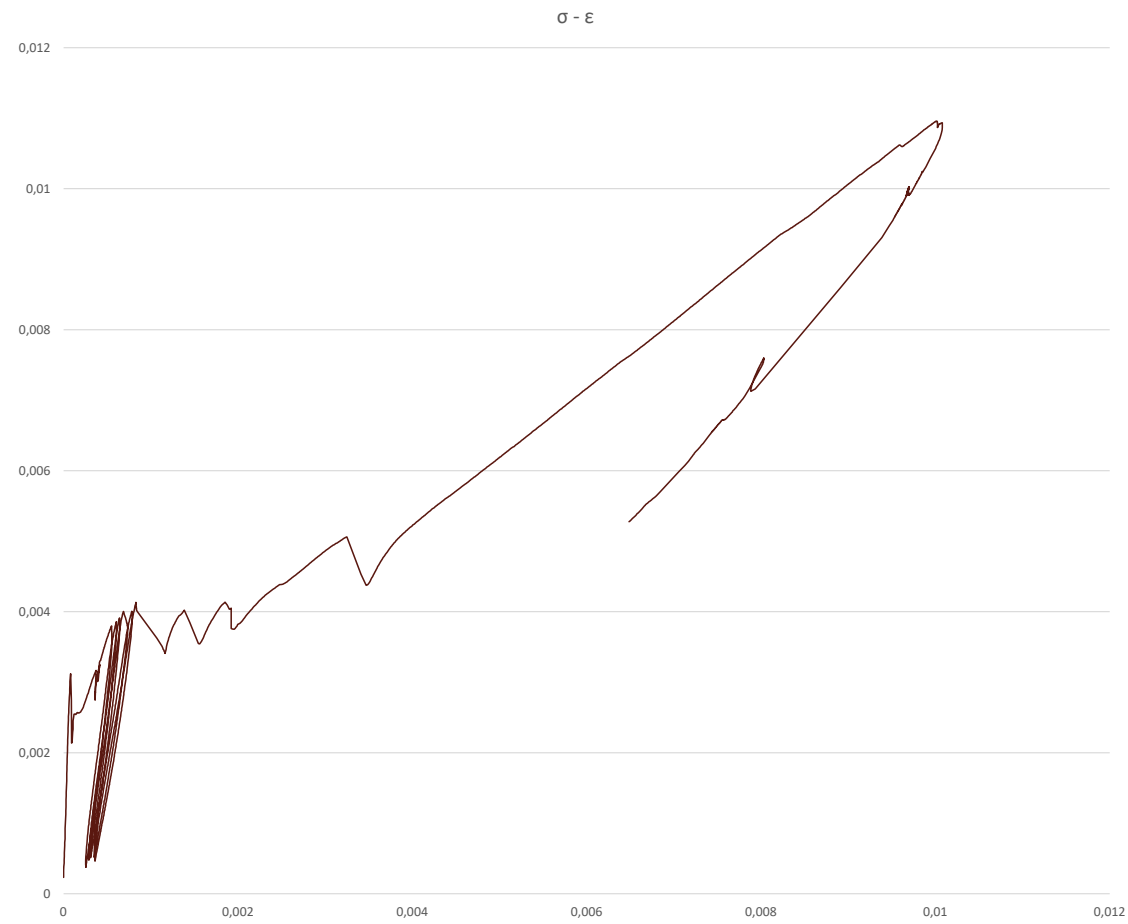


Grafico 6.5: grafico sforzo-deformazione del provino B-N1

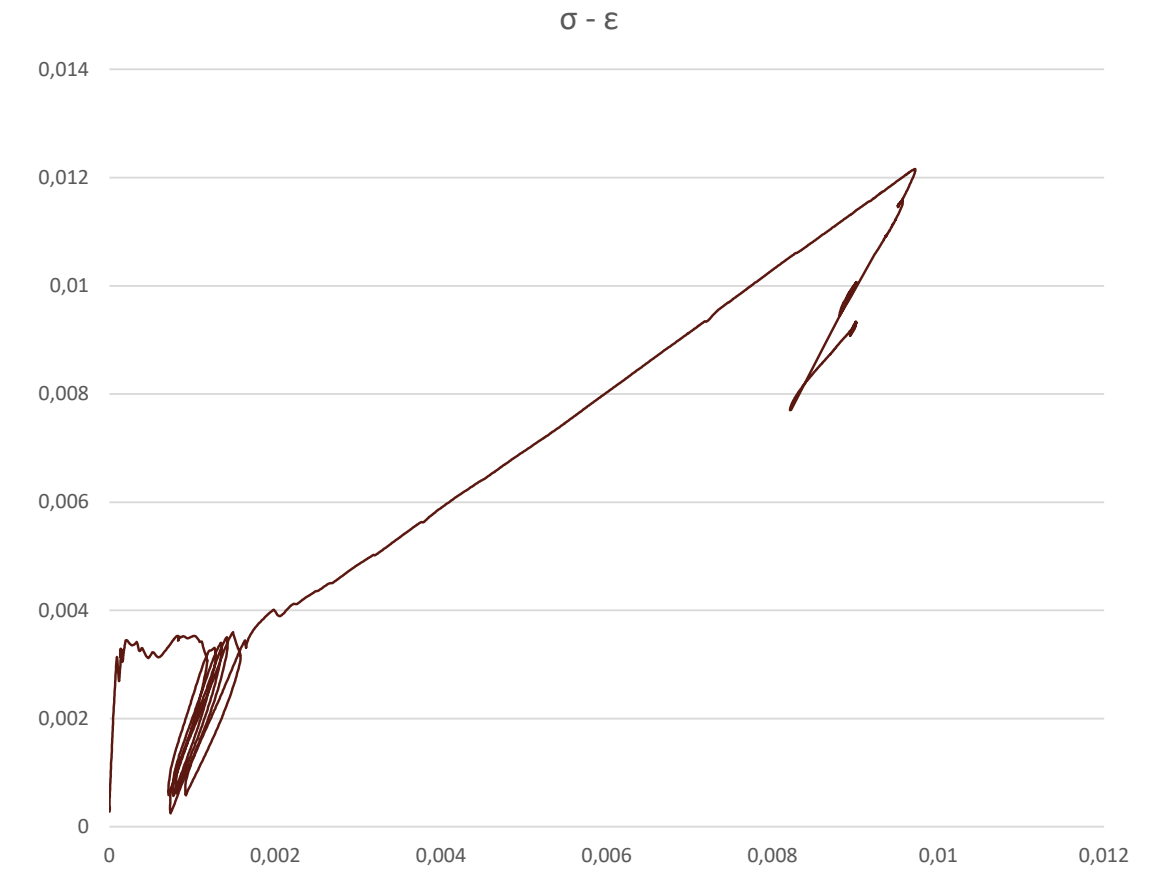


Grafico 6.7: grafico sforzo-deformazione del provino B-N2

Nel grafico 6.6 e in tutti i grafici successivi nominati come $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ viene costruito un grafico che mostri la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale. E_{c1} è il modulo elastico del composito ancora integro, quindi prima che fessuri, mentre K è la rigidezza del composito dopo aver fessurato. K_i varia ad ogni ciclo di carico e scarico effettuato.

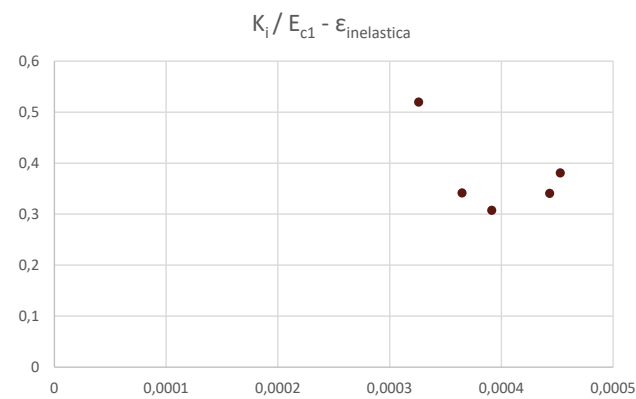


Grafico 6.6: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale per il provino B1

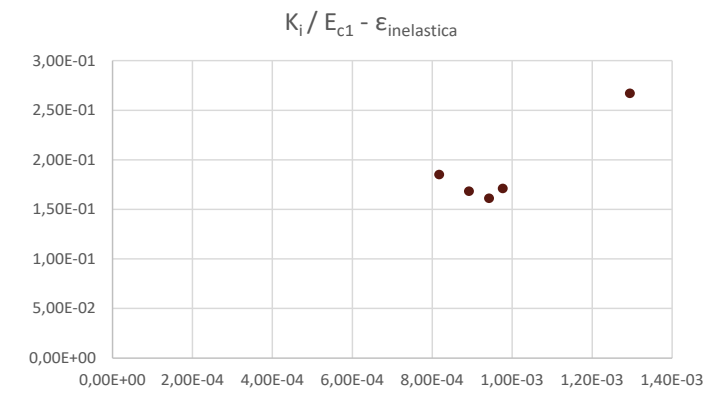


Grafico 6.8: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale per il provino B2



Grafico 6.9: grafico sforzo-deformazione del provino B-N3

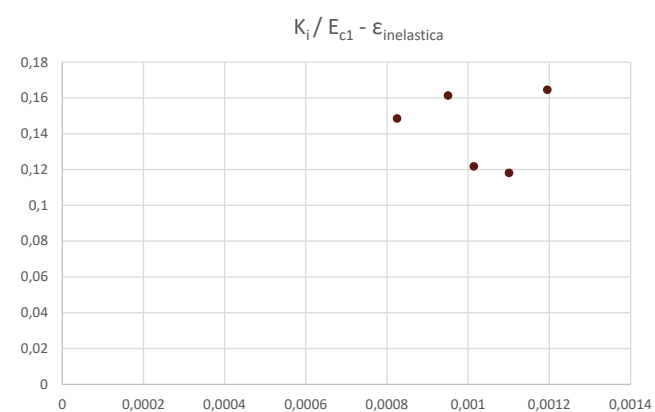


Grafico 6.10: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale per il provino B3

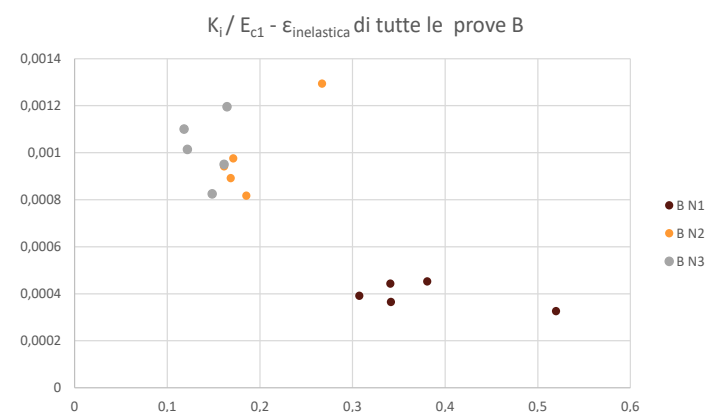


Grafico 6.11: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale di tutte le prove B. B1 in rosso, B2 in arancione e B3 in grigio



Figura 6.15: foto dei provini B-N1, B-N2 e B-N3 e della rete AR0590AT

Con i provini B sono state effettuate delle prove cicliche con cinque cicli di carico e scarico. Sia in queste prove cicliche sia in quelle successive, quando si è scaricato il provino non si è mai tornati a 0, perchè in corrispondenza di questo valore si danneggerebbe la rete, provocandone una rotazione e si danneggerebbe anche l'area adiacente ad essa. Quindi, il carico minimo che è stato utilizzato è di 0,5 kN per tutte le prove cicliche. Dai grafici è ben visibile, infatti, che le curve non arrivano mai in prossimità di 0. Inoltre, le rette in corrispondenza dello scarico e carico sono caratterizzate da una pendenza diversa rispetto a quella iniziale perchè i provini hanno fessurato. Questo avviene perchè il materiale ha una capacità di resistenza differente rispetto a quella iniziale.

Nei provini B1 e B2 si può notare come ci sia una fessurazione con una delle ultime linee caratterizzata da una pendenza diversa oltre che ad un "crollo". Questo fenomeno può avvenire a causa della presenza delle fibre disperse all'interno della matrice, e che portano ad uno scorrimento dovuto alla non perfetta adesione fra il supporto e la rete. Nel provino B3 questo non avviene.

Risultati sperimentali: le prove C

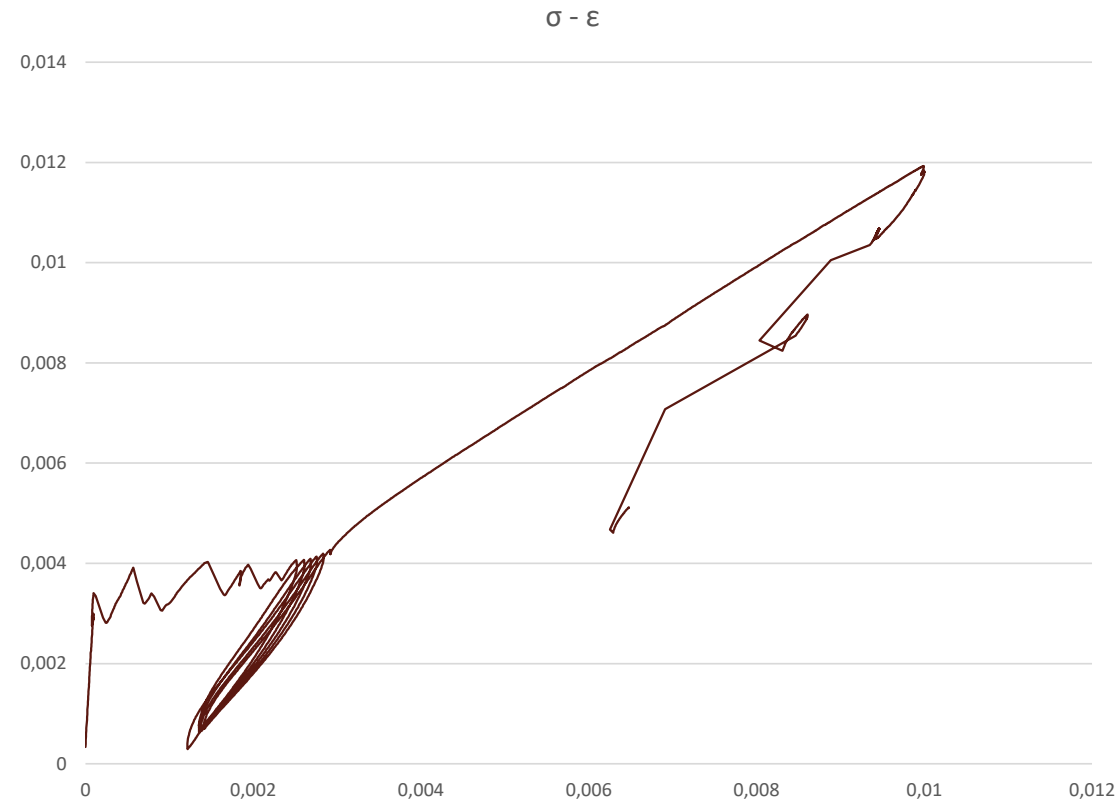


Grafico 6.12: grafico sforzo-deformazione del provino C-N1



Grafico 6.14: grafico sforzo-deformazione del provino C-N2

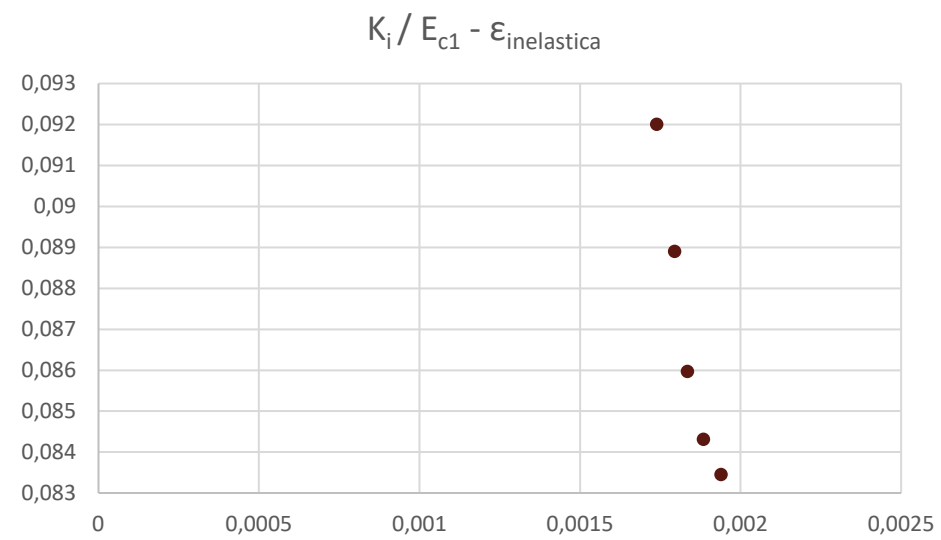


Grafico 6.13: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino C1

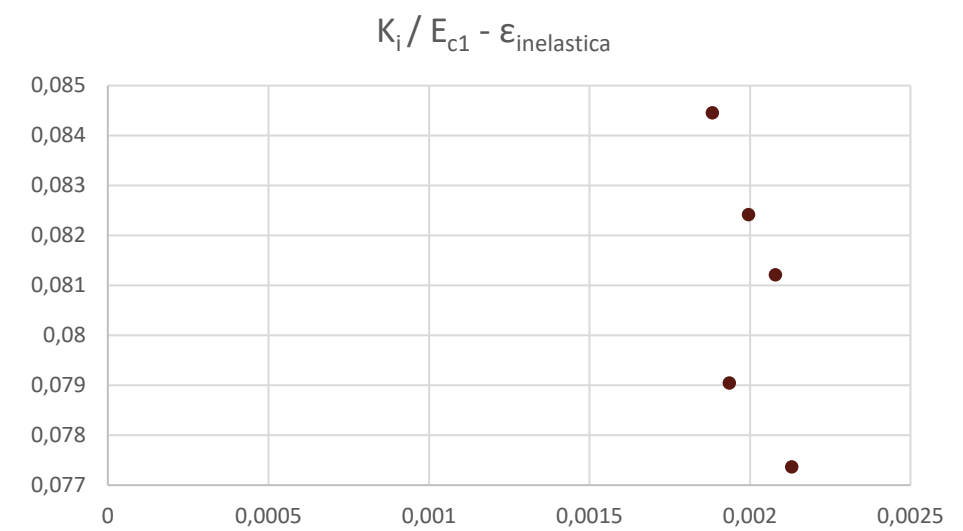


Grafico 6.15: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino C2

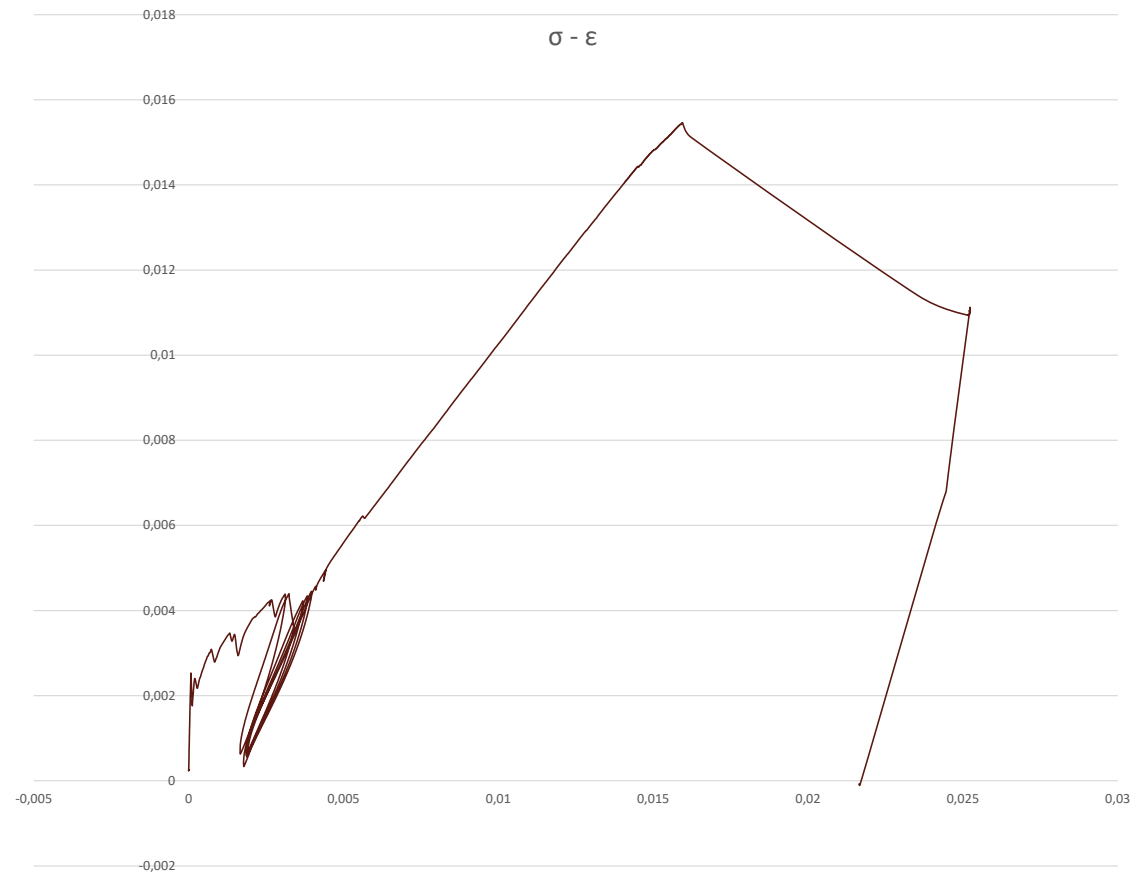


Grafico 6.16: grafico sforzo-deformazione del provino C-N3

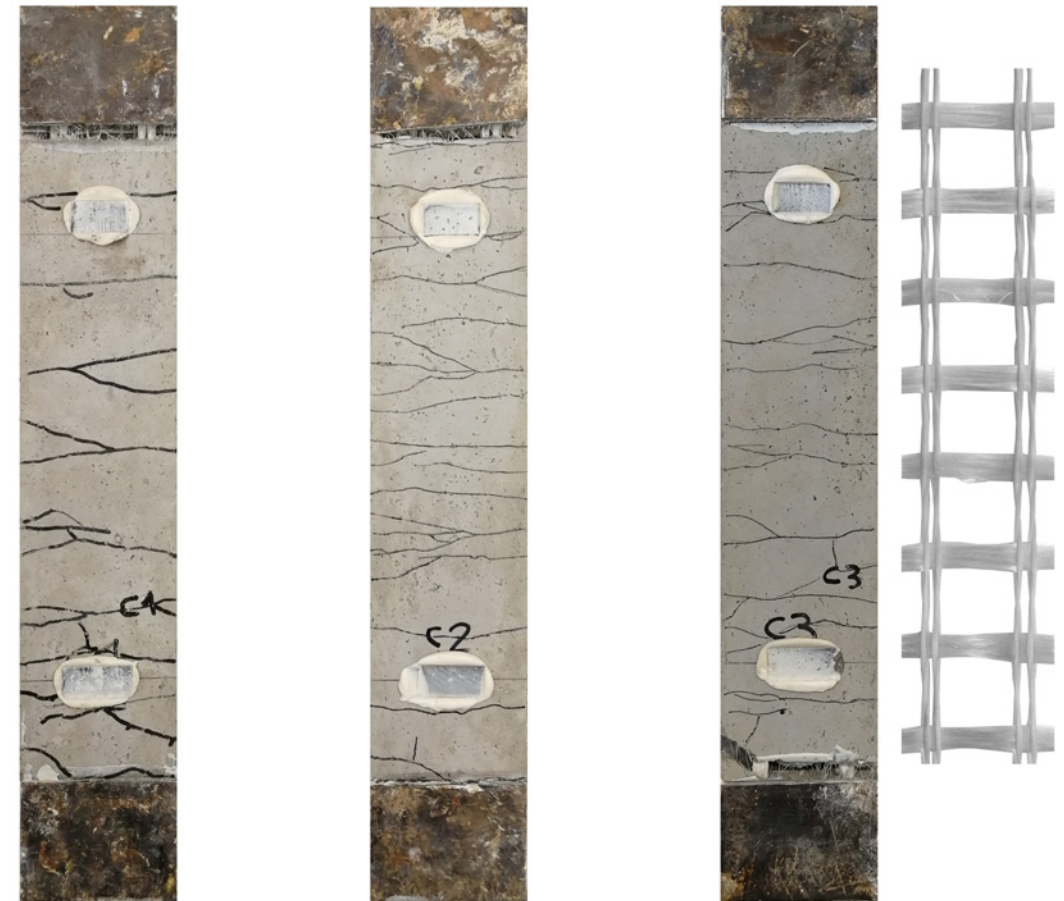


Figura 6.16: foto dei provini C-N1, C-N2 e C-N3 e della rete AR0590AT

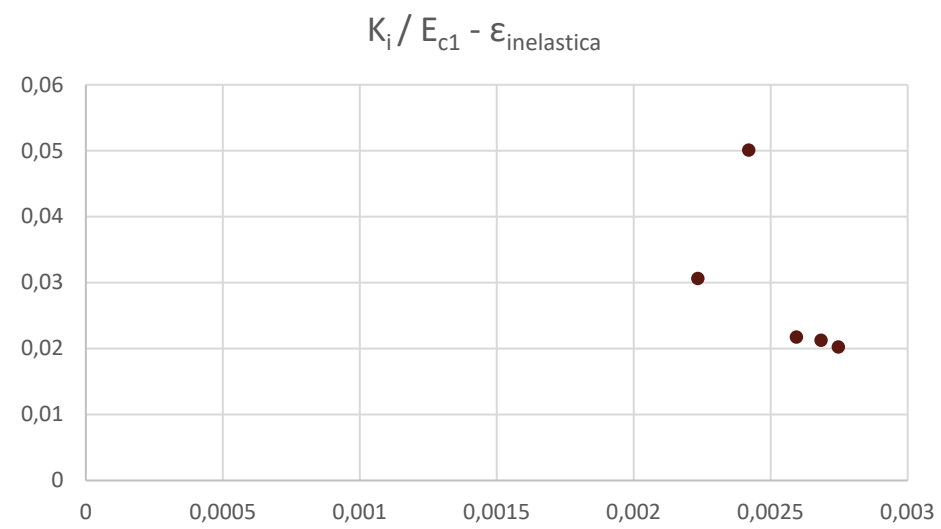


Grafico 6.17: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino C3

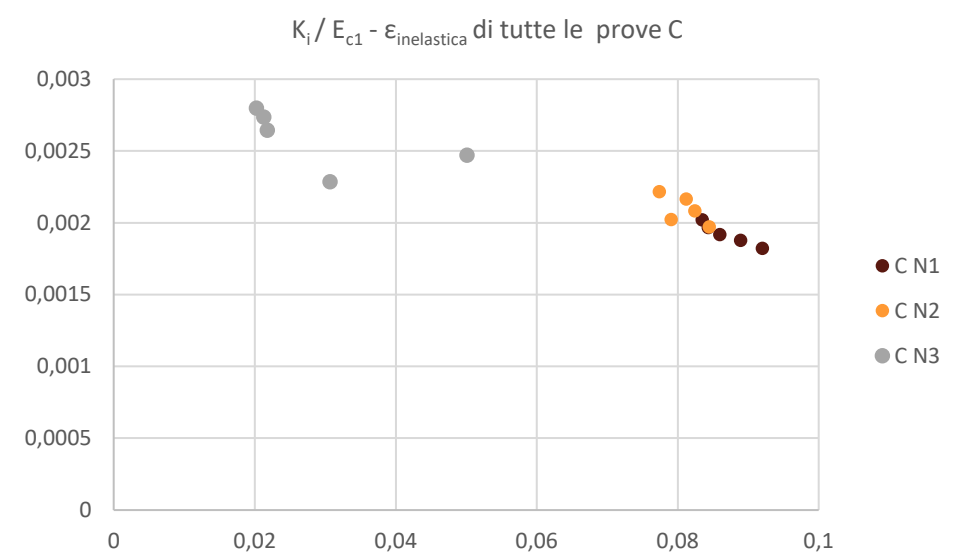


Grafico 6.18: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ di tutte le prove C. C.1 in rosso, C.2 in arancione e C.3 in grigio

Risultati sperimentali: le prove D

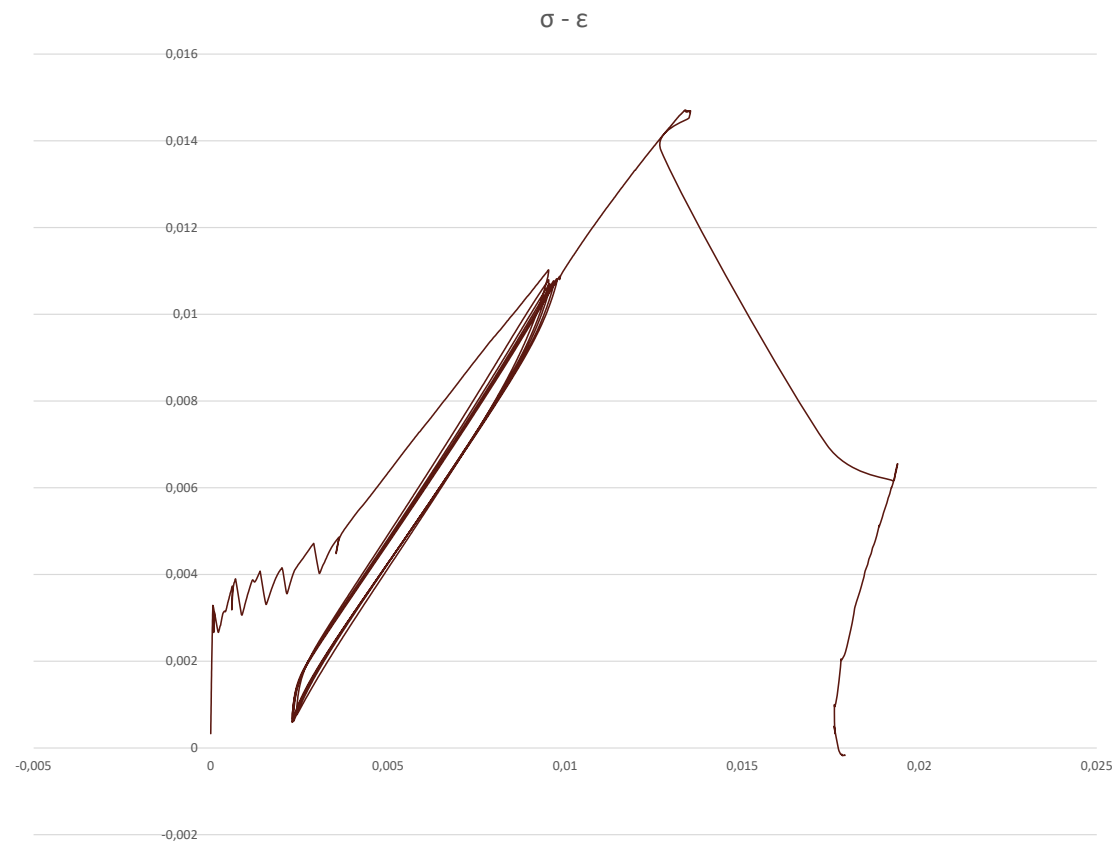


Grafico 6.19: grafico sforzo-deformazione del provino D-N1

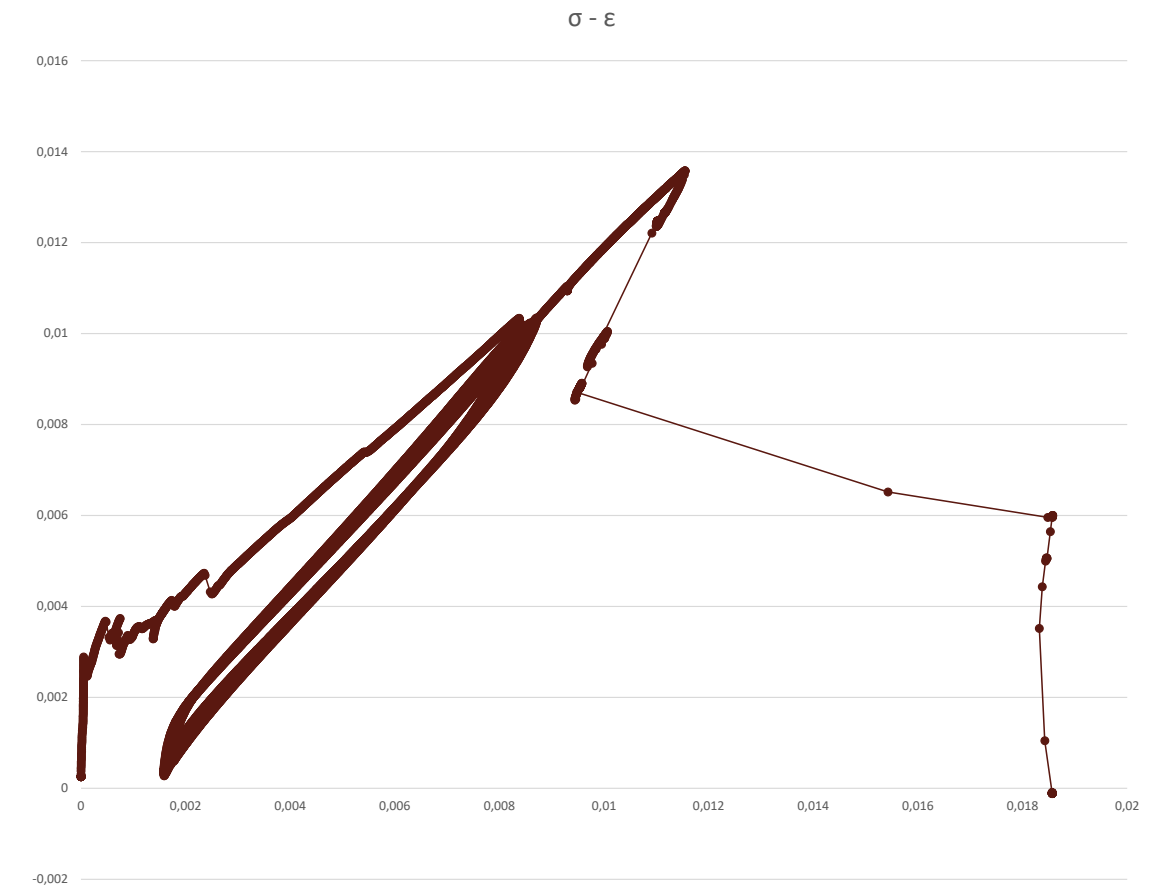


Grafico 6.21: grafico sforzo-deformazione del provino D-N2

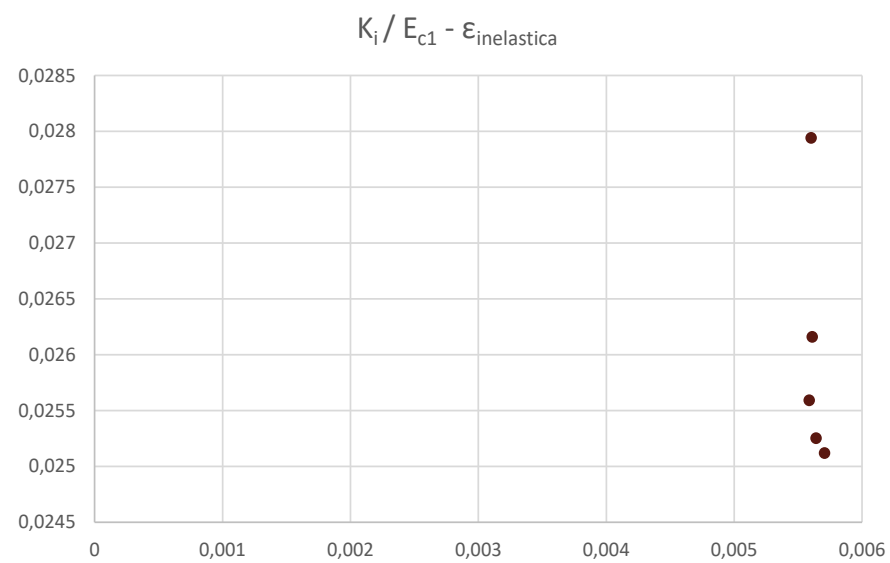


Grafico 6.20: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino D1

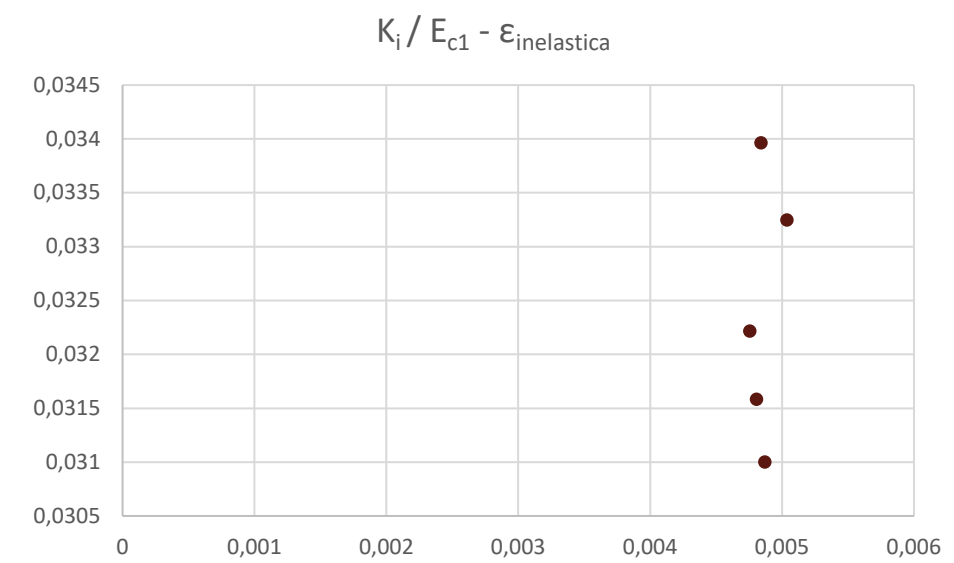


Grafico 6.22: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino D2

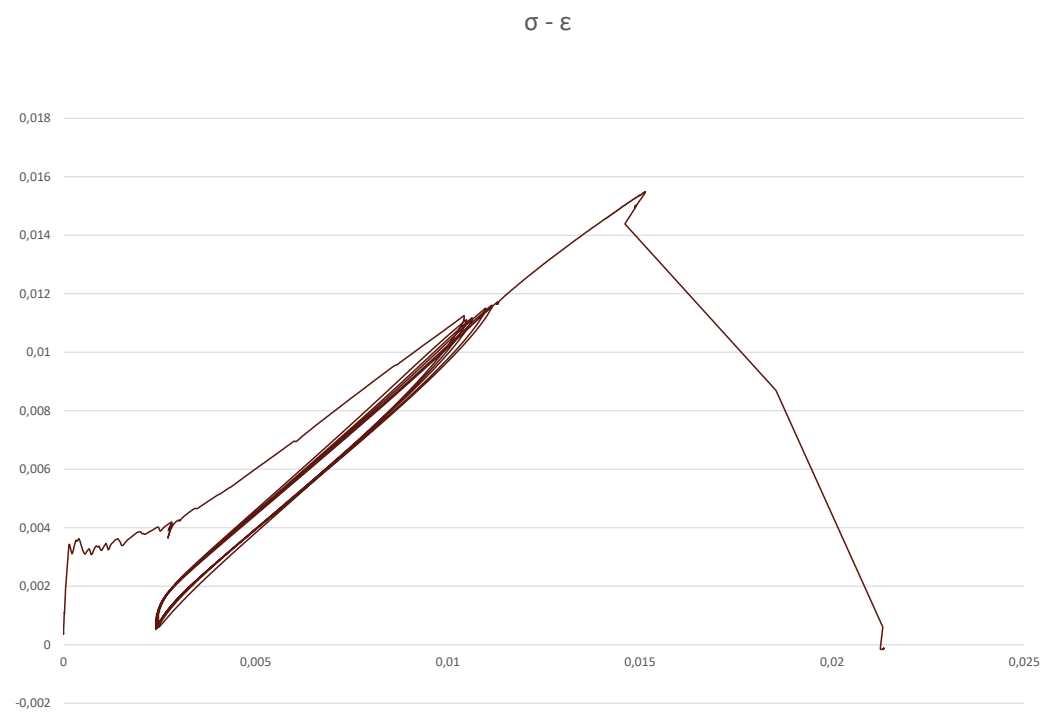


Grafico 6.23: grafico sforzo-deformazione del provino D-N3

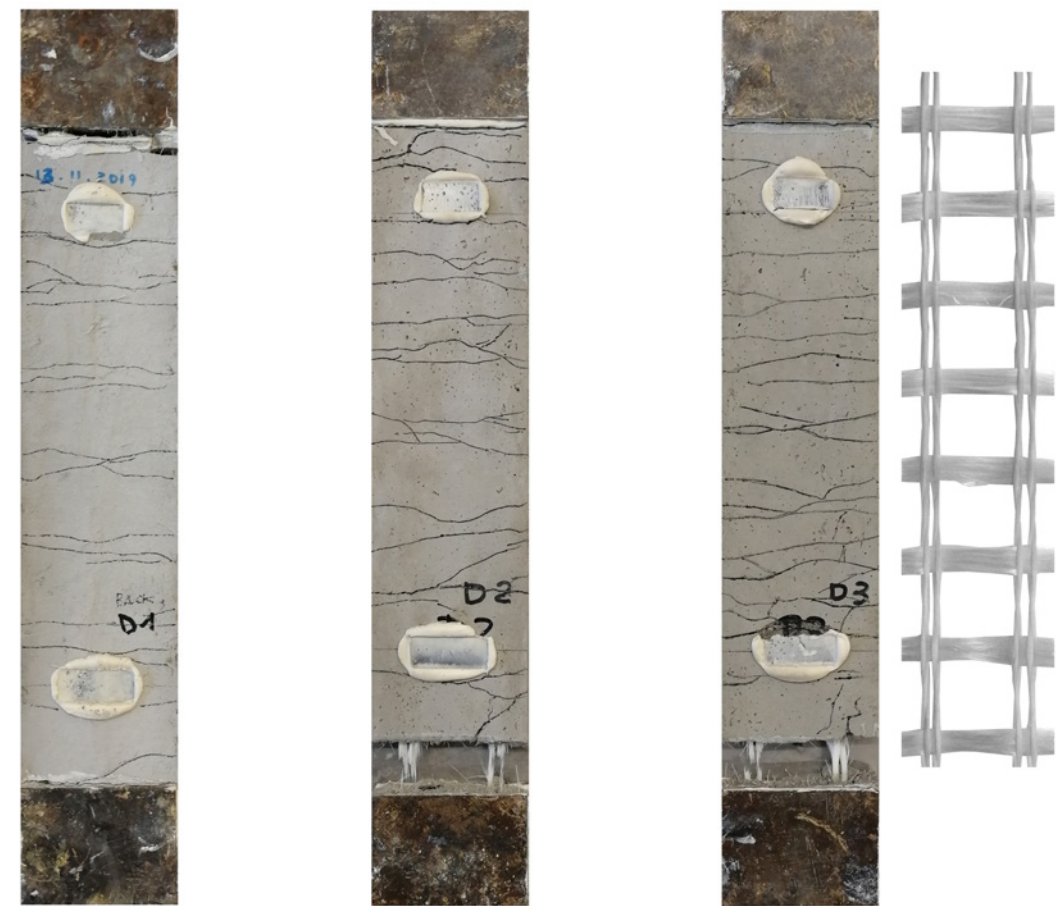


Figura 6.17: foto dei provini D-N1, D-N2 e D-N3 e della rete AR0590AT

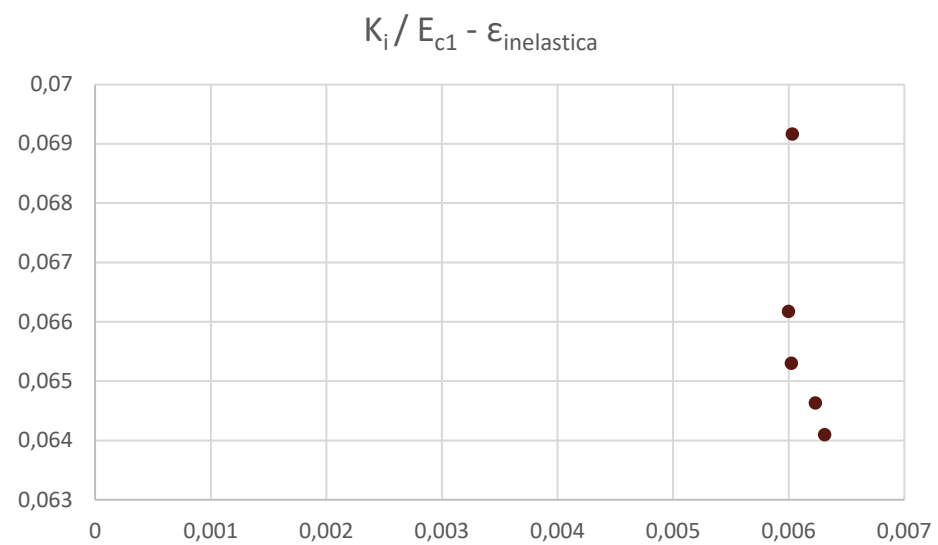


Grafico 6.24: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino D3

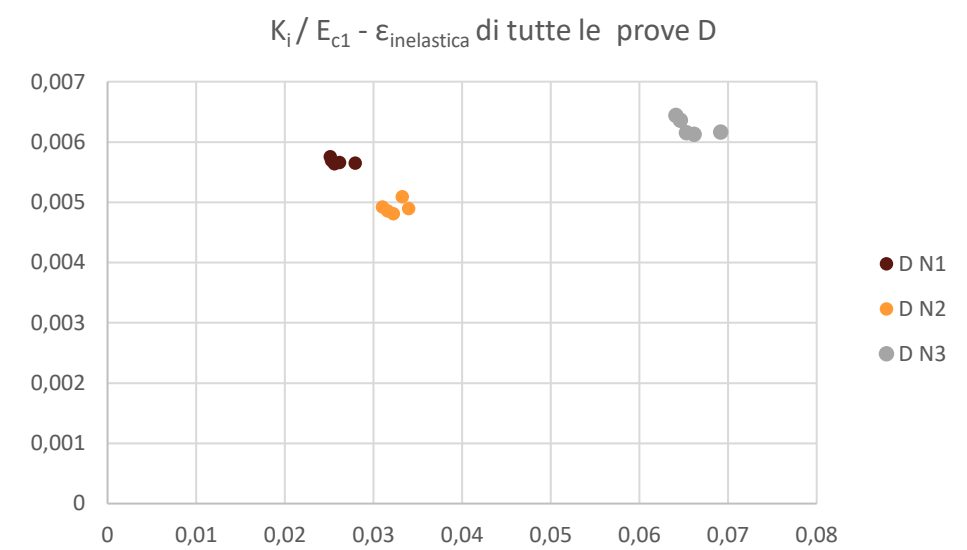


Grafico 6.25: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove D. D1 in rosso, D2 in arancione e D3 in grigio

Risultati sperimentali: le prove E

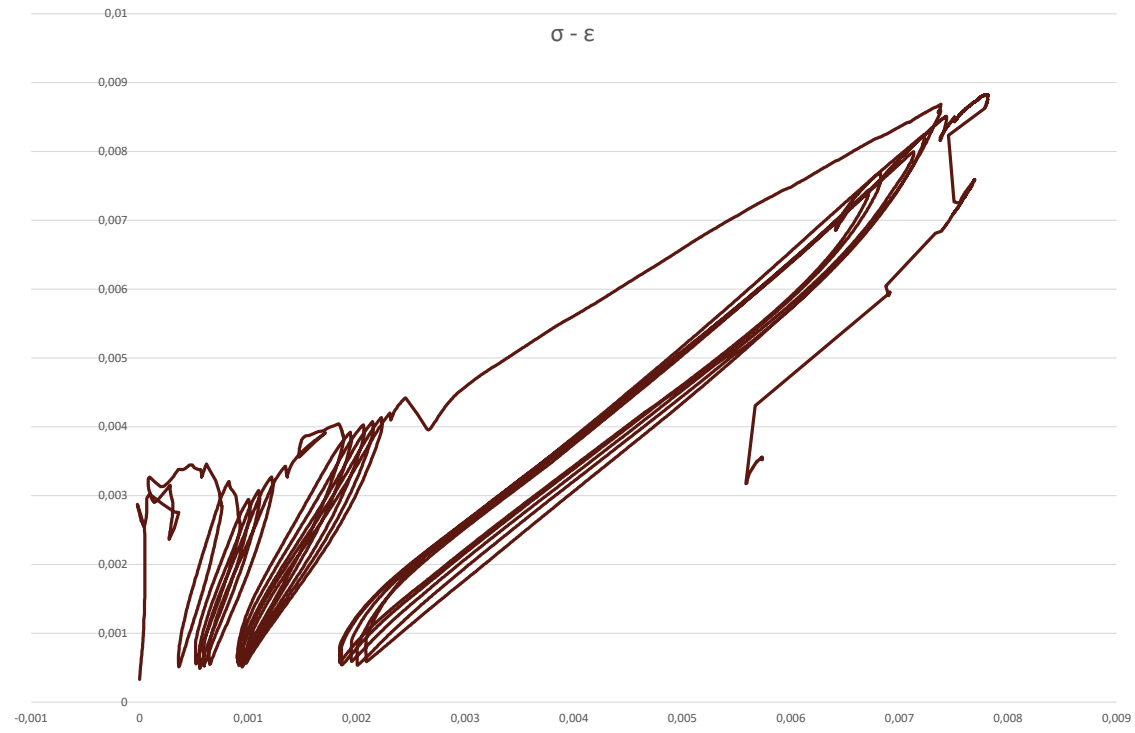


Grafico 6.26: grafico sforzo-deformazione del provino E-N1

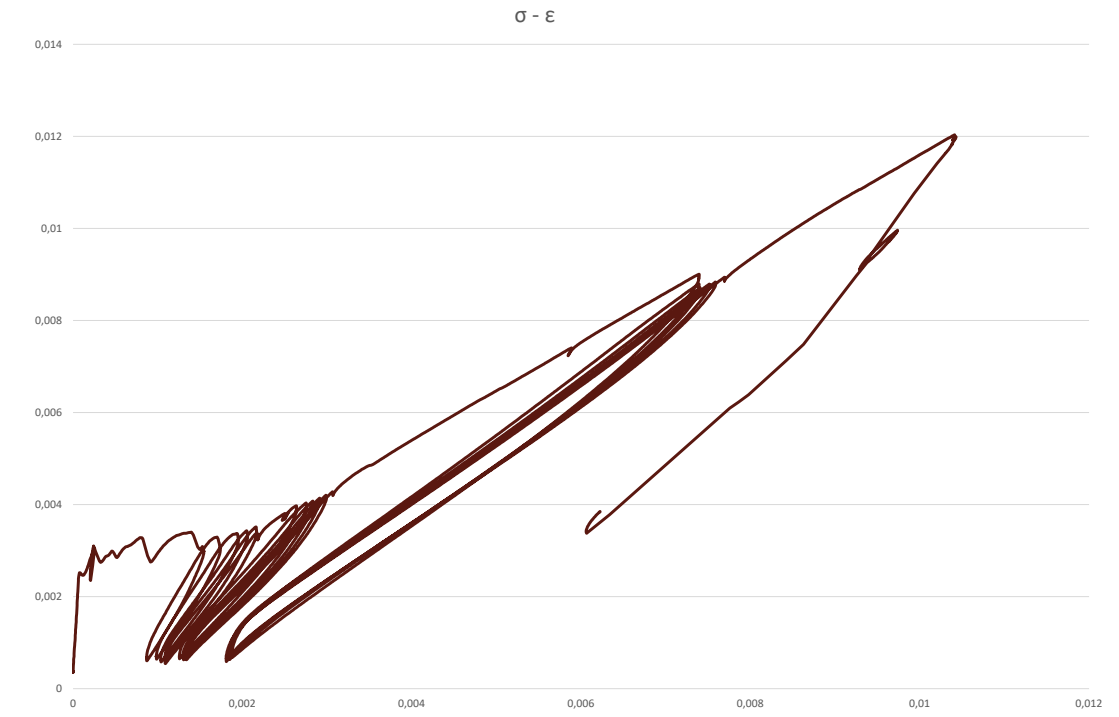


Grafico 6.28: grafico sforzo-deformazione del provino E-N2

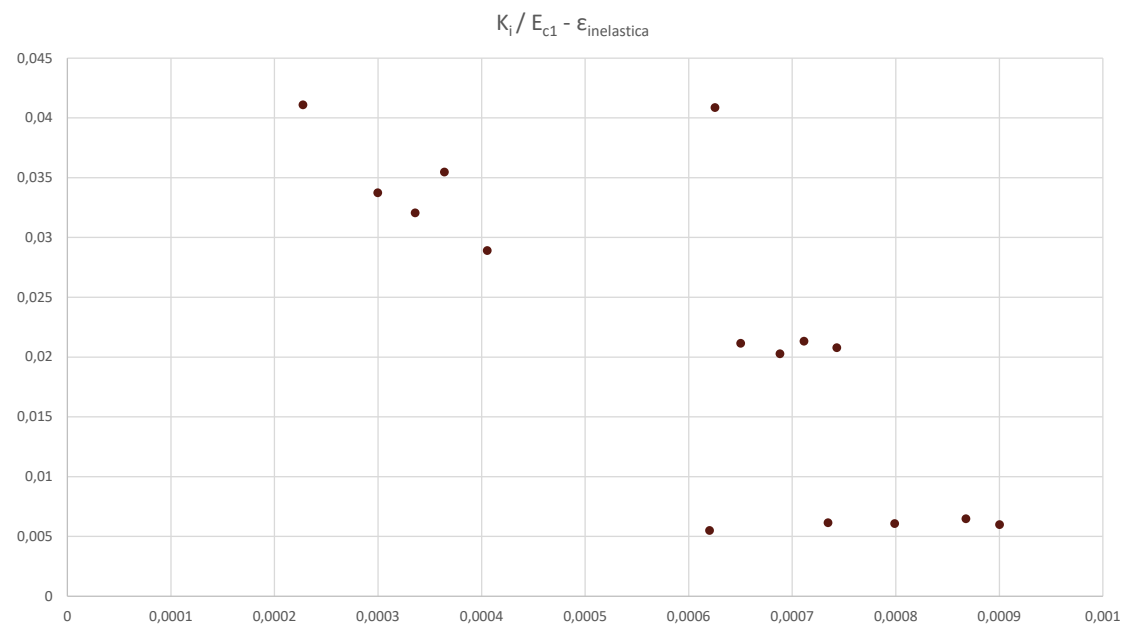


Grafico 6.27: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino E1

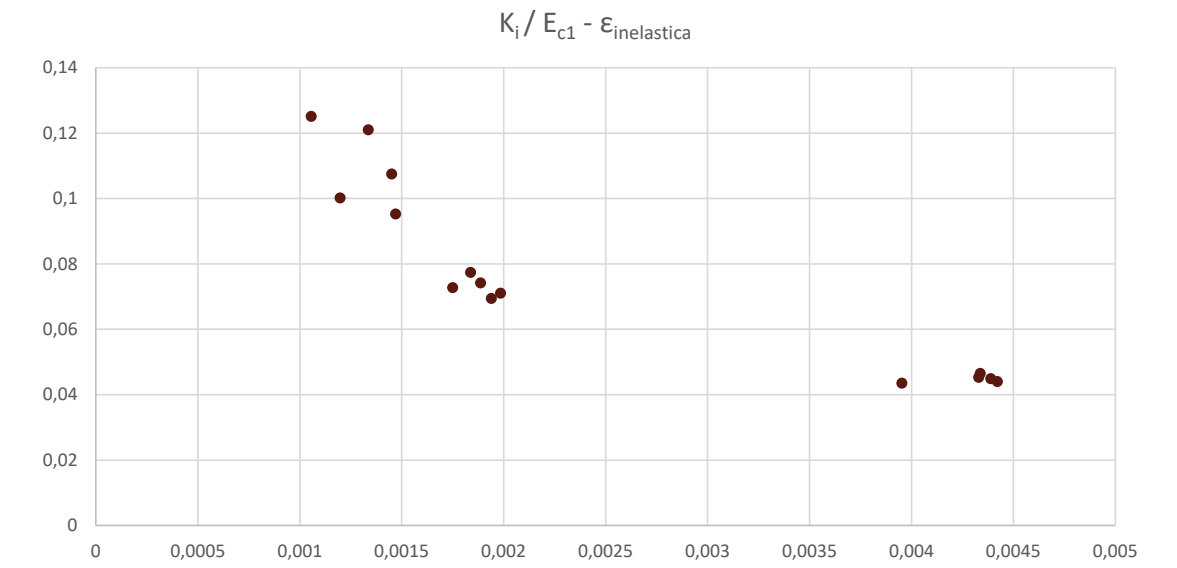


Grafico 6.29: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino E2

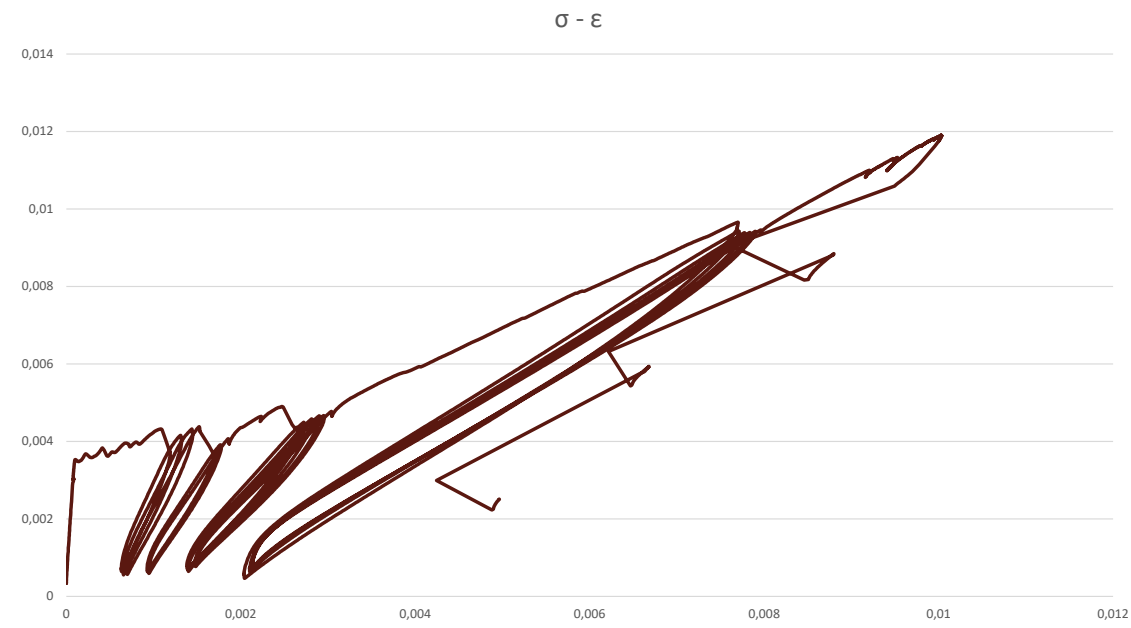


Grafico 6.30: grafico sforzo-deformazione del provino E-N3

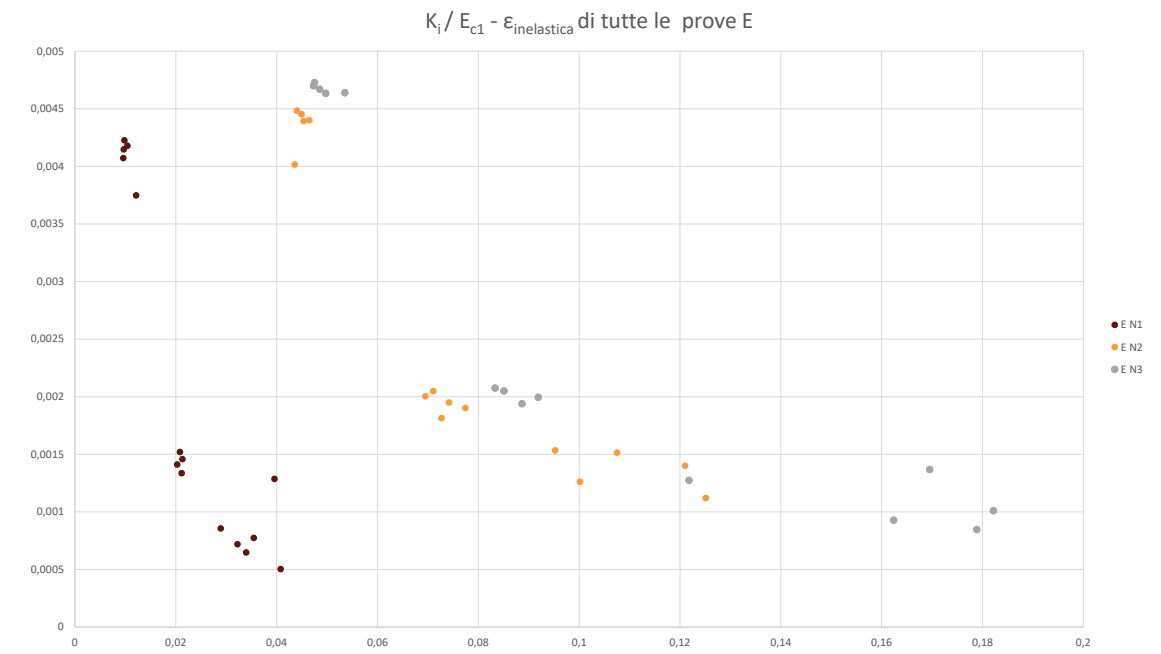


Grafico 6.33: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale di tutte le prove E. E1 in rosso, E2 in arancione e E3 in grigio

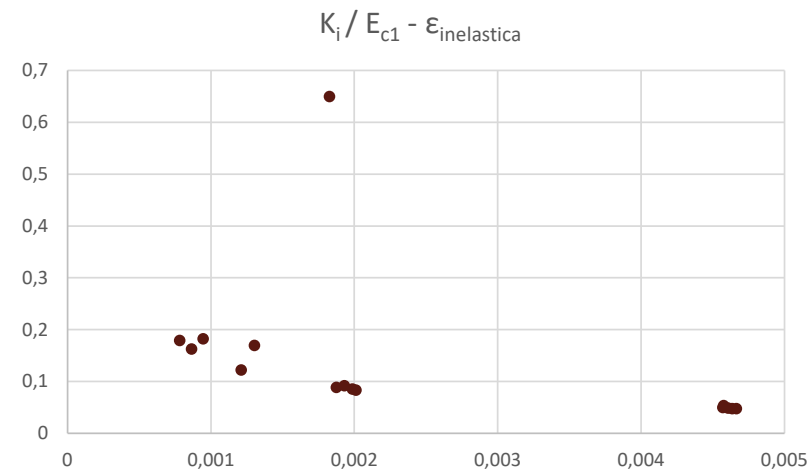


Grafico 6.31: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino E3

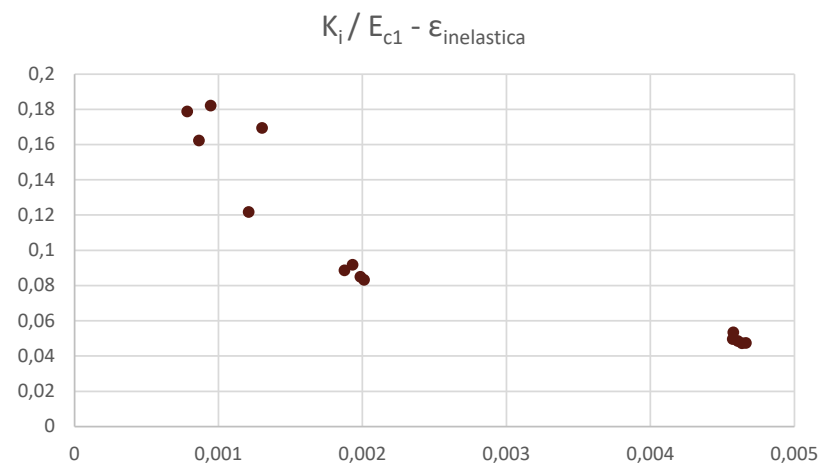


Grafico 6.32: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino E3 escludendo il punto $\epsilon_{inelastica} = 0,649$



Figura 6.18: foto dei provini E-N1, E-N2 e E-N3 e della rete AR0590AT

Durante le prove di trazione di questi provini si è verificato il fenomeno di scorrimento, quindi il target che era stato stabilito nelle prova A, viene ridotto da 5 mm a 4 mm per il terzo limite. Ad ogni ciclo è stato aumentato lo *stroke* di +0,2 così come per le prove F. Per comprendere se si stia manifestando lo scorrimento, bisogna osservare che all'aumentare dello *stroke* aumentino anche le *crack opening displacement* (COD). Se ciò non avviene vuol dire che si sta manifestando il fenomeno di scorrimento.

In tutte e tre le prove si è manifestato provocando nel caso del provino E1 addirittura la rottura del tessuto.

Dalla figura presente qui sopra, ma anche da quelle precedentemente riportate, attraverso la disposizione delle fessure si può comprendere come sono disposte le fibre. Va osservato, inoltre, che senza le fibre non ci sarebbe la capacità di redistribuzione delle fessure.

Risultati sperimentali: le prove F

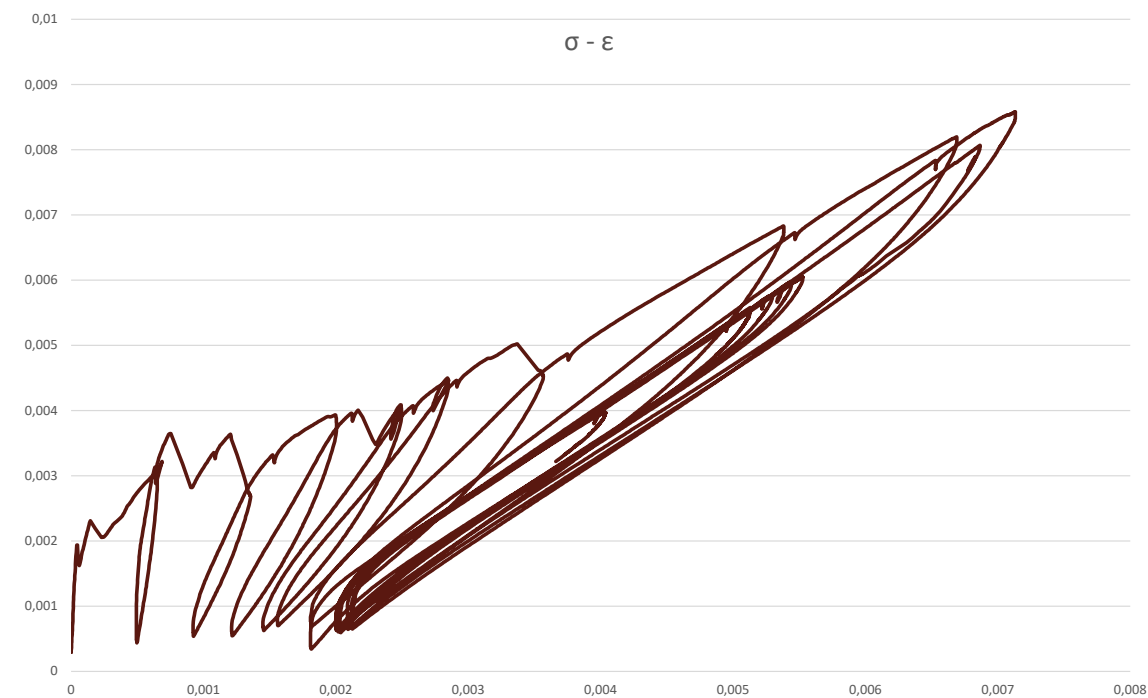


Grafico 6.34: grafico sforzo-deformazione del provino F-N1

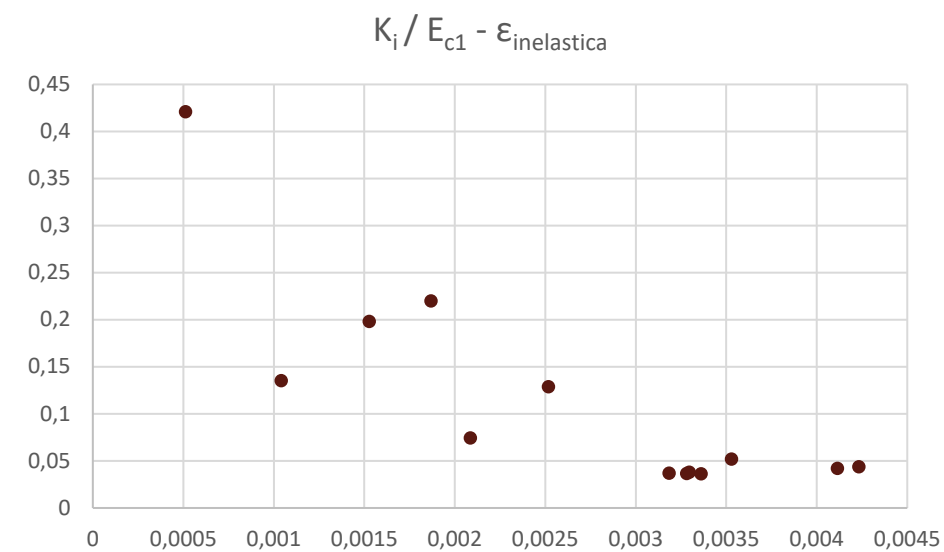


Grafico 6.35: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino F1

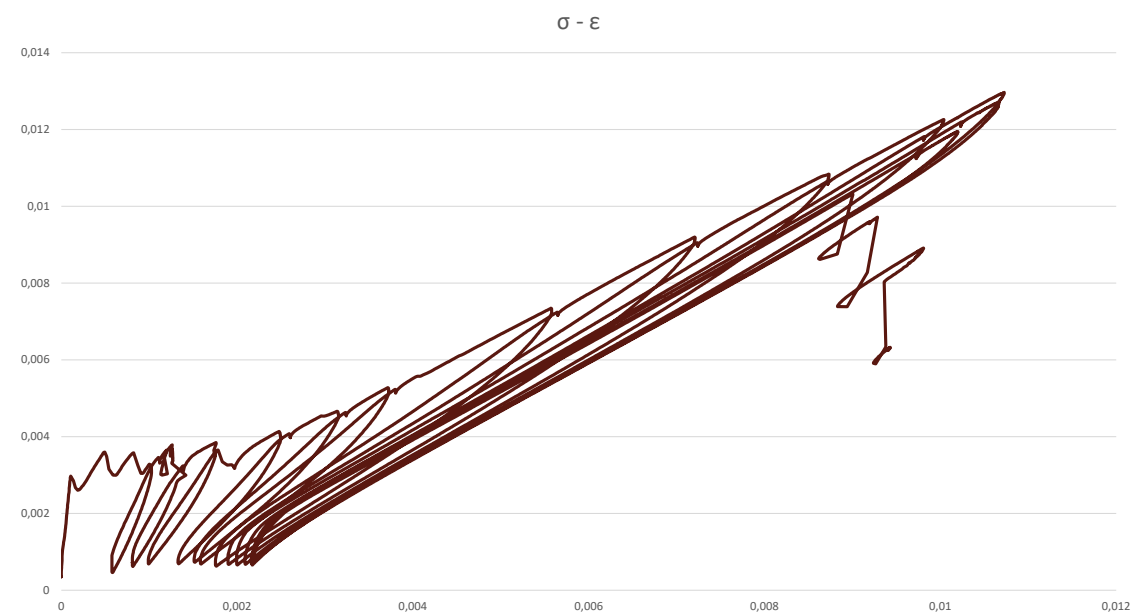


Grafico 6.36: grafico sforzo-deformazione del provino F-N2

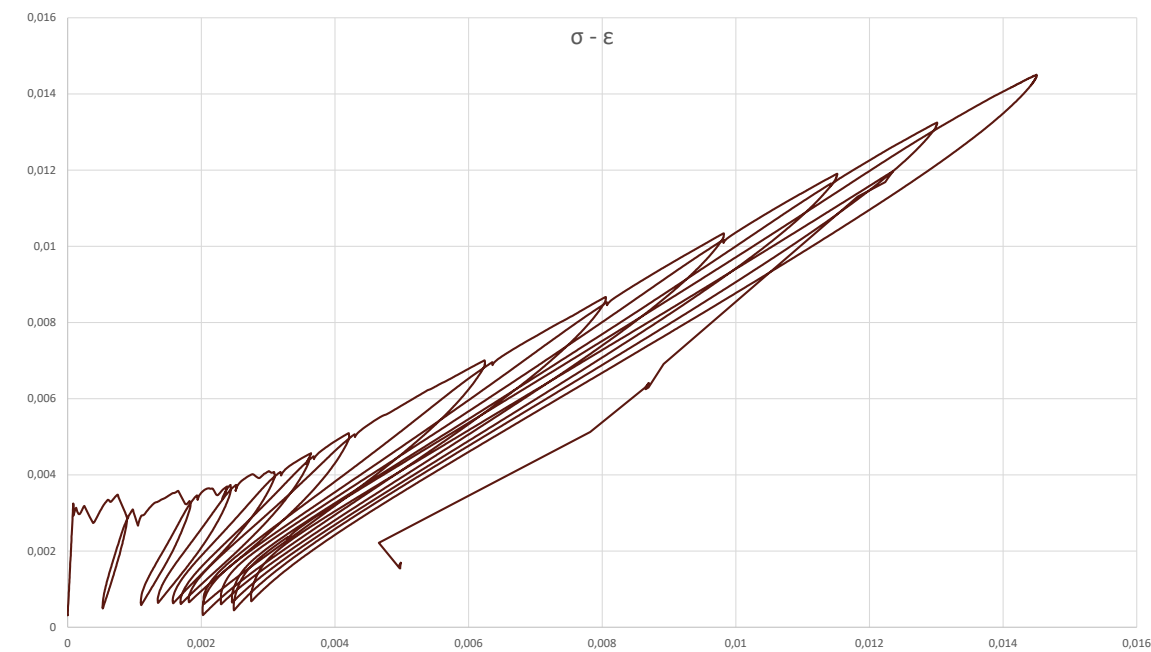


Grafico 6.39: grafico sforzo-deformazione del provino F-N3

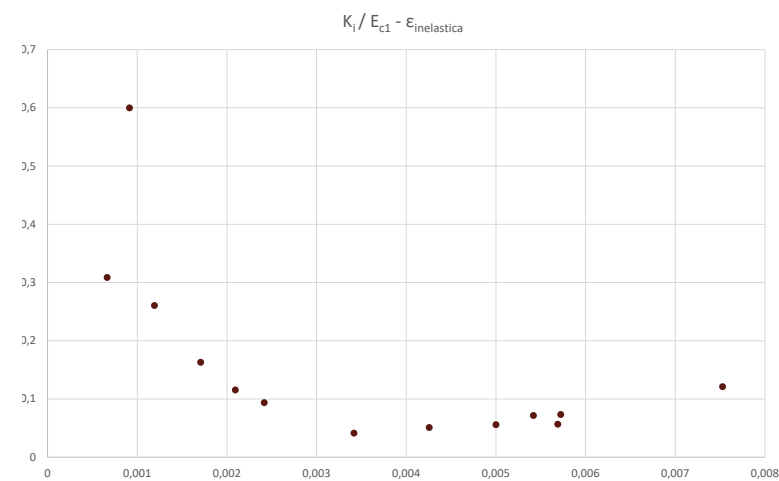


Grafico 6.37: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino F2

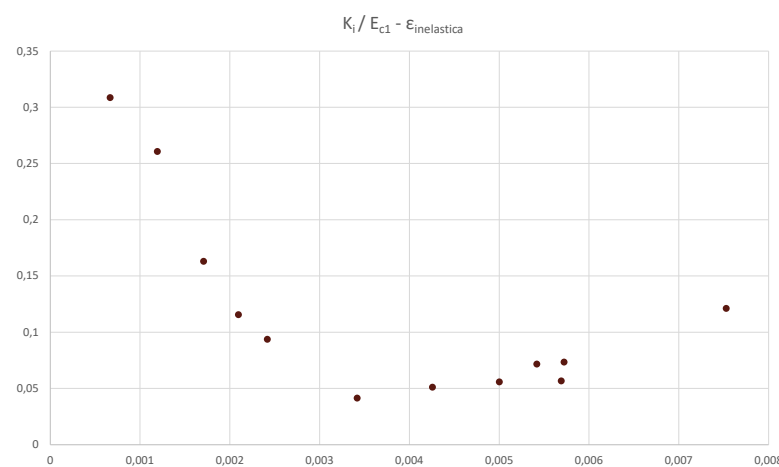


Grafico 6.38: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino F3 escludendo il punto $\epsilon_{inelastica} = 0,600$

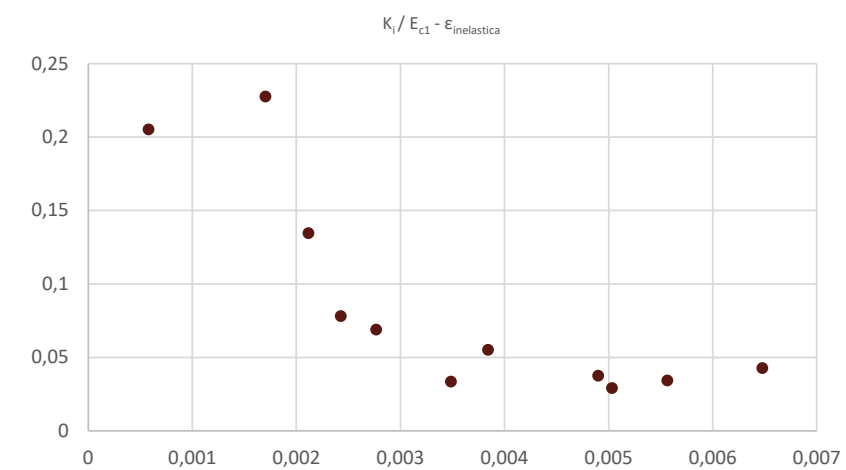


Grafico 6.40: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale del provino F23

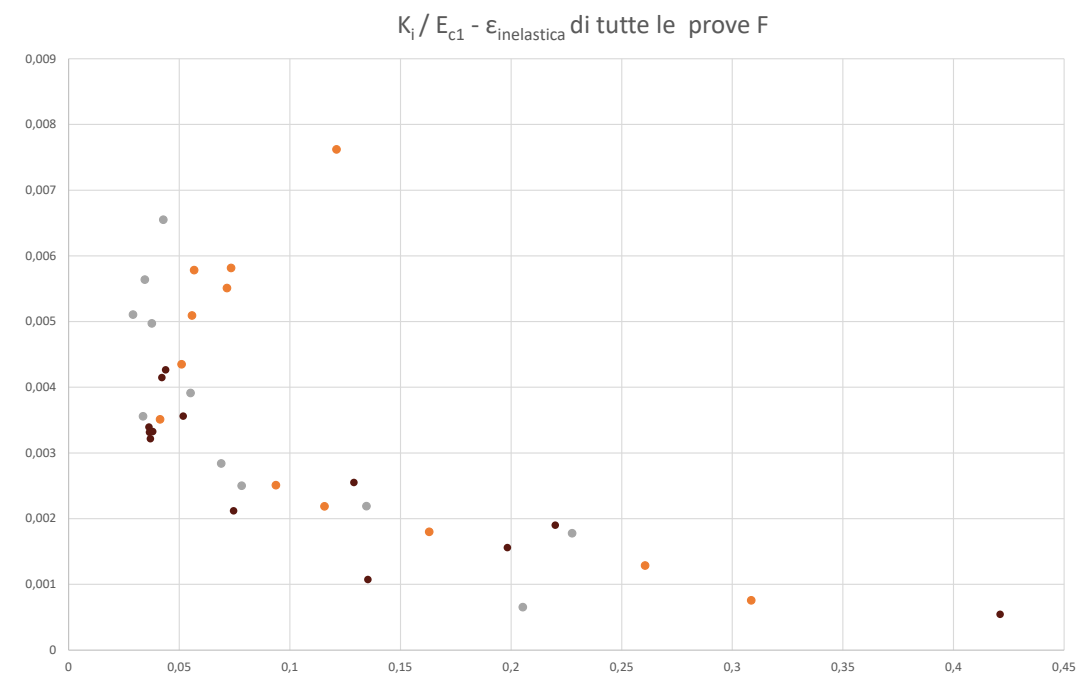


Grafico 6.41: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove F. F1 in rosso, F2 in arancione e F3 in grigio

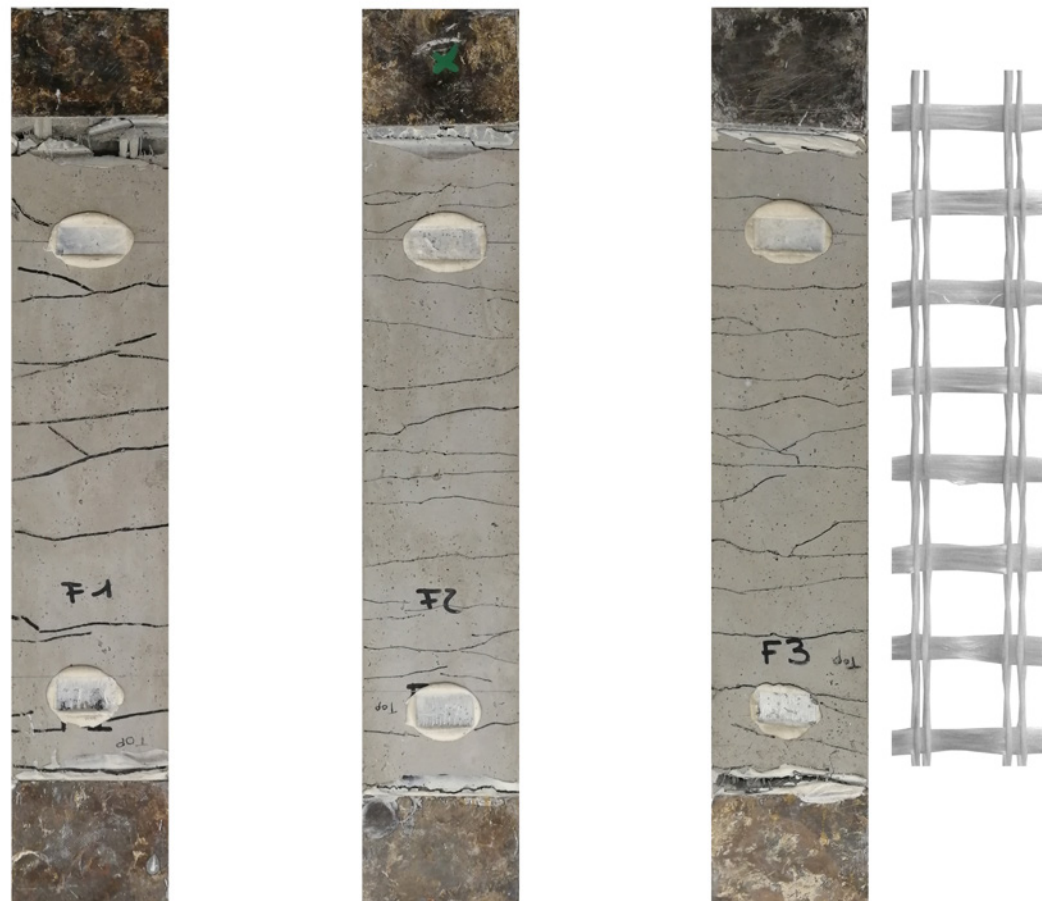


Figura 6.19: foto dei provini F-N1, E-N2 e E-N3 e della rete AR0590AT

La rielaborazione dei dati

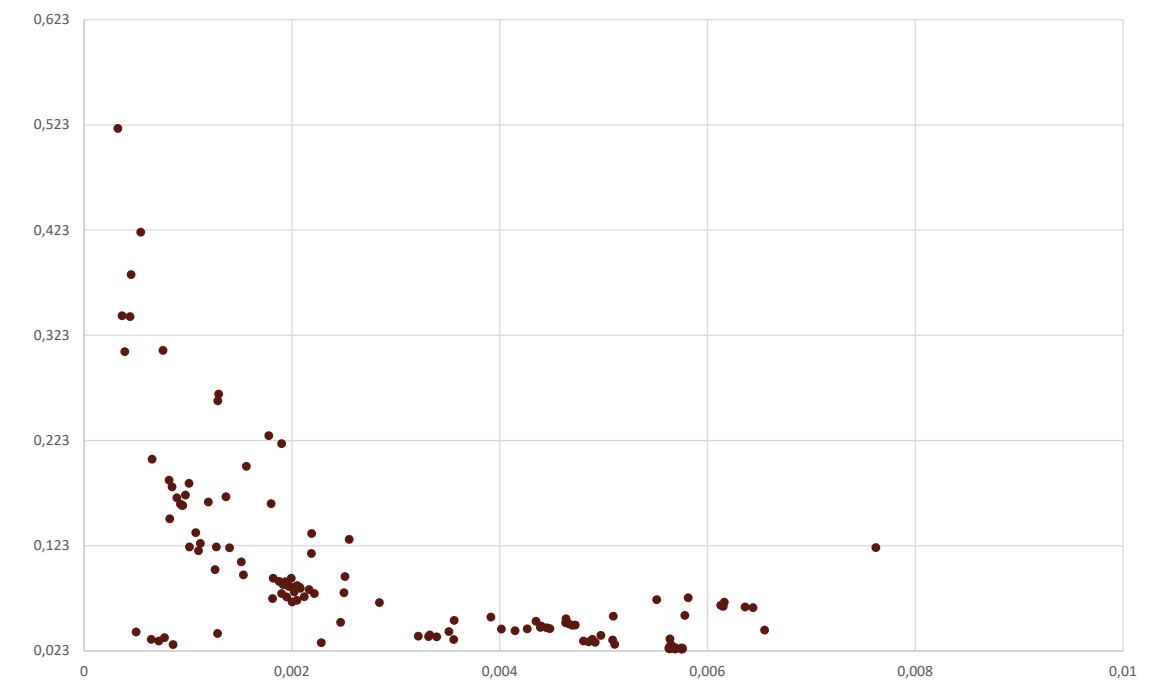


Grafico 6.42: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove

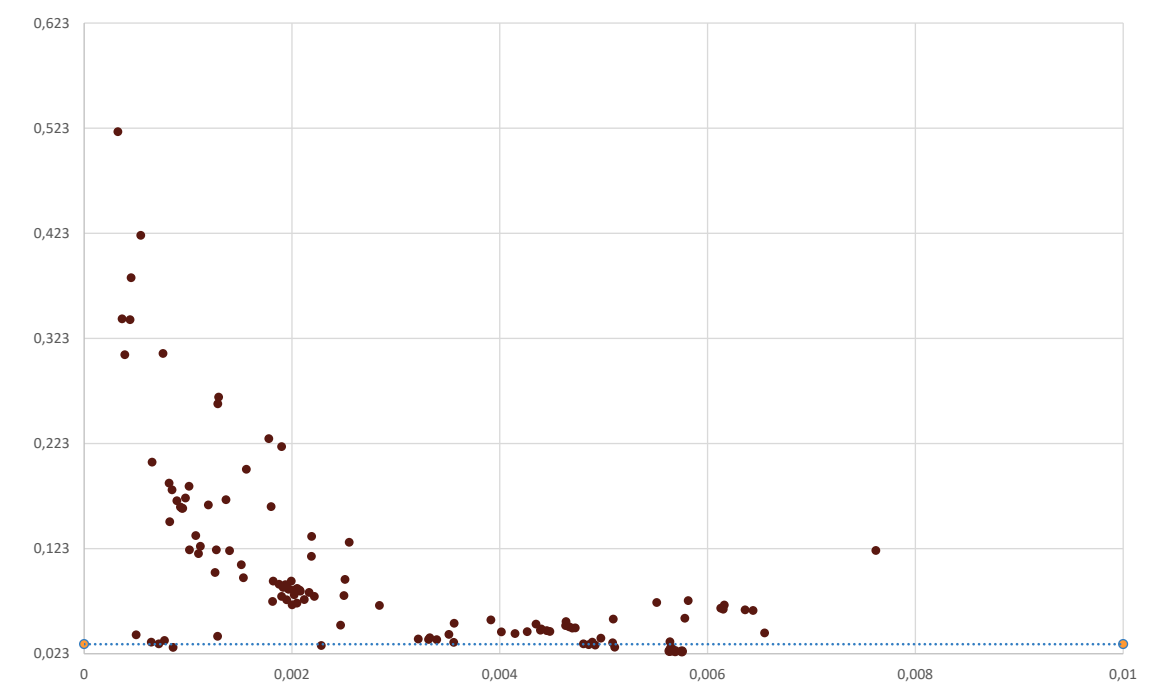


Grafico 6.43: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove + la retta che rappresenta la rigidità del tessuto

$K_{tessuto}^* = (E_{glass} / E_{c1}) (t_{eq} / t)$		
E_{glass}^7	Rigidezza del tessuto	70 GPa
E_{c1}	Rigidezza del composito	22,6 kN/mm ²
t_{eq}^7	Spessore equivalente	0,093 mm
t	Spessore della lastrina	9 mm
$K_{tessuto}^* = 0,723$ GPa		
$K_{tessuto}^* / E_{c1} = 0,03201$		

Tabella 6.13: tabella che riporta i valori per calcolare la rigidezza del tessuto

Dal grafico 6.44 si evince come sia più alto il valore della rigidezza del tessuto senza aver moltiplicato $K_{tessuto}^*$ per il parametro di efficienza della rete EF_f .

$K_{tessuto}^* = (E_{glass} / E_{c1}) (t_{eq} / t) EF_f$		
E_{glass}^7	Rigidezza del tessuto	70 GPa
E_{c1}	Rigidezza del composito	22,6 kN/mm ²
t_{eq}^7	Spessore equivalente	0,093 mm
t	Spessore della lastrina	9 mm
EF_f^7	Efficienza della rete	0,74
$K_{tessuto}^* = 0,723$ GPa		
$K_{tessuto}^* / E_{c1} * EF_f = 0,023$		

Tabella 6.14: tabella che riporta i valori della tabella 6.13 modificati dalla moltiplicazione per il parametro di efficienza della rete

Considerando l'efficienza della rete il valore di asintoto della tendenza diminuisce (0,023 è minore di 0,0321). Nel grafico 6.45 si evince che la rigidezza del composito non è mai inferiore alla rigidezza della rete.

Sono presenti dei valori molto vicini alla rigidezza della rete e questo è dovuto a due fattori. Il primo fattore è dovuto al fatto che la rigidezza del tessuto non sia sperimentale, ma è un a rigidezza indipendente dalla sperimentazione. Infatti, è stata utilizzata una rigidezza ottenuta da altre prove sperimentali e risulta essere quindi una stima approssimativa.

Il secondo fattore è lo spessore della lastrina. È stato utilizzato il valore nominale di 9 mm, quando in realtà gli spessori reali risultano essere maggiori. Lo spessore medio dei provini risulta essere di circa 10 mm. Sostituendo lo spessore della lastrina con lo spessore medio di quest'ultima, la retta che rappresenta la rigidezza del tessuto risulterebbe più bassa.

In conclusione, se la presenza di alcuni punti delle prove sperimentali risultano essere molto vicini alla retta $K_{tessuto}^* / E_{c1} * EF_f$ nel grafico 6.45 le cause sono da attribuirsi al valore E_{glass} e al valore t .

⁷ Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., *Mechanical Behaviour of TRC Composites: Experimental and Analytical Approaches*, 2019, p. 16, p. 4 e p.12

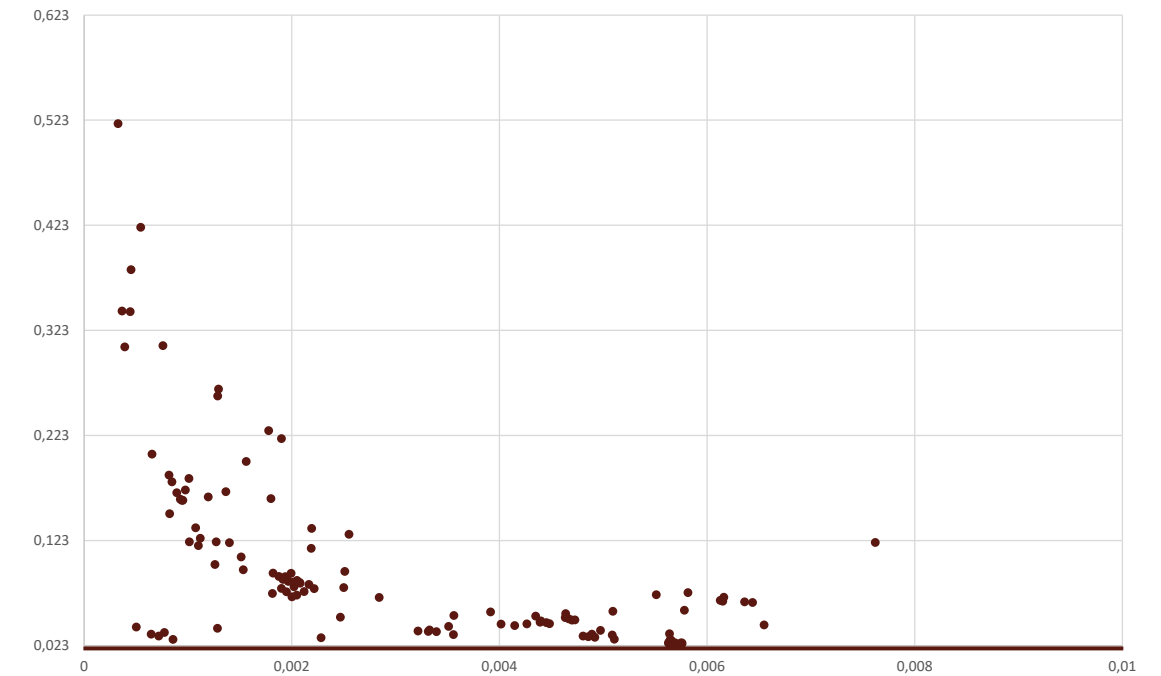


Grafico 6.44: grafico $K_i/E_{c1} - \epsilon_{inelastica}$ dove K_i/E_{c1} è la variazione di rigidezza rispetto a quella iniziale di tutte le prove la retta che rappresenta la rigidezza del tessuto in seguito alla moltiplicazione per EF_f

Il passo e il numero delle fessure

Provino	Numero fessure		Media		Passo fessure	
	PVA		Zona di lettura		PVA	
	300	200	300	200	300	200
A1	21	15	21,33	15,33	13,29	13,33
A2	21	16			11,5	12,5
A3	19	15			14,79	13,33
B1	18	14	19,67	14,33	15,67	14,29
B2	23	16			12,04	12,50
B3	18	13			15,67	14,38
C1	14	9	16,67	11,67	20,43	22,22
C2	21	16			13,29	11,5
C3	15	10			19	19
D1	19	14	19,33	14,00	14,79	14,29
D2	20	13			14	15,38
D3	19	15			14,79	13,33
E1	13	8	18,00	12,00	22,08	25
E2	20	14			14	14,29
E3	21	14			13,29	13,29
F1	11	8	14,00	10,33	26,27	25
F2	16	11			17,75	18,18
F3	15	12			19	16,67

Tabella 6.15: tabella che riporta il numero medio di fessure e il passo delle fessure

Dai grafici 6.46 e 6.47 si evince come il numero di cicli effettuati sulle piastrine sia in grado di influenzare il numero di fessure. Minore il numero di cicli effettuato, maggiore è il numero di fessure che si presentano. I provini F presentano un numero di fessure molto minore rispetto ai provini A che non hanno subito nessun ciclo di carico - scarico.

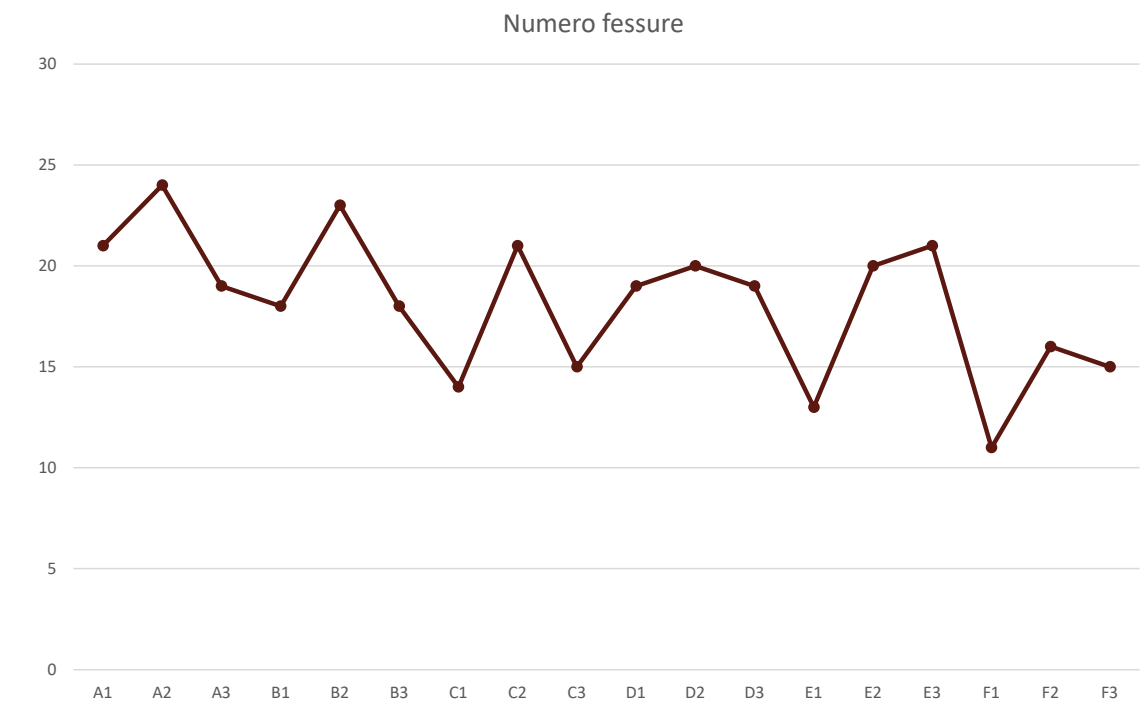


Grafico 6.45: grafico che riporta il numero di fessure per ogni provino

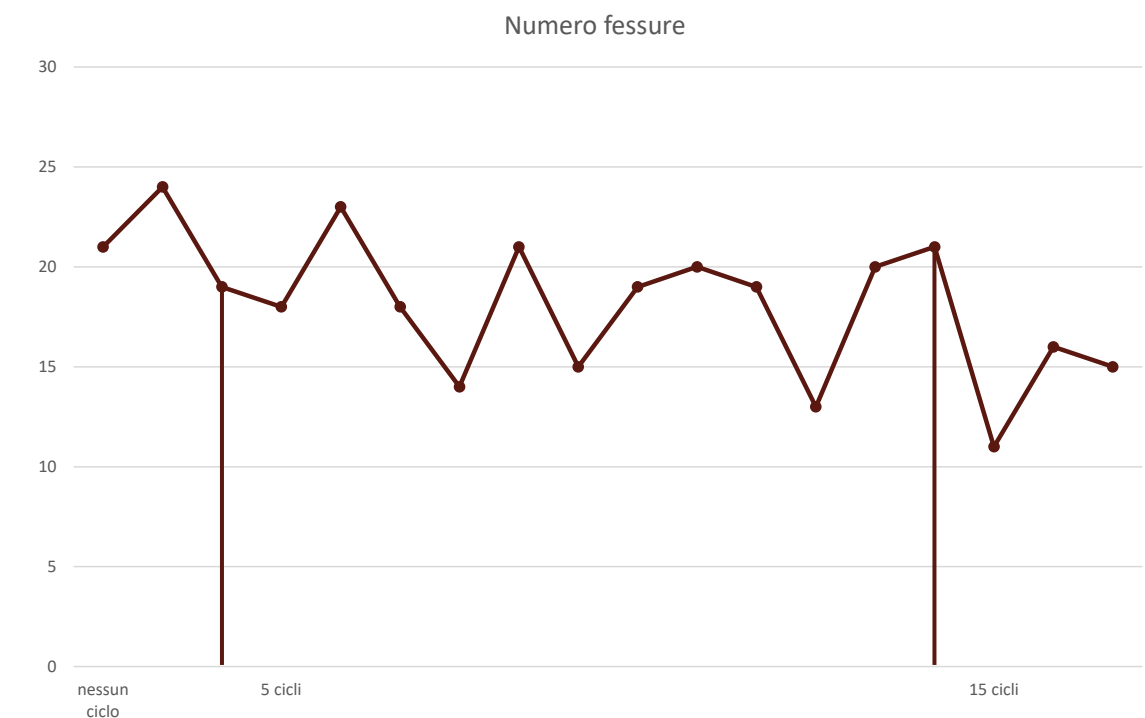


Grafico 6.46: grafico che riporta il numero di fessure per ogni provino in funzione dei cicli

Introduzione alle verifiche effettuate

Le verifiche riportate sono state effettuate poichè durante le fasi di rilievo del degrado sono state individuate numerose fratture in corrispondenza delle intersezioni murarie. Inoltre, l'edificio non presenta cordoli o catene ai piani che possano contrastare l'innesarsi di questi meccanismi. Si riportano le verifiche al ribaltamento semplice, a flessione di parete e al ribaltamento semplice di parete monolitica nella parte alta. Si è verificato che non succedesse il primo meccanismo. Una volta dimostrato si è proceduto nel verificare gli altri due meccanismi.



Figura 6.20 - 6.21: le fratturazioni presenti sui contrafforti in corrispondenza delle intersezioni murarie

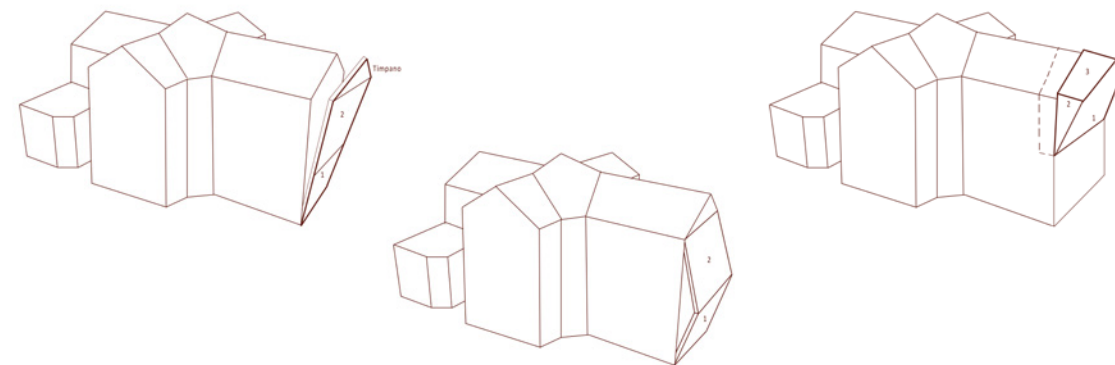


Figura 6.22 - 6.23 - 6.24: ribaltamento semplice, flessione di parete e ribaltamento di parete nella parte alta

Verifica al ribaltamento semplice

Il meccanismo si manifesta attraverso la rotazione rigida di intere facciate o porzioni di pareti rispetto ad assi in prevalenza orizzontali alla base di esse e che percorrono la struttura muraria sollecitata da azioni fuori dal piano. In quest'analisi viene considerata unicamente la parete esposta ad ovest.

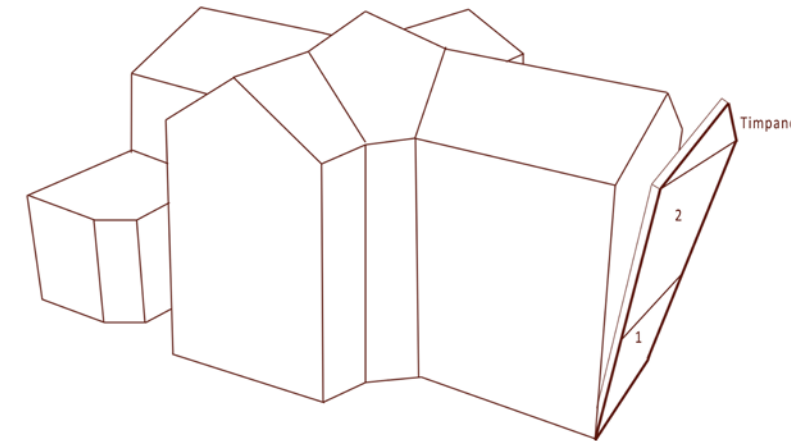


Figura 6.22: meccanismo di ribaltamento semplice della facciata ovest

Al fine di impedire che tale meccanismo si inneschi, viene applicata una fascia fibrorinforzata di dimensioni $d_1=d_2=1,20$ m in corrispondenza della sommità della parete e dell'interpiano situato a 7.50 m. Le forze che sono presenti in questa verifica sono il peso delle pareti W_1 e W_2 , non viene preso in considerazione il peso del solaio sulla parete contrassegnata con il numero 1. Le azioni T_i sono dovute all'applicazione della matrice fibrorinforzata.

Il momento stabilizzante M_S si presenta sotto la seguente forma:

$$M_S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{S_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot d_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot d_i + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i$$

e deve risultare maggiore del momento ribaltante M_R :

$$M_R = \alpha \cdot \left[\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{Gi} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot h_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot h_i \right] + \sum_{i=1}^n F_{Hi} \cdot h_{Vi} + P_H \cdot h_i$$

Per determinare le azioni T_i , dovute all'applicazione della matrice FRCM, è necessario determinare la F_u , ovvero la capacità ultima della rete, in modo tale da poter stabilire il valore delle azioni T_i sfruttando i triangoli simili, poichè si distribuiscono in modo lineare. La capacità ultima della rete va ricercata nelle prove di strappo dove si verifica che la trazione ultima sia minore di quella diretta. Si riporta l'elaborazione dei dati facendo riferimento al paragrafo 3.1 delle linee guida del CNR e ai dati sperimentali presenti nella tesi di Bestetti F., Mattiolo G.M., *Impiego di compositi FRCM per il retrofitting antisismico di edifici in muratura. Applicazione al progetto di recupero dell'ex padiglione maternità dell'ospedale di Lecco*, anno accademico 2017-2018, relatore Prof. Ing. Marco di Prisco.

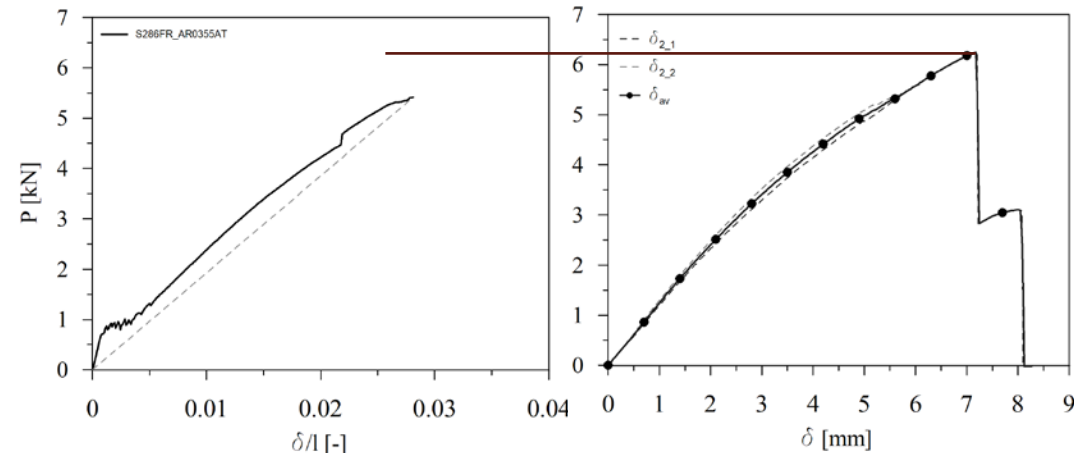


Grafico 6.47: taglio della risposta per la matrice S286 FR e la rete AR 0355 AT. Verifico che la F_{max} di strappo sia maggiore della $F=\sigma_{max} A$. Grafici presenti nella tesi precedentemente citata

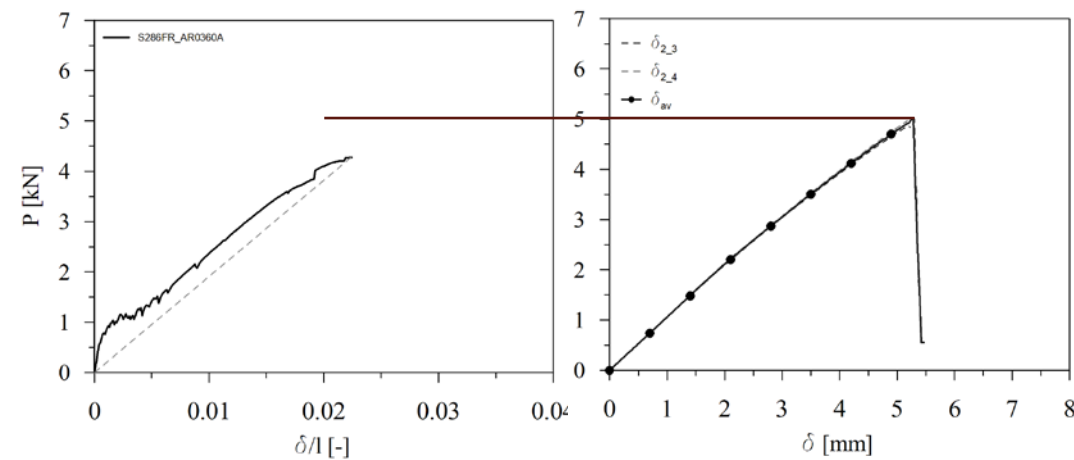


Grafico 6.48: taglio della risposta per la matrice S286 FR e la rete AR 0360 AT. Verifico che la F_{max} di strappo sia maggiore della $F=\sigma_{max} A$. Grafici presenti nella tesi precedentemente citata

In entrambi i casi la F_{max} di strappo risulta maggiore F_{max} diretta. E' possibile sfruttare tutta la trilineare e utilizzare la F_{max} diretta di trazione come valore della capacità ultima della rete. Fra le due forze ottenute si sceglie di utilizzare la maggiore, quindi 5,5 kN.

Valori estrapolati		
Matrice 286 FR + rete 0355 AT		
Matrice 286 FR + rete 0360 AT		
$F=\sigma_{max} A < F_{max}$ di strappo		
F_{max} diretta 286 FR AR 0355 AT	5,5	kN
F_{max} di strappo 286 FR AR 0360 AT	4,25	kN

Tabella 6.16: tabella che riporta i valori estrapolati dal cut off delle prove di trazione e di strappo

Dopo aver trovato il valore della capacità ultima della rete è necessario passare attraverso il valore F_u di progetto, che è possibile calcolare facendo sempre riferimento alle linee guida del CNR al paragrafo 3.2.

Valori di progetto		
$X_d = \eta x_k / \gamma_m = F_u$ di progetto		
η	0,9	adm
γ_m	1,5	adm
$x_k = x_{medio} 0,7$	2,1875	kN
$X_{medio} = F_u = F_u / n^{\circ} \text{barre}$	3,125	kN
F_u	5,5	kN
$n^{\circ} \text{barre}$	2	-
$X_d = \eta (F_u 0,7) / \gamma_m$	1,16	kN
X_d con doppia rete	2,31	kN

Tabella 6.17: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

L'ultimo dato mancante per poter effettuare la verifica a ribaltamento semplice è l'accelerazione α massima presente nel sito dove sorge l'immobile.

NTC. 2018 - Paragrafo 3.2

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

a_g, F_0 e T_c^*						
Stato limite SLU - SLV						
ID	LON	LAT	Tr	a_g	F_0	T_c^*
9598	9.2456	46.061	475	0,404	2,68	0,28

Tabella 6.18: tabella che riporta le coordinate del sito con il tempo di ritorno, l'accelerazione orizzontale massima al sito, il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 6.19: categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 6.20: categorie topografiche

NTC. 2018 - Paragrafo 3.2.3.2

Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR (vedi § 2.4 e § 3.2.1).

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

T è il periodo proprio di vibrazione;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_s S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_c^* è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_c = C_c T_c^*$$

dove:

T_c^* è definito al § 3.2 e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_c / 3$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c .

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 6.21: espressioni di S_s e C_c

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 6.22: valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

NTC. 2018 - Paragrafo 7.31

Valori del fattore di comportamento q

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo (§ 7.2.2), il valore del fattore di comportamento q , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Le strutture possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione ortogonale alla precedente, utilizzando per ciascuna direzione il fattore di comportamento corrispondente. Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot k_R$$

dove:

q_0 è il valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in tabella 7.3.II in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente λ di cui al § 7.9.2.1 e del rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione; la scelta di q_0 deve essere esplicitamente giustificata; k_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Costruzioni di muratura (§ 7.8.1.3)	
Costruzioni di muratura ordinaria	$1,75 \alpha_u/\alpha_1$
Costruzioni di muratura armata	$2,5 \alpha_u/\alpha_1$
Costruzioni di muratura armata con progettazione in capacità	$3,0 \alpha_u/\alpha_1$
Costruzioni di muratura confinata	$2,0 \alpha_u/\alpha_1$

Tabella 6.23: Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Valori ottenuti	
η	0,55
q	1,82
q_0	2,275
α_u/α_1	1,3
S	1,5
S_s	1,5
S_T	1
T_D	1,76473
C_c	1,59819
T_{c^*}	0,28
T_c	0,44749
T_B	0,14916

Tabella 6.24: tabella che riporta i valori ottenuti

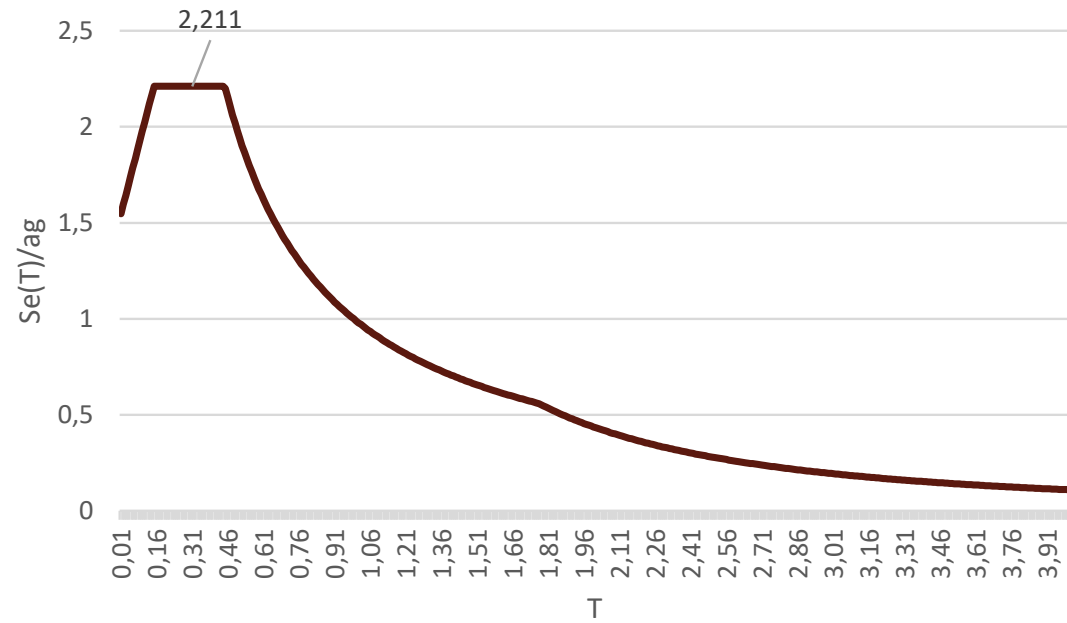


Grafico 6.49: grafico dello spettro di progetto allo stato limite ultimo allo stato limite di salvaguardia

Attraverso lo spettro ottenuto è stato possibile ottenere l'accelerazione massima che risulta essere in corrispondenza del plateau del grafico.

Dati di progetto		
g	9,81	m/s ²
α	2,21	m/s ²
Peso al m ² dei mattoni	278,98	kg/m ²
a	11,4	m
h_{timpano}	3,26	m
$b = h_{\text{interpiano}}$	7,5	m
c	11,89	m
h_{archetti}	1,59	m
$S_1 = S_2 = S_{\text{timpano}}$	0,65	m
y_{G1}	3,75	m
y_{G2}	13,44	m
$y_{G \text{ timpano}}$	21,02	m

Tabella 6.25: tabella che i dati di progetto

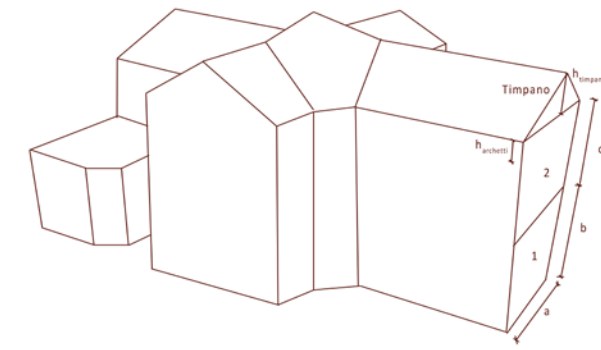


Figura 6.25: geometrie di progetto

Valori di progetto						
	w,i [kg]	Wv [N]	Wv [kN]	s,i	Wh [N]	Wh [kN]
Parete 1	23852,79	233995,87	234,00	0,325	52714,7	52,71
Parete 2	37798,72	370805,46	370,81	0,325	83535,2	83,54
Timpano	5184,01	50855,10	50,86	0,325	11456,7	11,46

y,i [m]	M _r [kNm]	M _s [kNm]
3,75	197,68	76,05
13,44	1122,92	120,51
20,47	234,54	16,53
	1555,14	213,09

Tabella 6.26: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

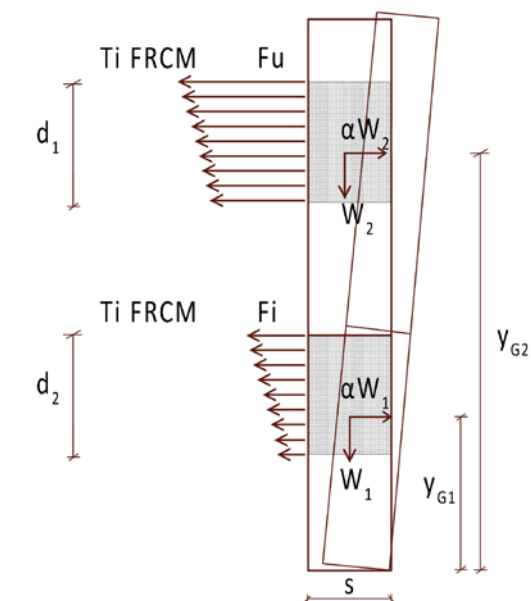


Figura 6.26: schema delle forze in gioco per il meccanismo di ribaltamento semplice della parete

I valori Ti in sommità				
Fu singola rete [kN]		1,16		
Fu doppia rete [kN]		2,31		
Delta [m]		0,04		
h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
17,80	17,80	2,31	2,31	41,11
17,76	17,76		2,30	40,92
17,72	17,72		2,30	40,74
17,68	17,68		2,29	40,55
17,64	17,64		2,29	40,37
17,60	17,60		2,28	40,19
17,56	17,56		2,28	40,01
17,52	17,52		2,27	39,82
17,48	17,48		2,27	39,64
17,44	17,44		2,26	39,46
17,40	17,40		2,26	39,28
17,36	17,36		2,25	39,10
17,32	17,32		2,25	38,92
17,28	17,28		2,24	38,74
17,24	17,24		2,24	38,56
17,20	17,20		2,23	38,38
17,16	17,16		2,23	38,20
17,12	17,12		2,22	38,02
17,08	17,08		2,22	37,85
17,04	17,04		2,21	37,67
17,00	17,00		2,21	37,49
16,96	16,96		2,20	37,32
16,92	16,92		2,20	37,14
16,88	16,88		2,19	36,97
16,84	16,84		2,19	36,79
16,80	16,80		2,18	36,62
16,76	16,76		2,17	36,44
16,72	16,72		2,17	36,27

h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
16,68	16,68		2,17	36,09
16,64	16,64		2,16	35,92
16,60	16,60		2,15	35,75

Tabella 6.27: tabella che riporta i valori Ti ottenuti in sommità

I valori Ti all'interpiano				
Delta [m]				0,04
h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
7,50	7,50	0,97	0,97	7,29
7,48	7,48		0,97	7,25
7,44	7,44		0,97	7,18
7,40	7,40		0,96	7,10
7,36	7,36		0,95	7,02
7,32	7,32		0,95	6,95
7,28	7,28		0,94	6,87
7,24	7,24		0,94	6,80
7,20	7,20		0,93	6,72
7,16	7,16		0,93	6,65
7,12	7,12		0,92	6,57
7,08	7,08		0,92	6,50
7,04	7,04		0,91	6,42
7,00	7,00		0,91	6,35
6,96	6,96		0,90	6,28
6,92	6,92		0,90	6,21
6,88	6,88		0,89	6,14
6,84	6,84		0,89	6,06
6,80	6,80		0,88	5,99
6,76	6,76		0,88	5,92
6,72	6,72		0,87	5,85
6,68	6,68		0,87	5,78
6,64	6,64		0,86	5,71
6,60	6,60		0,86	5,65
6,56	6,56		0,85	5,58

h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
6,52	6,52		0,85	5,51
6,50	6,50		0,84	5,48
6,48	6,48		0,84	5,44
6,44	6,44		0,84	5,38
6,40	6,40		0,83	5,31
6,36	6,36		0,82	5,24
6,32	6,32		0,82	5,18

Tabella 6.28: tabella che riporta i valori T_i all'interpiano

Valori di progetto			
In sommità		All'interpiano	
d_1 [m]	M_s [kNm]	d_2 [m]	M_s [kNm]
1,2	1190,33	1,2	198,39

Tabella 6.29: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

$M_s / M_R > 1 ?$			
M_s [kNm]	M_R [kNm]	M_s/M_R	$M_s / M_R > 1$
1601,81	1555,14	1,03	Vero

Tabella 6.30: tabella che riporta i valori dei momenti ottenuti

Con l'applicazione di 1,20 m di FRM si riesce a contrastare il fenomeno di ribaltamento semplice della parete. La fascia non viene applicata in sommità della parete ma ad 1,50 m più in basso per non coprire gli archetti pensili presenti sulle diverse facciate. Nelle verifiche successive si dimostrerà che 1,20 m di FRM non sarà sufficiente. Essendo stato dimostrato che l'applicazione di una fascia di 1,20 m impedisce il manifestarsi di questo meccanismo, sicuramente l'applicazione di fasce di dimensioni maggiori non porterà alla manifestazione del fenomeno.

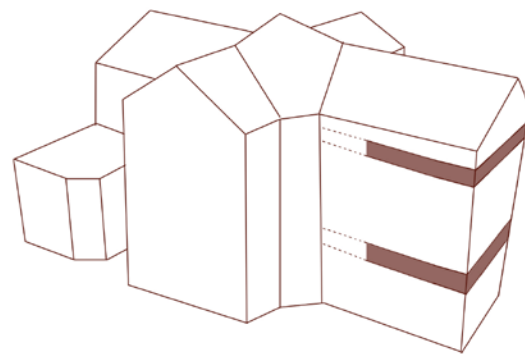


Figura 6.27: le fasce di FRM da applicare per contrastare il meccanismo di ribaltamento semplice

Verifica a flessione

Il meccanismo si manifesta con formazione di una cerniera cilindrica orizzontale che divide la parete in due blocchi ed è descritto dalla rotazione reciproca degli stessi attorno a tale asse per azioni fuori dal piano.



Figura 6.23: meccanismo di flessione della facciata ovest

Dati di progetto		
g	9,81	m/s ²
α	2,21	m/s ²
Peso al m ² dei mattoni	278,98	kg/m ²
a	11,4	m
h_{timpano}	3,26	m
$b = h_{\text{interpiano}}$	7,5	m
c	11,89	m
h_{archetti}	1,59	m
$S_1 = S_2 = S_{\text{timpano}}$	0,65	m
y_{G1}	3,75	m
y_{G2}	5,94	m
$y_{G \text{ timpano}}$	21,02	m

Tabella 6.31: tabella che riporta i dati di progetto

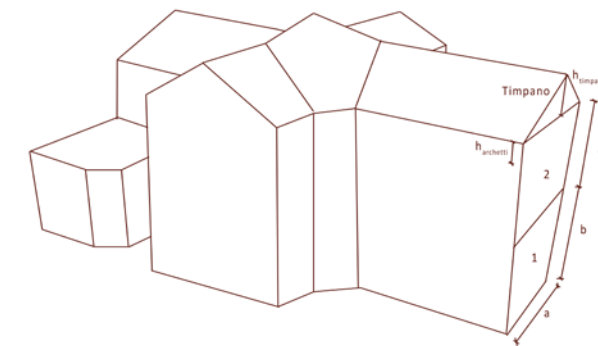


Figura 6.24: geometrie di progetto

Valori di progetto						
	w_i [kg]	W_v [N]	W_v [kN]	s_i	W_h [N]	W_h [kN]
Parete 1	23852,79	233995,87	234,00	0,325	52714,7	52,71
Parete 2	37798,72	370805,46	370,81	0,325	83535,2	83,54
Timpano	5184,01	50855,10	50,86	0,325	11456,7	11,46

y_i [m]	M_R [kNm]	M_R [kNm]	M_S [kNm]
3,75	197,68	-	76,05
5,94	496,41	120,51	-
20,47	234,54	16,53	-
	831,13		76,05

Tabella 6.32: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

Il contributo verticale del timpano non viene considerato. Si considera solamente quello orizzontale pari a 16,53 kN.

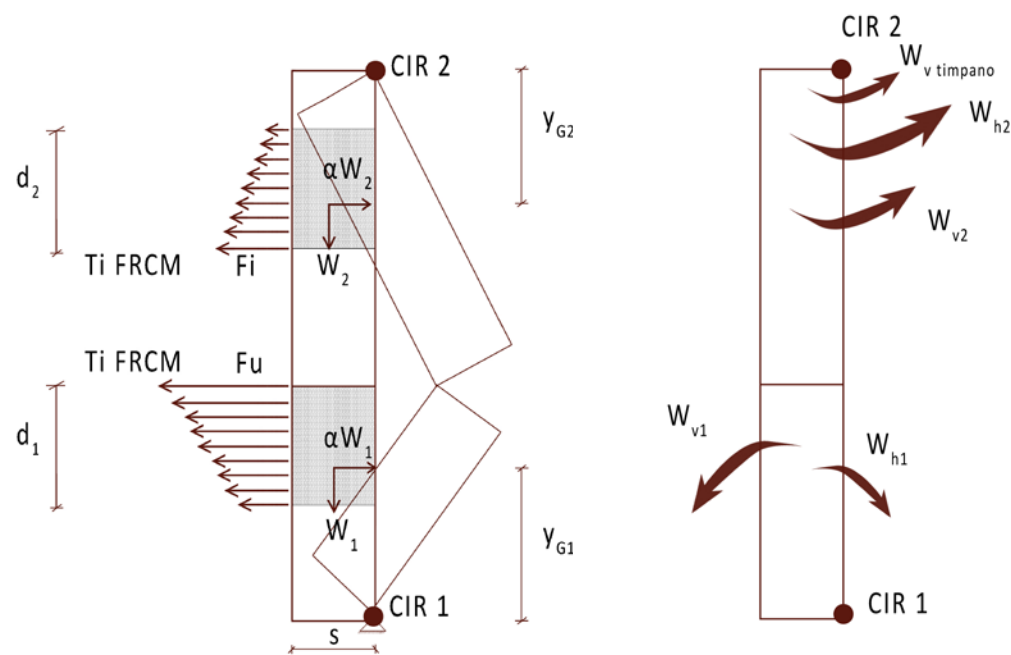


Figura 6.28: schema delle forze in gioco per il meccanismo di flessione della parete

Figura 6.29: le forze che contribuiscono al momento ribaltante e al momento stabilizzante

I valori T_i all'interpiano				
Fu singola rete [kN]				1,16
Fu doppia rete [kN]				2,31
Delta [m]				0,04
h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
7,50	7,50	2,31	2,31	17,33
7,46	7,46		2,30	17,14
7,42	7,42		2,29	16,96
7,38	7,38		2,27	16,78
7,34	7,34		2,26	16,59
7,30	7,30		2,25	16,41
7,26	7,26		2,24	16,23
7,22	7,22		2,22	16,06
7,18	7,18		2,21	15,88
7,14	7,14		2,20	15,70
7,10	7,10		2,19	15,53
7,06	7,06		2,17	15,35
7,02	7,02		2,16	15,18
6,98	6,98		2,15	15,01
6,94	6,94		2,14	14,83
6,90	6,90		2,13	14,66
6,86	6,86		2,11	14,49
6,82	6,82		2,10	14,33
6,78	6,78		2,09	14,16
6,74	6,74		2,08	13,99
6,70	6,70		2,06	13,83
6,66	6,66		2,05	13,66
6,62	6,62		2,04	13,50
6,58	6,58		2,03	13,34
6,54	6,54		2,01	13,17
6,50	6,50		2,00	13,01
6,46	6,46		1,99	12,85
6,42	6,42		1,98	12,69

h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
6,38	6,38		1,97	12,54
6,34	6,34		1,95	12,38
6,30	6,30		1,94	12,22
6,26	6,26		1,93	12,07
6,22	6,22		1,92	11,92
6,18	6,18		1,90	11,76
6,14	6,14		1,89	11,61
6,10	6,10		1,88	11,46
6,06	6,06		1,87	11,31
6,02	6,02		1,85	11,16
5,98	5,98		1,84	11,01
5,94	5,94		1,83	10,87
5,90	5,90		1,82	10,72
5,86	5,86		1,80	10,58
5,82	5,82		1,79	10,43
5,78	5,78		1,78	10,29
5,74	5,74		1,77	10,15
5,70	5,70		1,76	10,01
5,66	5,66		1,74	9,87
5,62	5,62		1,73	9,73
5,58	5,58		1,72	9,59
5,54	5,54		1,71	9,45
5,50	5,50		1,69	9,32

Tabella 6.33: tabella che riporta i valori Ti all'interpiano

I valori Ti in sommità				
Delta [m]				0,04
h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
11,42	3,58		1,10	3,95
11,46	3,54		1,09	3,86
11,50	3,50		1,08	3,77
11,54	3,46		1,07	3,69
11,58	3,42		1,05	3,60
11,62	3,38		1,04	3,52
11,66	3,34		1,03	3,44
11,70	3,30		1,02	3,35
11,74	3,26		1,00	3,27
11,78	3,22		0,99	3,19
11,82	3,18		0,98	3,11
11,86	3,14		0,97	3,04
11,90	3,10		0,95	2,96
11,94	3,06		0,94	2,88
11,98	3,02		0,93	2,81
12,02	2,98		0,92	2,74
12,06	2,94		0,91	2,66
12,10	2,90		0,89	2,59
12,14	2,86		0,88	2,52
12,18	2,82		0,87	2,45
12,22	2,78		0,86	2,38
12,26	2,74		0,84	2,31
12,30	2,70		0,83	2,25
12,34	2,66		0,82	2,18
12,38	2,62		0,81	2,11
12,42	2,58		0,79	2,05
12,46	2,54		0,78	1,99
12,50	2,50		0,77	1,92
12,54	2,46		0,76	1,86
12,58	2,42		0,75	1,80

h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
12,62	2,38		0,73	1,74
12,66	2,34		0,72	1,69
12,70	2,30		0,71	1,63
12,74	2,26		0,70	1,57
12,78	2,22		0,68	1,52
12,82	2,18		0,67	1,46
12,86	2,14		0,66	1,41
12,90	2,10		0,65	1,36
12,94	2,06		0,63	1,31
12,98	2,02		0,62	1,26
13,02	1,98		0,61	1,21
13,06	1,94		0,60	1,16
13,10	1,90		0,59	1,11
13,14	1,86		0,57	1,07
13,18	1,82		0,56	1,02
13,22	1,78		0,55	0,98
13,26	1,74		0,54	0,93
13,30	1,70		0,52	0,89
13,34	1,66		0,51	0,85
13,38	1,62		0,50	0,81
13,42	1,59		0,49	0,78

Tabella 6.34 tabella che riporta i valori T_i ottenuti in sommità

Valori di progetto			
In sommità		All'interpiano	
d_1 [m]	M_s [kNm]	d_2 [m]	M_s [kNm]
2	110,01	2	669,11

Tabella 6.35 tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

$M_s / M_R > 1 ?$			
M_s [kNm]	M_R [kNm]	M_s/M_R	$M_s / M_R > 1$
855,17	831,13	1,03	Vero

Tabella 6.36: tabella che riporta i valori dei momenti ottenuti

Con l'applicazione di due metri di FRCM si riesce a contrastare il fenomeno di flessione della parete.

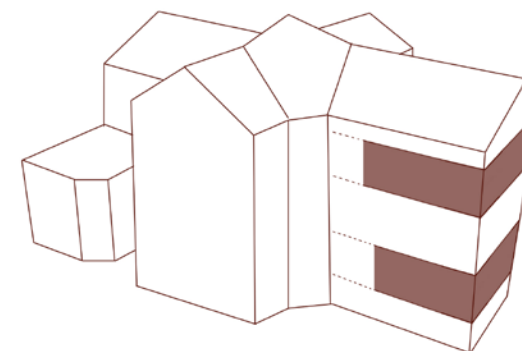


Figura 6.30: le fasce di FRCM da applicare per contrastare il meccanismo di flessione della parete

Verifica al ribaltamento semplice di parete monolitica - parte alta

Il meccanismo di ribaltamento si manifesta attraverso la rotazione rigida di porzioni sommitali di facciate rispetto ad assi in prevalenza orizzontali alla base di esse e che percorrono la struttura muraria sollecitata da azioni fuori dal piano. È il caso particolare in cui il ribaltamento interessa soltanto l'ultimo livello dell'edificio oppure porzioni di parete sottostanti la copertura.

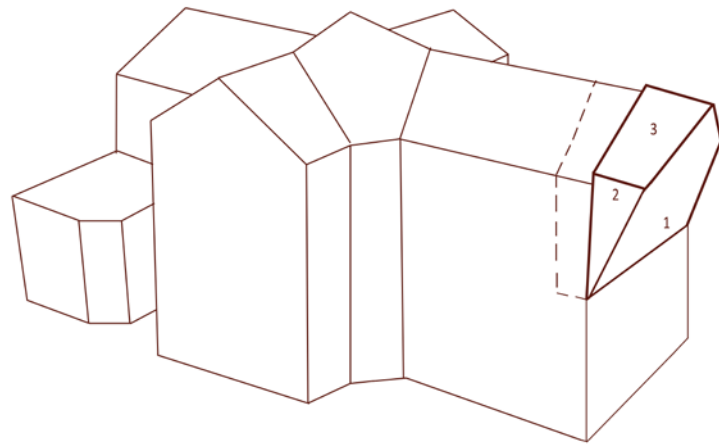


Figura 6.24: meccanismo di ribaltamento semplice di parete monolitica - parte alta della facciata ovest

La dimensione della fascia di fibrorinforzato da applicare è nota. Si procede quindi alla verifica $M_S > M_R$ dopo aver calcolato W_2 e W_3 .

Il momento stabilizzante M_S si presenta sotto la seguente forma:

$$M_{S(A)} = W \cdot \frac{s}{2} + F_V \cdot d_V + P_S \cdot d + T \cdot h$$

Mentre il momento ribaltante risulta essere:

$$M_{R(A)} = \alpha \cdot [W \cdot y_G + F_V \cdot h_V + P_S \cdot h] +$$

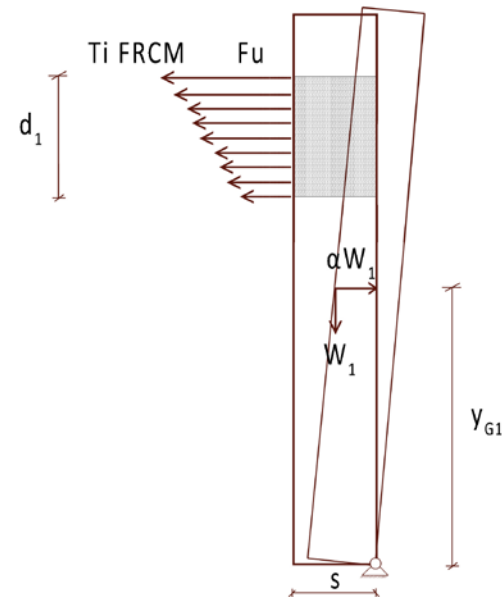


Figura 6.31: schema delle forze in gioco per il ribaltamento della parte alta di parete

Dati di progetto		
g	9,81	m/s ²
α	2,21	m/s ²
Peso al m ² dei mattoni	278,98	kg/m ²
Peso al m ² delle tegole	120	kg/m ²
a	11,4	m
h _{timpano}	3,26	m
b = h _{interpiano}	7,5	m
c	11,89	m
d	3,61	m
e	5,44	m
h _{archetti}	1,59	m
S _{1A} = S _{timpano} = S	0,65	m
S ₂	0,47	m
S ₃	0,8	m
y _{G1A}	5,94	m
y _{G timpano}	12,97	m
y _{G2}	7,92	m
y _{G3}	8,70	m

Tabella 6.37: tabella che riporta i dati di progetto

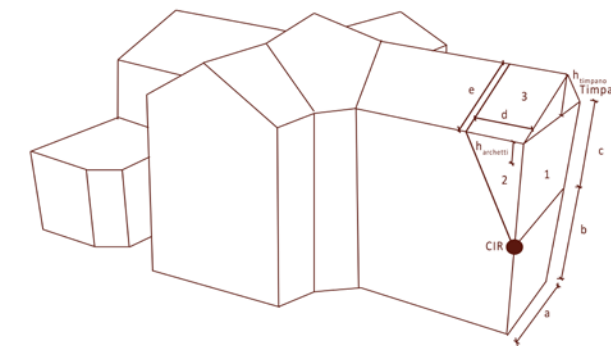


Figura 6.32: geometrie di progetto

Valori di progetto						
	w _i [kg]	W _v [N]	W _v [kN]	s _i	W _h [N]	W _h [kN]
Parete 1	37798,72	370805,46	370,81	0,325	83535,17	83,54
Timpano	5184,01	50855,10	50,86	0,325	11456,65	11,46
Parete 2	5991,43	58775,92	58,78	0,31	13241,06	13,24
Tetto (3)	2359,22	23143,94	23,14	0,4	5213,87	5,21

y _i [m]	M _R [kNm]	M _S [kNm]
5,94	496,41	120,51
12,97	148,61	16,53
7,92	104,91 (x2)	18,42 (x2)
15,15	78,96 (x2)	9,26 (x2)
	1056,47	192,39

Tabella 6.38: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

I valori T _i in sommità				
Fu singola rete [kN]				1,16
Fu doppia rete [kN]				2,31
Delta [m]				0,04
h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms _i [kNm]
17,80	10,30	2,31	2,31	23,78
17,76	10,26		2,30	23,60
17,72	10,22		2,29	23,41
17,68	10,18		2,28	23,23
17,64	10,14		2,27	23,05
17,60	10,10		2,27	22,87
17,56	10,06		2,26	22,69
17,52	10,02		2,25	22,51
17,48	9,98		2,24	22,33
17,44	9,94		2,23	22,15
17,40	9,90		2,22	21,97
17,36	9,86		2,21	21,79

h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms _i [kNm]
17,32	9,82		2,20	21,62
17,28	9,78		2,19	21,44
17,24	9,74		2,18	21,26
17,20	9,70		2,18	21,09
17,16	9,66		2,17	20,92
17,12	9,62		2,16	20,74
17,08	9,58		2,15	20,57
17,04	9,54		2,14	20,40
17,00	9,50		2,13	20,23
16,96	9,46		2,12	20,06
16,92	9,42		2,11	19,89
16,88	9,38		2,10	19,72
16,84	9,34		2,09	19,55
16,80	9,30		2,09	19,39
16,76	9,26		2,08	19,22
16,72	9,22		2,07	19,05
16,68	9,18		2,06	18,89
16,64	9,14		2,05	18,72
16,60	9,10		2,04	18,56
16,56	9,06		2,03	18,40
16,52	9,02		2,02	18,24
16,48	8,98		2,01	18,07
16,44	8,94		2,00	17,91
16,40	8,90		2,00	17,75
16,36	8,86		1,99	17,59
16,32	8,82		1,98	17,44
16,28	8,78		1,97	17,28
16,24	8,74		1,96	17,12
16,20	8,70		1,95	16,96
16,16	8,66		1,94	16,81
16,12	8,62		1,93	16,65
16,08	8,58		1,92	16,50
16,04	8,54		1,92	16,35

h da terra [m]	Distanza dal CIR [m]	Fu [kN]	Fi [kN]	Ms,i [kNm]
16,00	8,50		1,91	16,19
15,96	8,46		1,90	16,04
15,92	8,42		1,89	15,89
15,88	8,38		1,88	15,74
15,84	8,34		1,87	15,59
15,80	8,30		1,86	15,44

Tabella 6.39: tabella che riporta i valori T_i ottenuti in sommità

Valori di progetto	
In sommità	
d_1 [m]	M_s [kNm]
2	992,64

Tabella 6.40: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti

$M_s / M_R > 1 ?$			
M_s [kNm]	M_R [kNm]	M_s/M_R	$M_s / M_R > 1$
1185,03	1056,47	1,20	Vero

Tabella 6.41: tabella che riporta i valori dei momenti ottenuti

Con l'applicazione di due metri di FRCM con doppia rete si riesce a contrastare il fenomeno di ribaltamento della parte alta della parete.

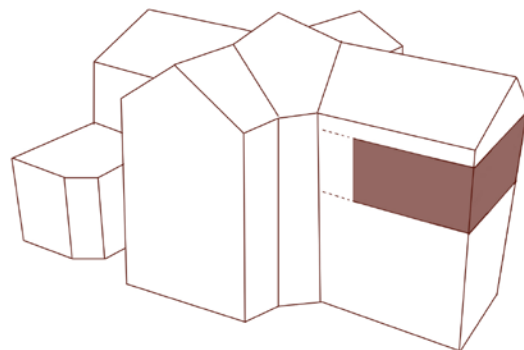


Figura 6.33: la fascia di FRCM da applicare per contrastare il meccanismo di ribaltamento della parte alta della parete

PROGETTO TECNOLOGICO

Soluzioni tecnologiche

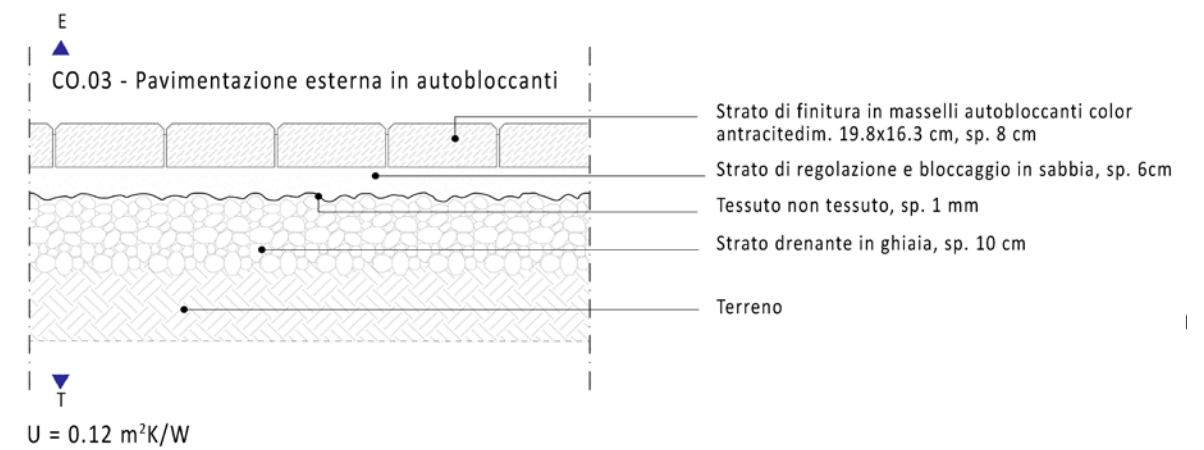
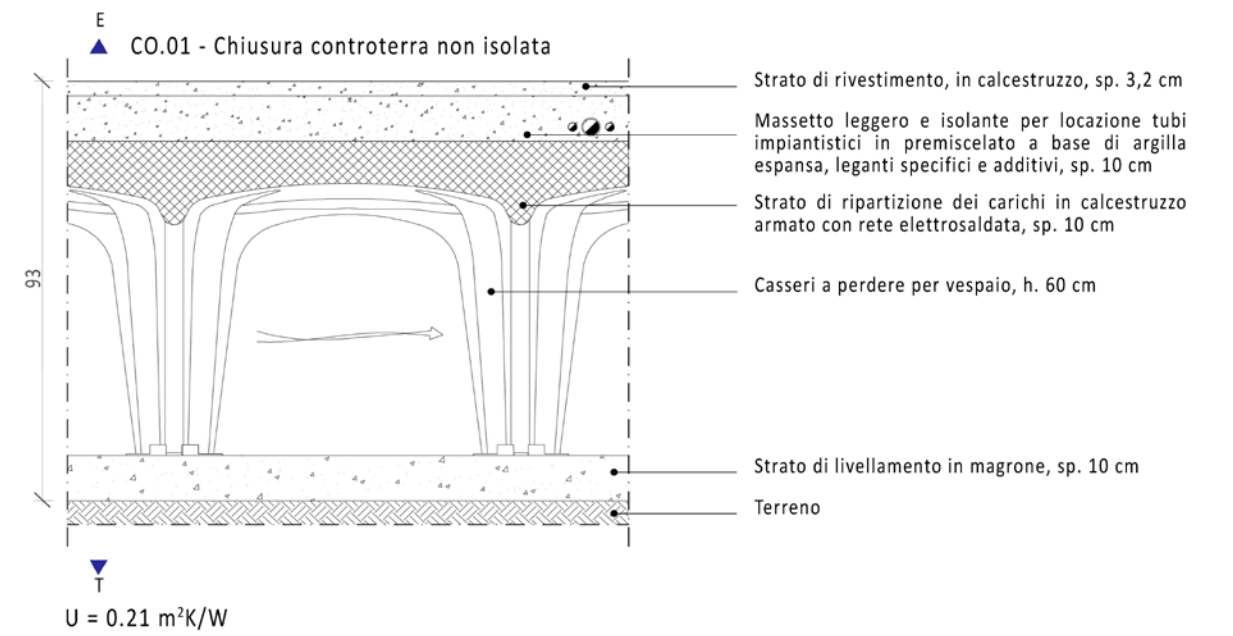
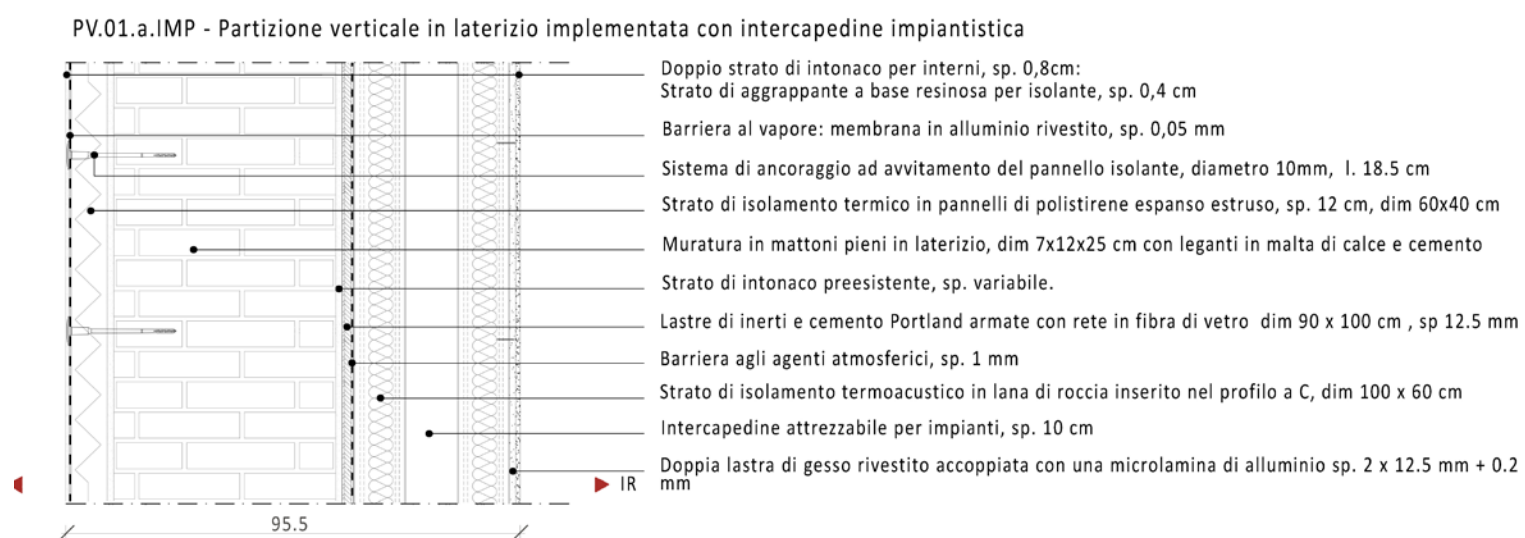
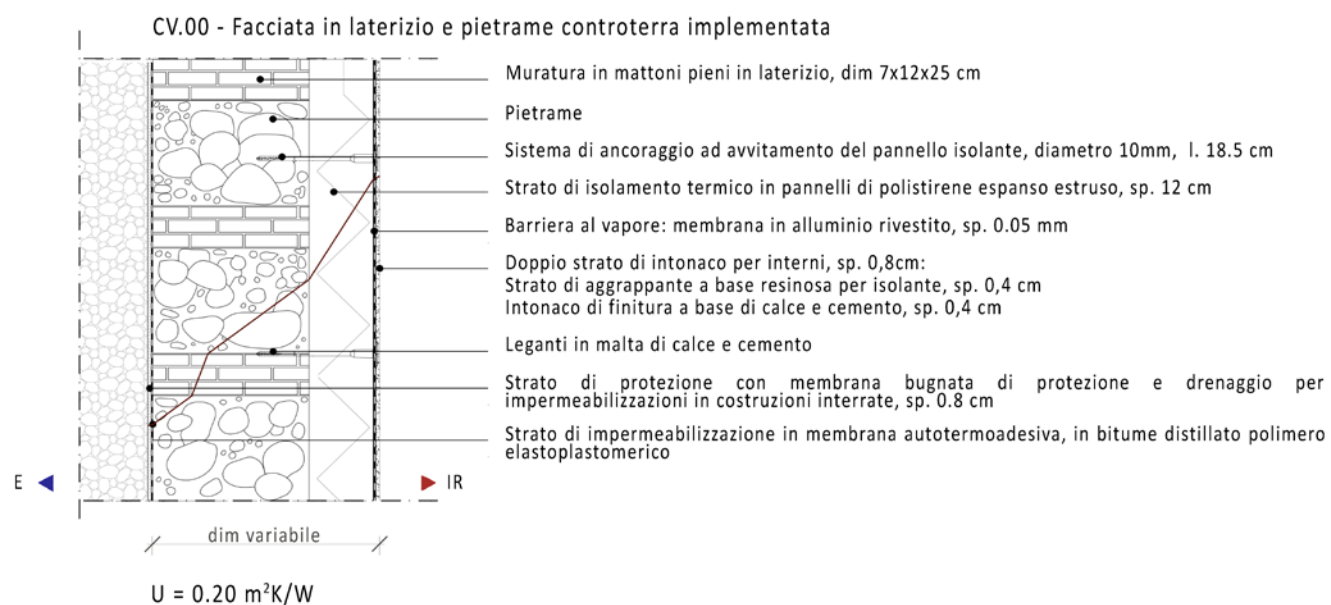
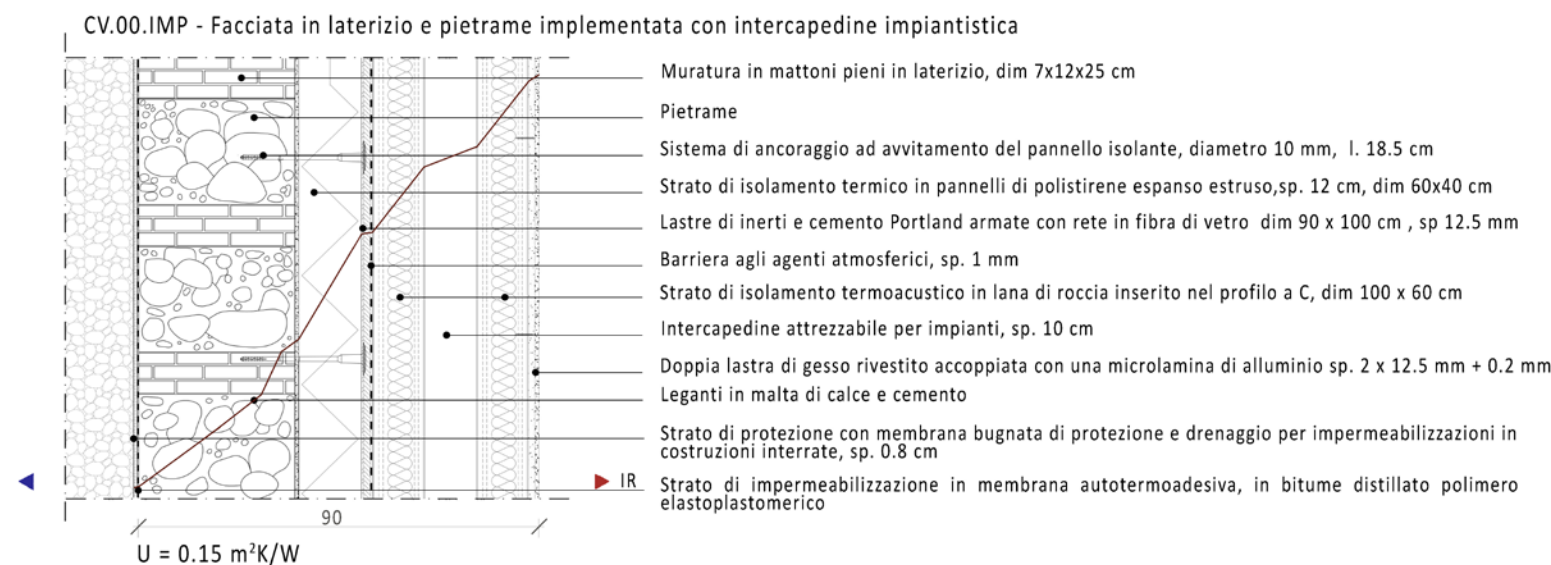
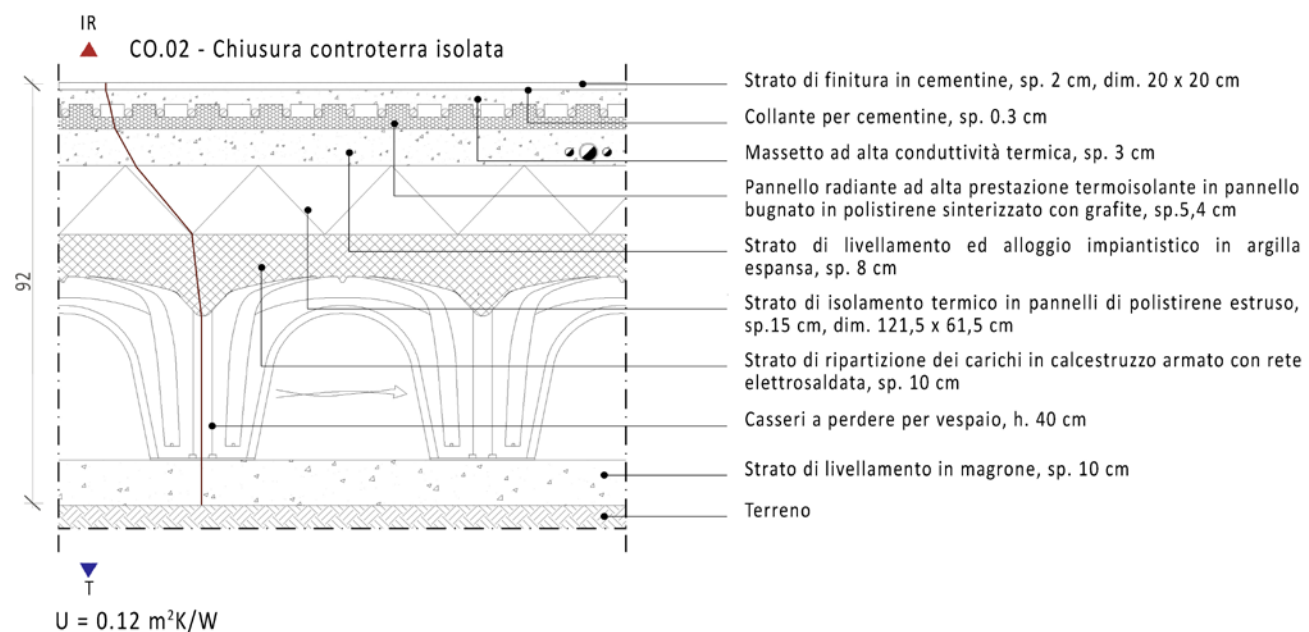


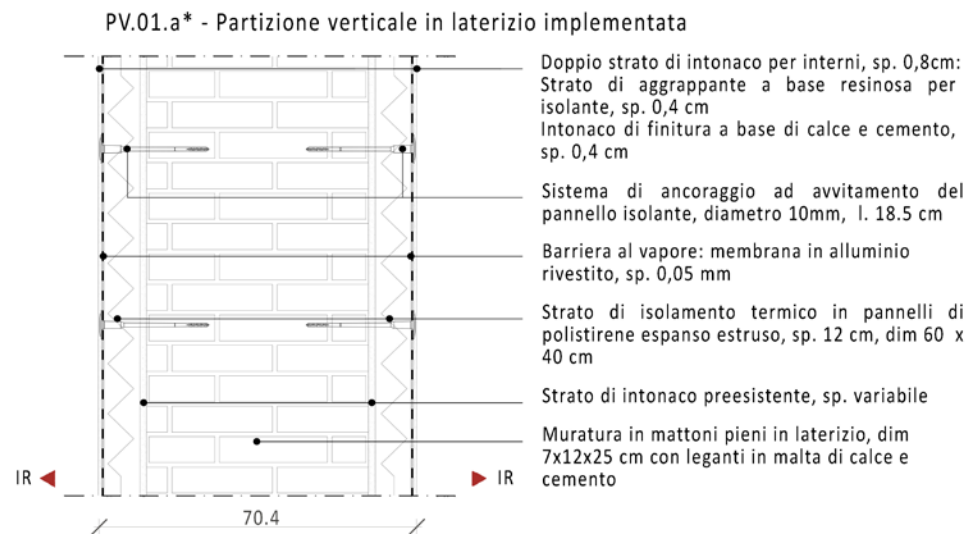
Figura 7.1: chiusure orizzontali CO.01 e CO.03



Si propone la medesima tecnologia per la stratigrafia PV.01.b che risulterà nominata come:
 PV.01.b.IMP - Partizione verticale in laterizio implementata con intercapedine impiantistica, spessore totale 85.5 cm

Figura 7.2: chiusura orizzontale CO.02 e chiusura orizzontale CV.00

Figura 7.3: chiusure verticali CV.00.IMP e PV.01.a.IMP



Si propone la medesima tecnologia per la stratigrafia PV.01.b che risulterà nominata come:
PV.01.b* - Partizione verticale in laterizio implementata, spessore totale 60.4 cm

P.D.I.00 - Partizione diagonale interna

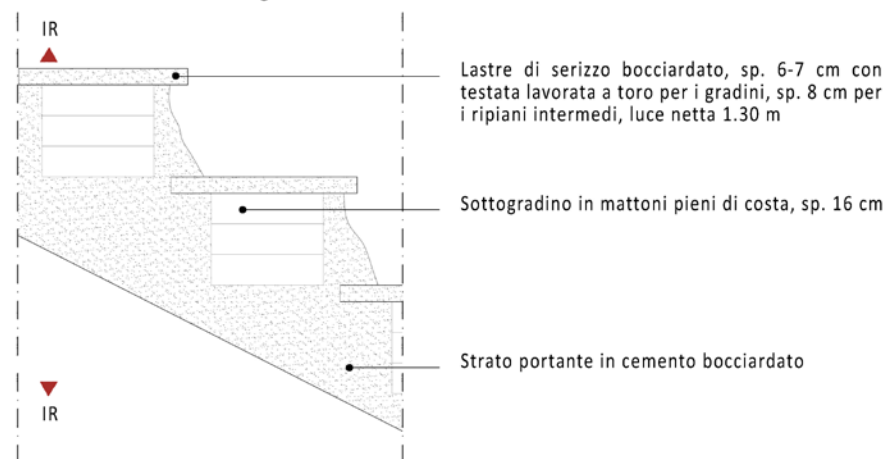
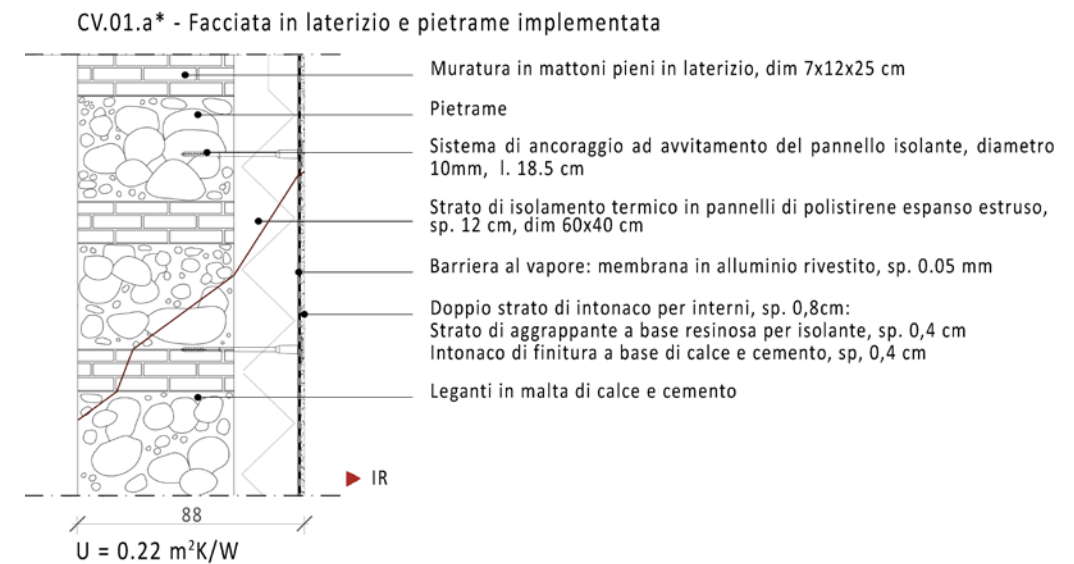


Figura 7.4: chiusura verticale PV.01.a* e partizione diagonale interna P.D.I.00



Si propone la medesima tecnologia per le stratigrafie CV.01.b, CV.01.c e CV.01.f che risulteranno nominate come:
CV.01.b* - Facciata in laterizio e pietrame implementata, spessore totale 78 cm, $U = 0.22 \text{ m}^2\text{K/W}$
CV.01.c* - Facciata in laterizio e pietrame implementata, spessore totale 61 cm, $U = 0.23 \text{ m}^2\text{K/W}$
CV.01.f* - Facciata in laterizio e pietrame implementata, spessore totale 58 cm, $U = 0.22 \text{ m}^2\text{K/W}$

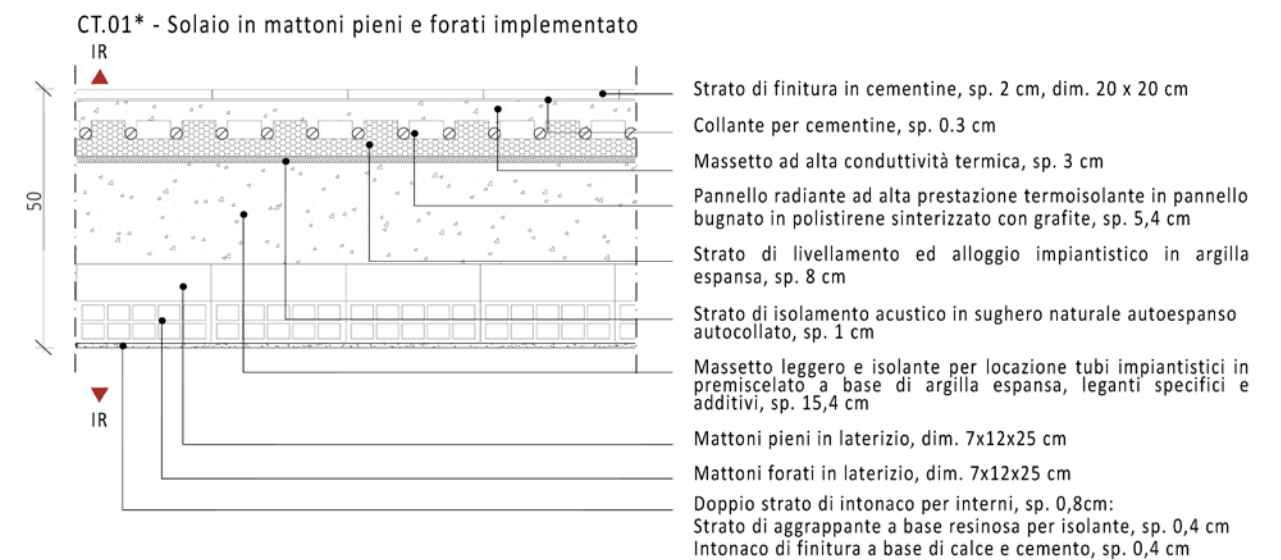
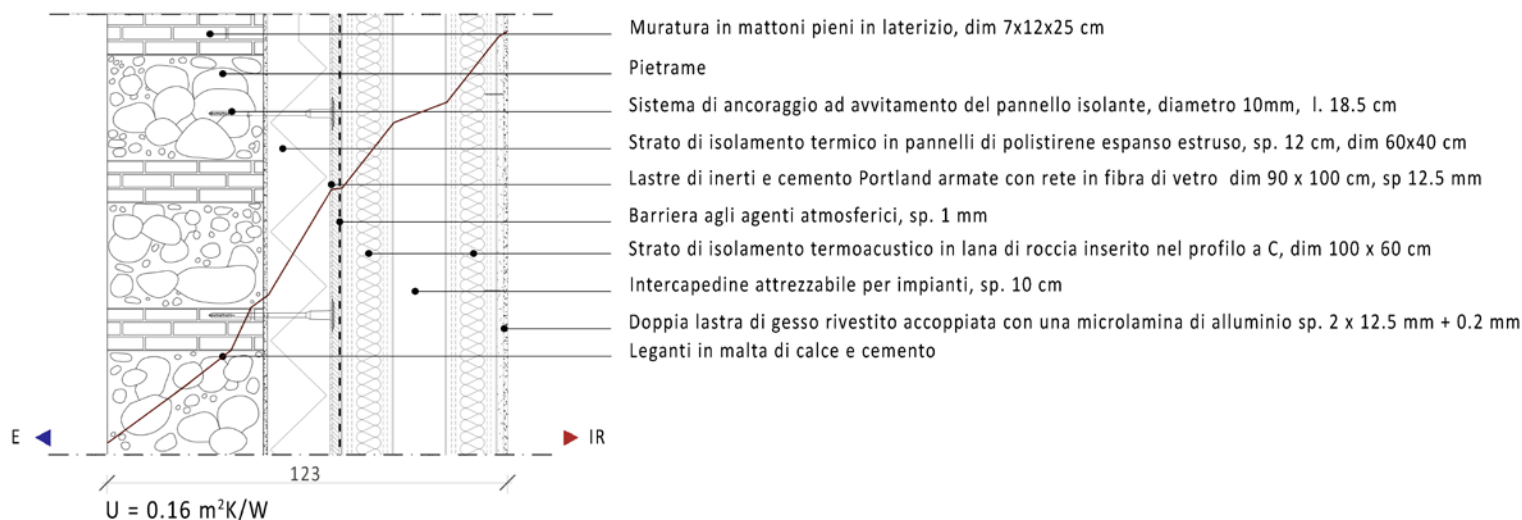
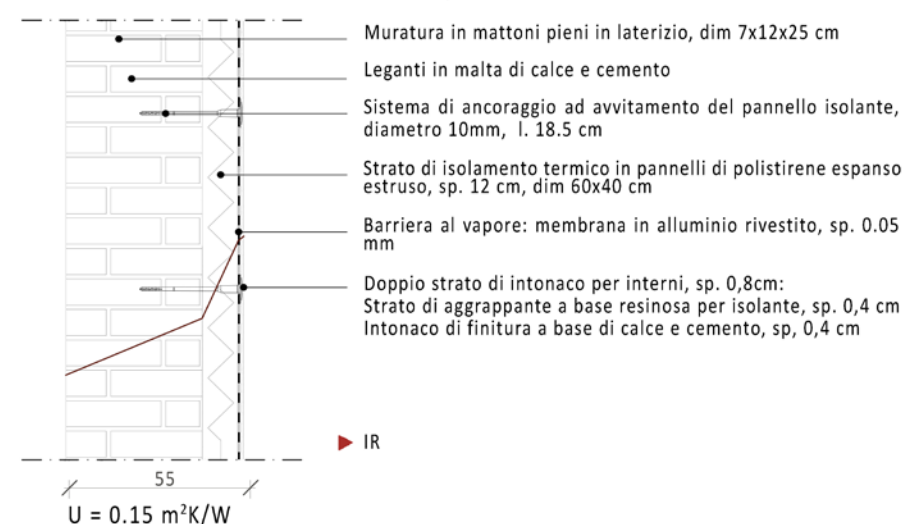


Figura 7.5: chiusura verticale CV.01.a* e CT.01*

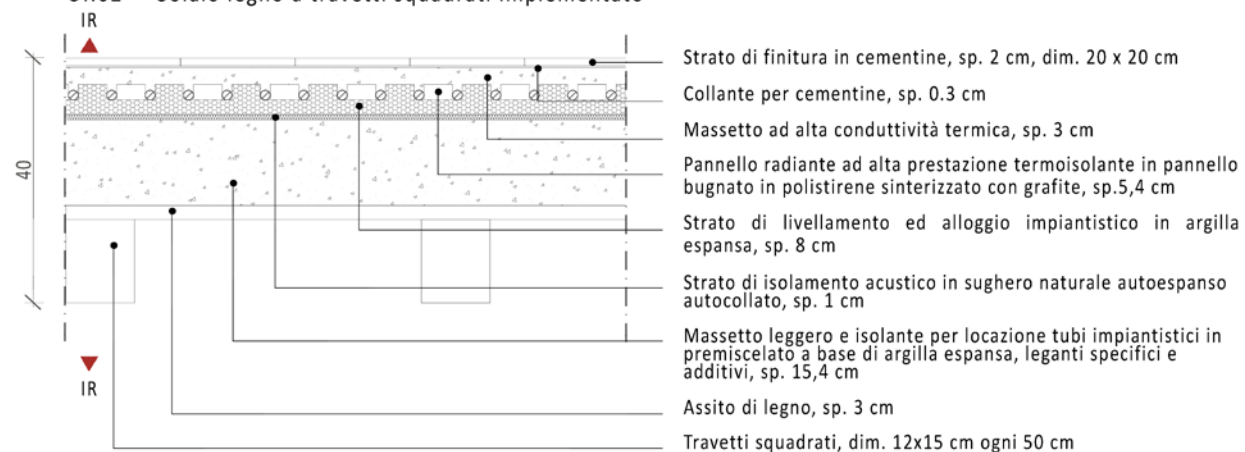
CV.01.c.IMP - Facciata in laterizio e pietrame implementata con intercapedine impiantistica



CV.02 - Chiusura verticale in laterizio implementata



CT.02* - Solaio legno a travetti squadrati implementato



C0.05 - Copertura in lastre di alluminio

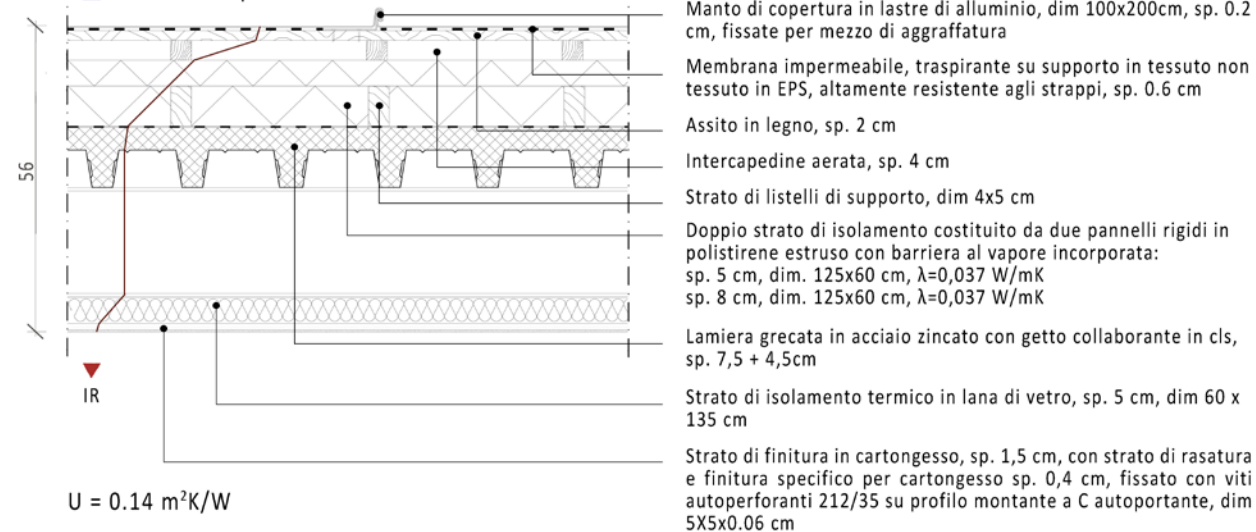
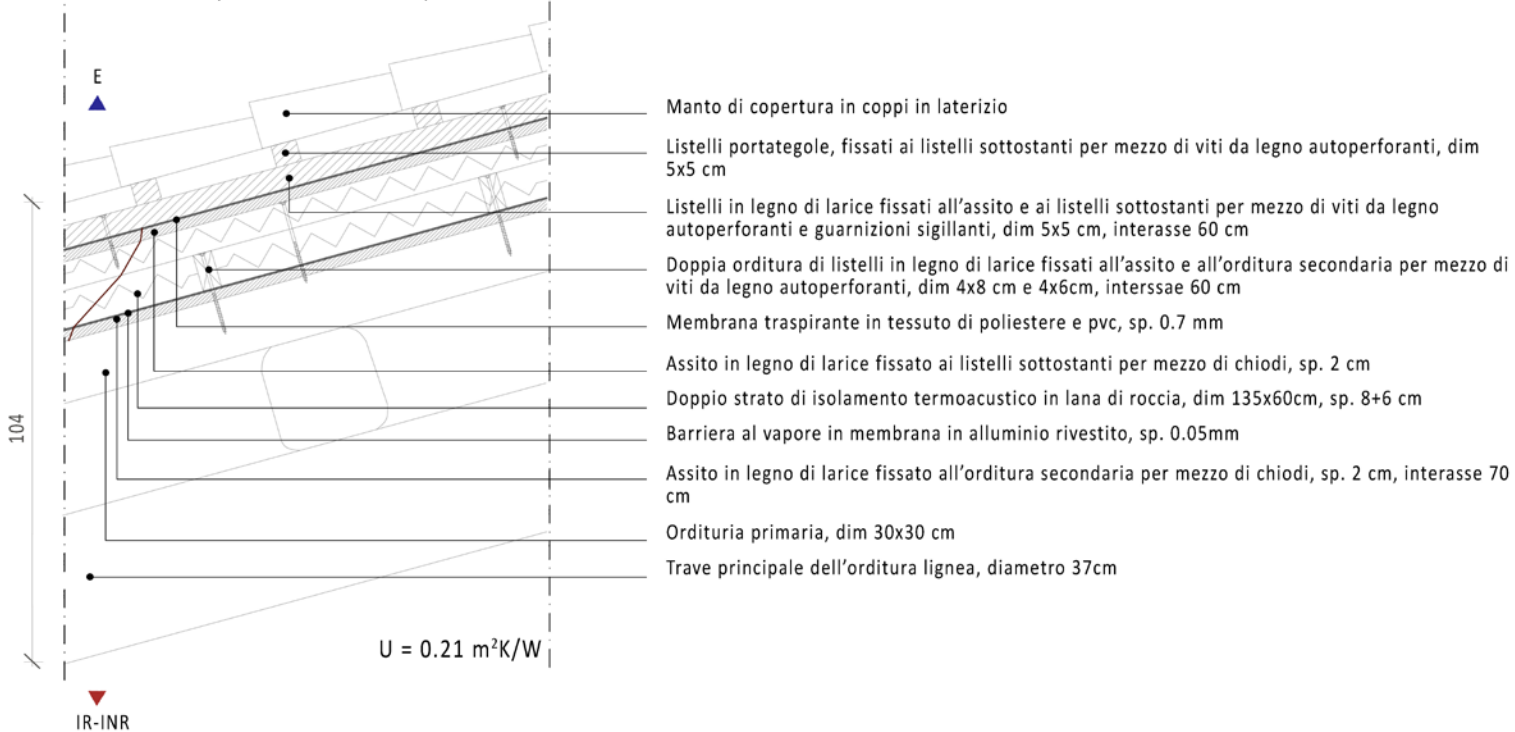


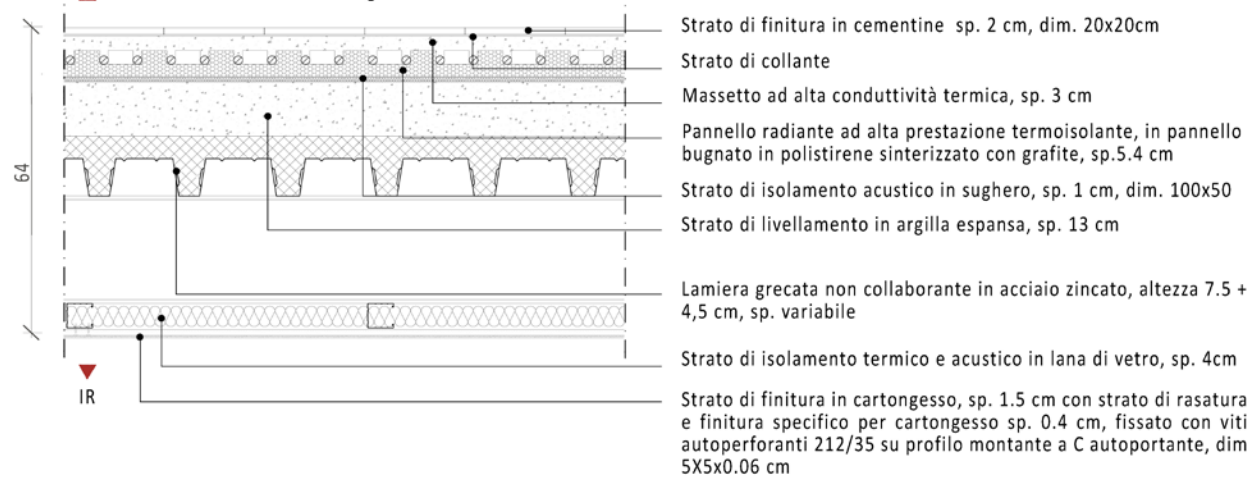
Figura 7.6: chiusura verticale CV.01.c.IMP e chiusura orizzontale CT.02*

Figura 7.7: chiusura verticale CV.02 e chiusura orizzontale C0.05

C0.04.IMP - Copertura inclinata implementata



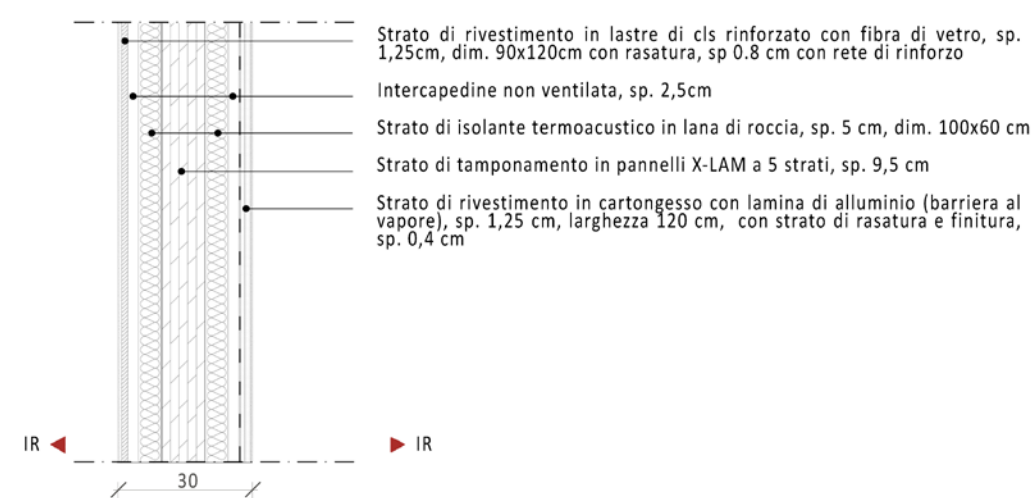
CT.03 - Solaio in lamiera grecata collaborante



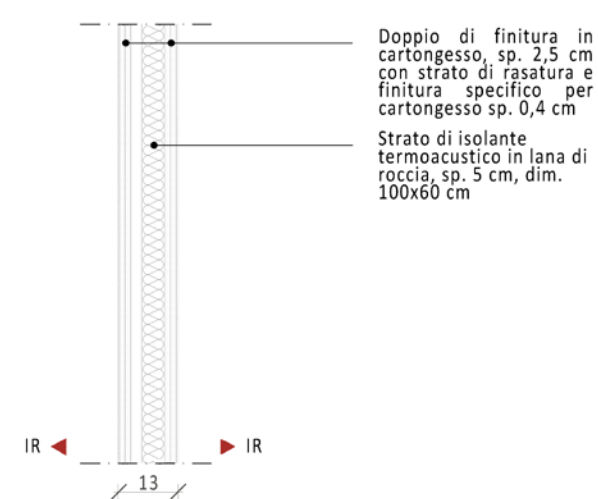
Si ripropone la medesima stratigrafia per il solaio del primo piano con la variante di un pannello multistrato incrociato in legno (h. 20 cm) al posto della lamiera grecata. Codice stratigrafia CT.03.SOLP

Figura 7.8 : chiusure orizzontali C0.04.IMP e CT.03

PV.02 - Partizione verticale in XLAM



PV.03 - Parete divisoria interna



P.D.I.01 - Partizione diagonale inter

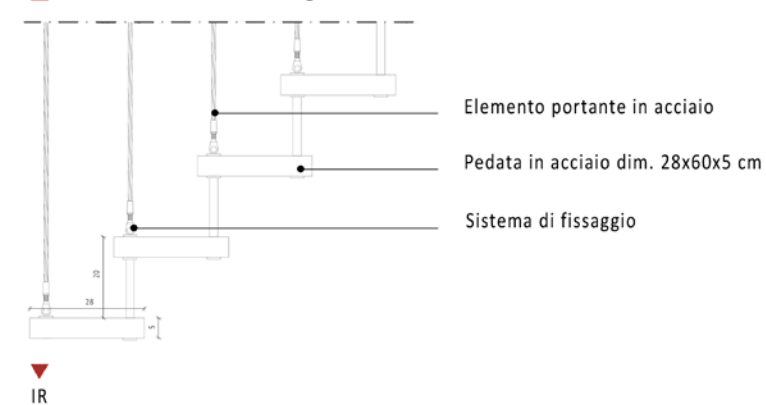


Figura 7.9: chiusure verticali PV.02, PV.03 e partizione diagonale interna P.D.I.01

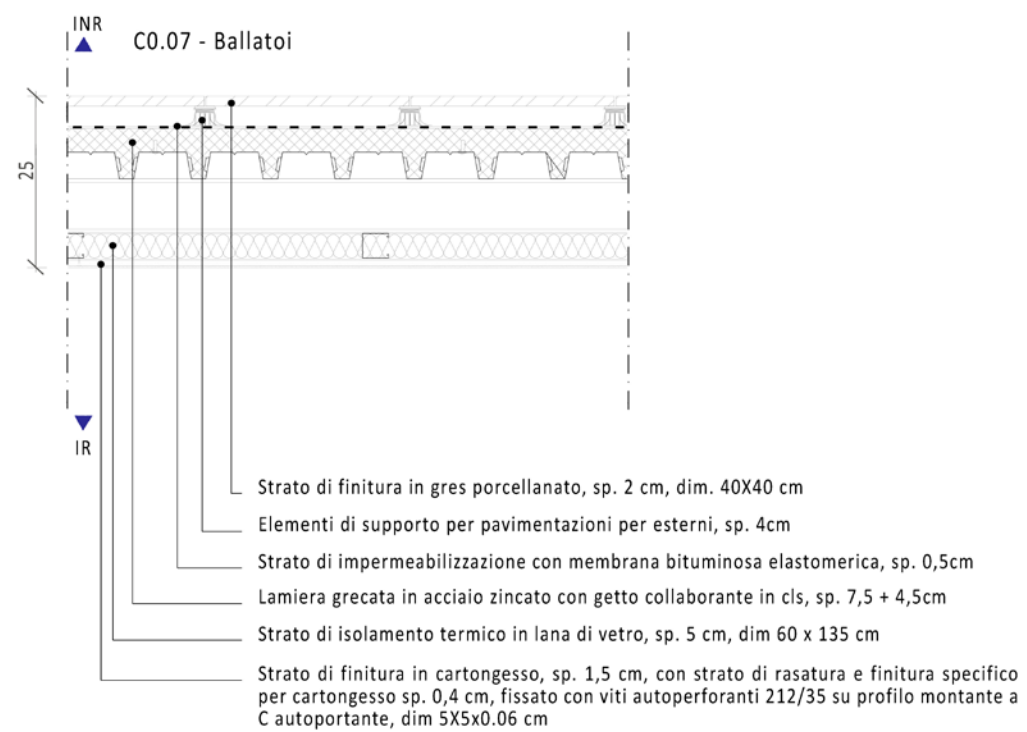
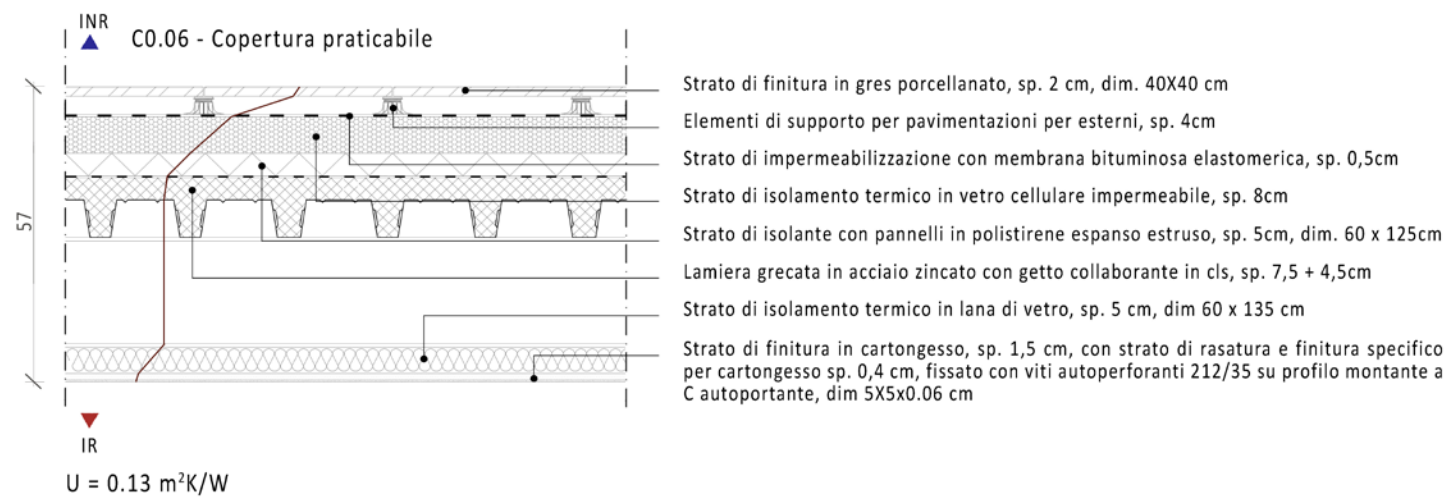
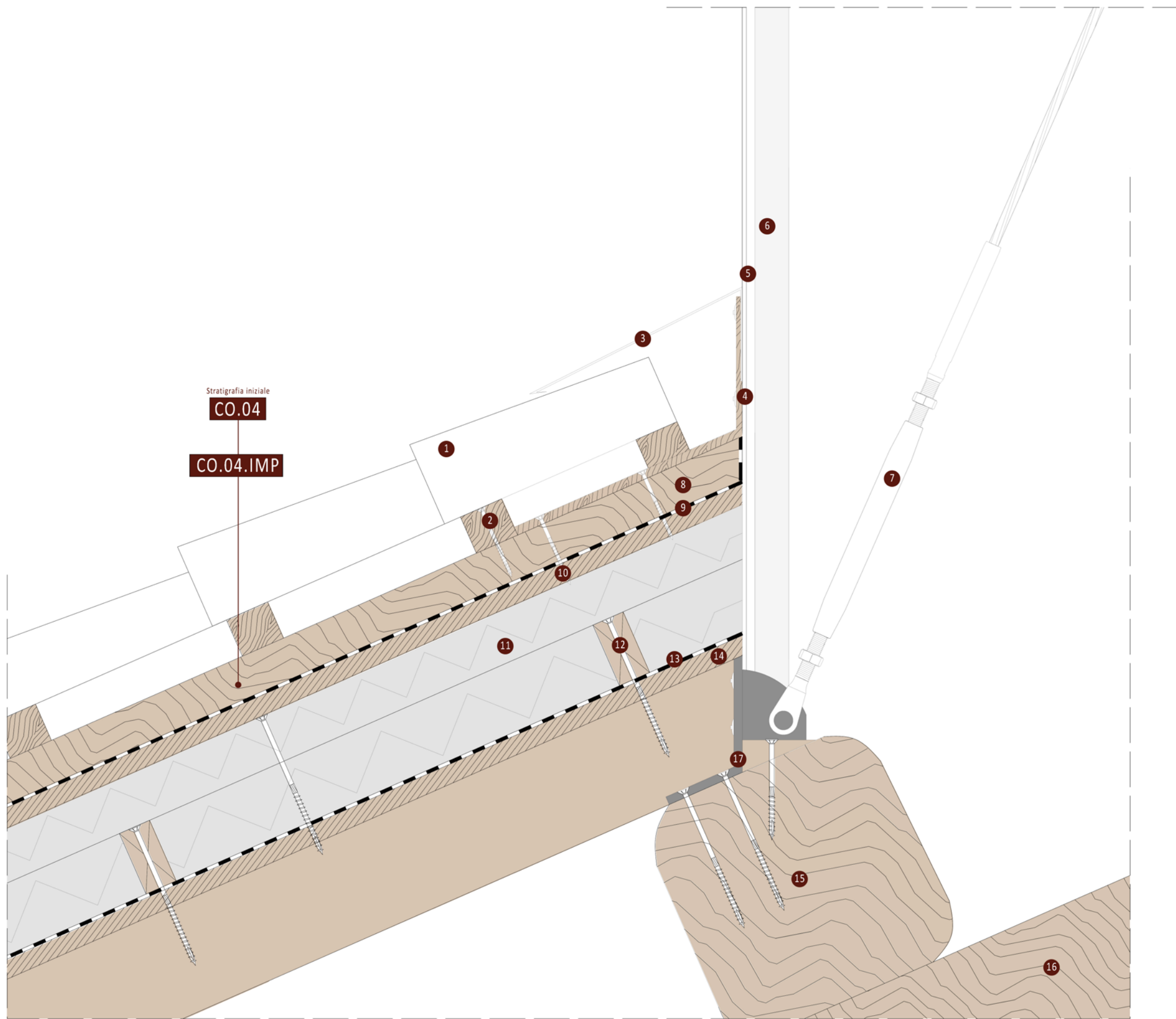


Figura 7.10 : chiusure orizzontali CO.06 e CO.07



Figura 7.11: blow up sull'unità ottagonale



NV.01

- 1) Manto di copertura in coppi in laterizio
- 2) Listelli portategole, fissati ai travetti sottostanti per mezzo di viti da legno autopercoranti, dim 5x5 cm
- 3) Scossalina in acciaio, sp. 2 mm
- 4) Elemento di fissaggio per vetro 6x70 mm con rondella ad ombrello
- 5) Lastra in vetro, sp. 0.5 cm
- 6) Profilo tubolare in acciaio 40 x 30 mm
- 7) Tirante in acciaio, sp. 2 cm
- 8) Travetti in legno di larice fissati all'assito e ai listelli sottostanti per mezzo di viti da legno autopercoranti e guarnizioni sigillanti, dim 5x5 cm, intersasse 60 cm
- 9) Membrana traspirante in tessuto di poliestere e pvc, sp. 0.7 mm
- 10) Assito in legno di larice, sp. 2 cm
- 11) Doppio strato di isolamento termoacustico in lana di roccia, dim 135x60cm, sp. 8+6 cm
- 12) Doppia orditura di listelli in legno di larice fissati all'assito e all'orditura secondaria per mezzo di viti da legno autopercoranti, dim 4x8 cm e 4x6cm, intersasse 60 cm
- 13) Barriera al vapore in membrana in alluminio rivestito, sp. 0.05mm
- 14) Assito in legno di larice fissato all'orditura secondaria per mezzo di chiodi, sp. 2 cm, intersasse 70 cm
- 15) Orditura primaria: trave di cornice, terzere, dim. 37 x 30 cm. Dimensione minima consentita da progetto 30 x 25 cm.
- 16) Trave principale: puntone, dim. di progetto 34 x 34 cm
- 17) Squadra in acciaio, sp. 1 cm.

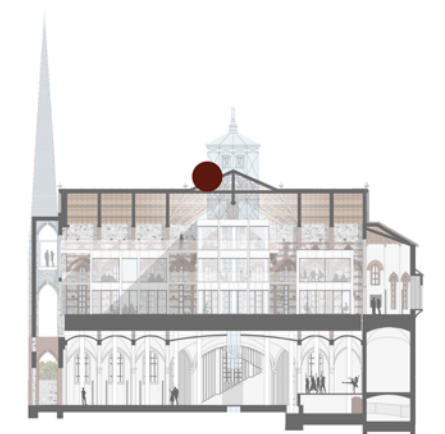
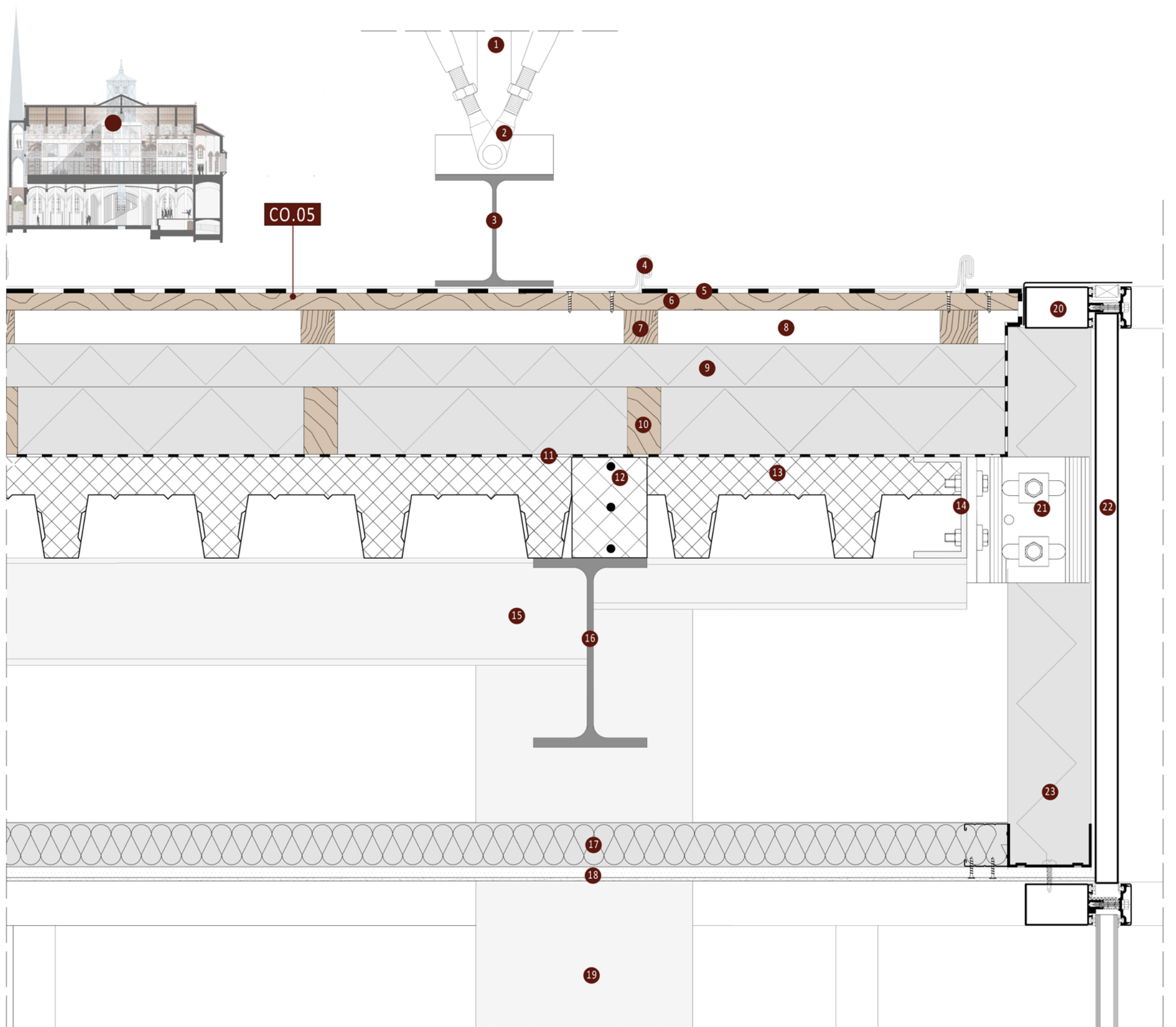


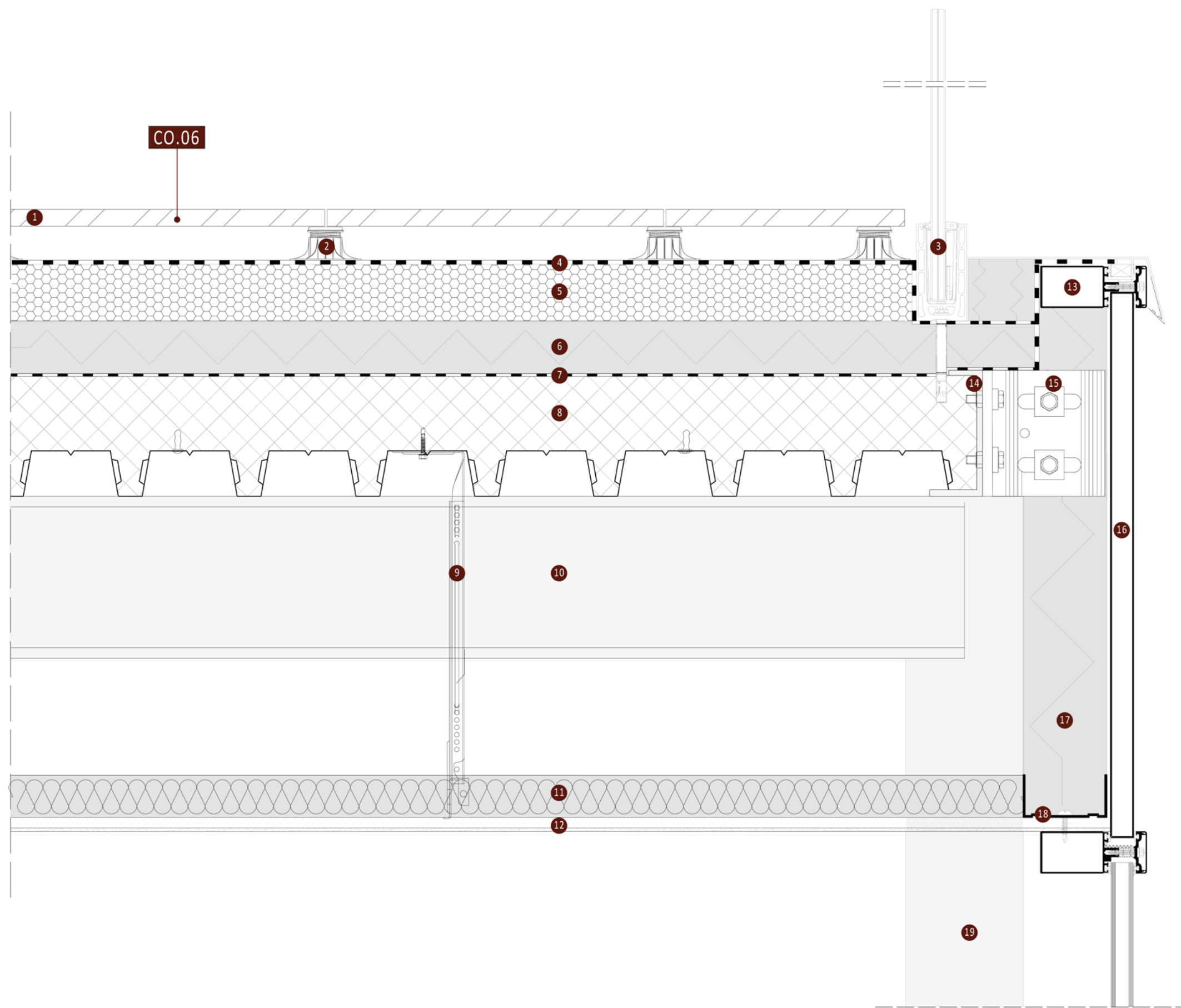
Figura 7.12: nodo NV.01 - copertura lignea e tiburio



NV.02

- 1) Profilo tubolare in acciaio 40 x 30 mm
- 2) Tirante in acciaio, sp. 2 cm
- 3) Trave in acciaio IPE 140
- 4) Manto di copertura in lastre di alluminio, dim 100x200cm, sp. 0.2 cm, fissate per mezzo di aggraffatura
- 5) Membrana impermeabile, traspirante su supporto in tessuto non tessuto in EPS, altamente resistente agli strappi, sp. 0.6 cm
- 6) Assito in legno, sp. 2 cm
- 7) Strato di listelli di supporto, dim 4x5 cm
- 8) Intercapedine aerata, sp. 4 cm
- 9) Doppio strato di isolamento costituito da due pannelli rigidi in polistirene estruso con barriera al vapore incorporata:
sp. 5 cm, dim. 125x60 cm, $\lambda=0,037$ W/mK
sp. 8 cm, dim. 125x60 cm, $\lambda=0,037$ W/mK
- 10) Strato di listelli di supporto, dim 4x5 cm
- 11) Strato di impermeabilizzazione in guaina bituminosa elastomerica, sp. 0,4 cm
- 12) Elemento di collegamento in calcestruzzo con pioli di trasmissione fra la lamiera grecata e la trave
- 13) Lamiera grecata in acciaio zincato con getto collaborante in cls, sp. 7,5 + 4,5cm
- 14) Squadra metallica in acciaio per ancorare il montante della facciata continua
- 15) Trave secondaria in acciaio IPE 120
- 16) Trave primaria in acciaio IPE 180
- 17) Strato di isolamento termico in lana di vetro, sp. 5 cm, dim 60 x 135 cm
- 18) Strato di finitura in cartongesso, sp. 1,5 cm, con strato di rasatura e finitura specifico per cartongesso sp. 0,4 cm, fissato con viti auto perforanti 212/35 su profilo montante a C autoportante, dim 5X5x0.06 cm
- 19) Pilastro circolare in acciaio, dim. tubolare 14 x 14 cm
- 20) Traverse della facciata continua
- 21) Attacco della facciata continua
- 22) Pannello Spandrel
- 23) Strato isolante termico in XPS, sp. 10 cm, dim. 60x125

Figura 7.13: nodo NV.02 - copertura dell'unità ottagonale

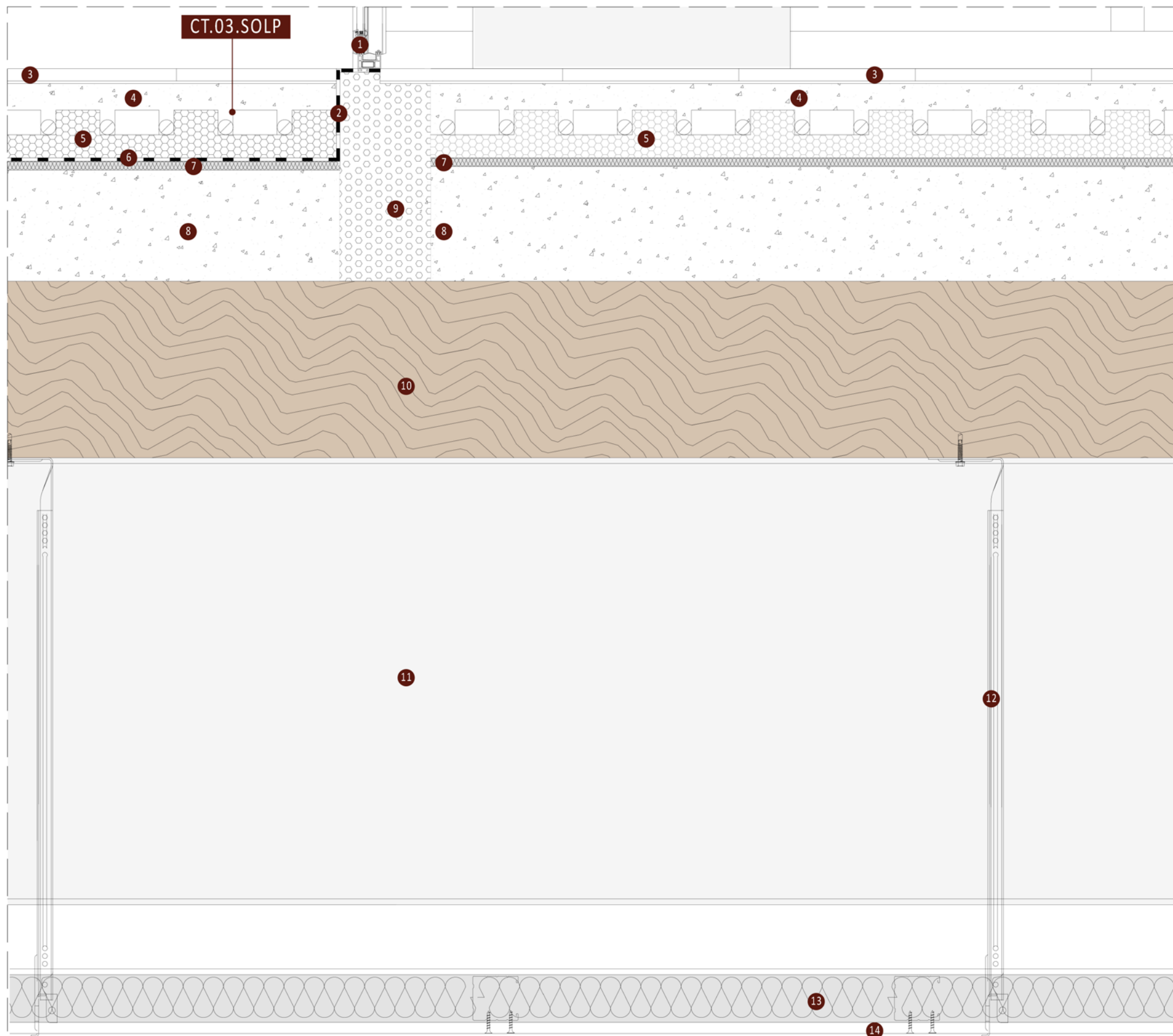


NV.03

- 1) Strato di finitura in gres porcellanato, sp. 2 cm, dim. 40X40 cm
- 2) Elementi di supporto per pavimentazioni per esterni, sp. 4cm
- 3) Parapetto in vetro, sp. 2 cm
- 4) Strato di impermeabilizzazione con membrana bituminosa elastomerica, sp. 0,5cm
- 5) Strato di isolamento termico in vetro cellulare impermeabile, sp. 8cm
- 6) Strato di isolante con pannelli in polistirene espanso estruso, sp. 5cm, dim. 60 x 125cm
- 7) Barriera al vapore in alluminio, sp. 0,05 cm
- 8) Lamiera grecata in acciaio zincato con getto collaborante in cls, sp. 7,5 + 4,5cm
- 9) Elemento di fissaggio, pendini con molla regolabile, interasse 60cm
- 10) Trave in acciaio IPE 180
- 11) Strato di isolamento termico in lana di vetro, sp. 5 cm, dim 60 x 135 cm
- 12) Strato di finitura in cartongesso, sp. 1,5 cm, con strato di rasatura e finitura specifico per cartongesso sp. 0,4 cm, fissato con viti autoperforanti 212/35 su profilo montante a C autoportante, dim 5X5x0.06 cm
- 13) Traverse della facciata continua
- 14) Squadra metallica in acciaio per ancorare il montante della facciata continua
- 15) Attacco della facciata continua
- 16) Pannello Spandrel
- 17) Strato isolante termico in XPS, sp. 10 cm, dim. 60x125 cm
- 18) Elemento montanti verticali in acciaio zincato, sp 0.6 mm dim 100 x 50 mm
- 19) Pilastro in acciaio H/A 140



Figura 7.14: nodo NV.03 - copertura praticabile dell'unità ovest



NV.04

- 1) Finestra scorrevole
- 2) Strato di impermeabilizzazione in guaina bituminosa elastomerica, sp. 0,4 cm
- 3) Strato di finitura in cementine sp. 2 cm, dim. 20x20cm
- 4) Massetto ad alta conduttività termica, sp. 3 cm
- 5) Pannello radiante ad alta prestazione termoisolante, in pannello bugnato in polistirene sinterizzato con grafite, sp.5.4 cm
- 6) Strato di impermeabilizzazione in guaina bituminosa elastomerica, sp. 0,4 cm
- 7) Strato di isolamento acustico in sughero, sp. 1 cm, dim. 100x50
- 8) Strato di livellamento in argilla espansa, sp. 13 cm
- 9) Elemento di supporto in calcestruzzo cellulare
- 10) Pannello in legno multistrato incrociato, h. 20 cm
- 11) Trave in acciaio IPE 450
- 12) Elemento di fissaggio, pendini con molla regolabile, interasse 60cm
- 13) Strato di isolamento termico in lana di vetro, sp. 5 cm, dim 60 x 135 cm
- 14) Strato di finitura in cartongesso, sp. 1,5 cm, con strato di rasatura e finitura specifico per cartongesso sp. 0,4 cm, fissato con viti auto perforanti 212/35 su profilo montante a C autoportante, dim 5X5x0.06 cm

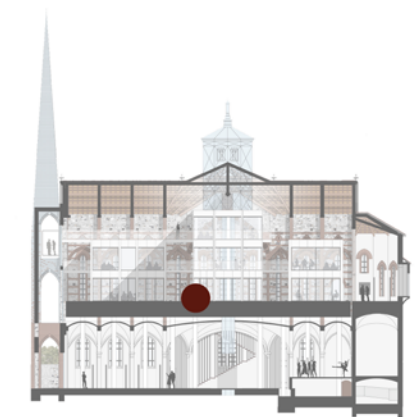


Figura 7.15: nodo NV.04 - attacco dell'unità ottagonale

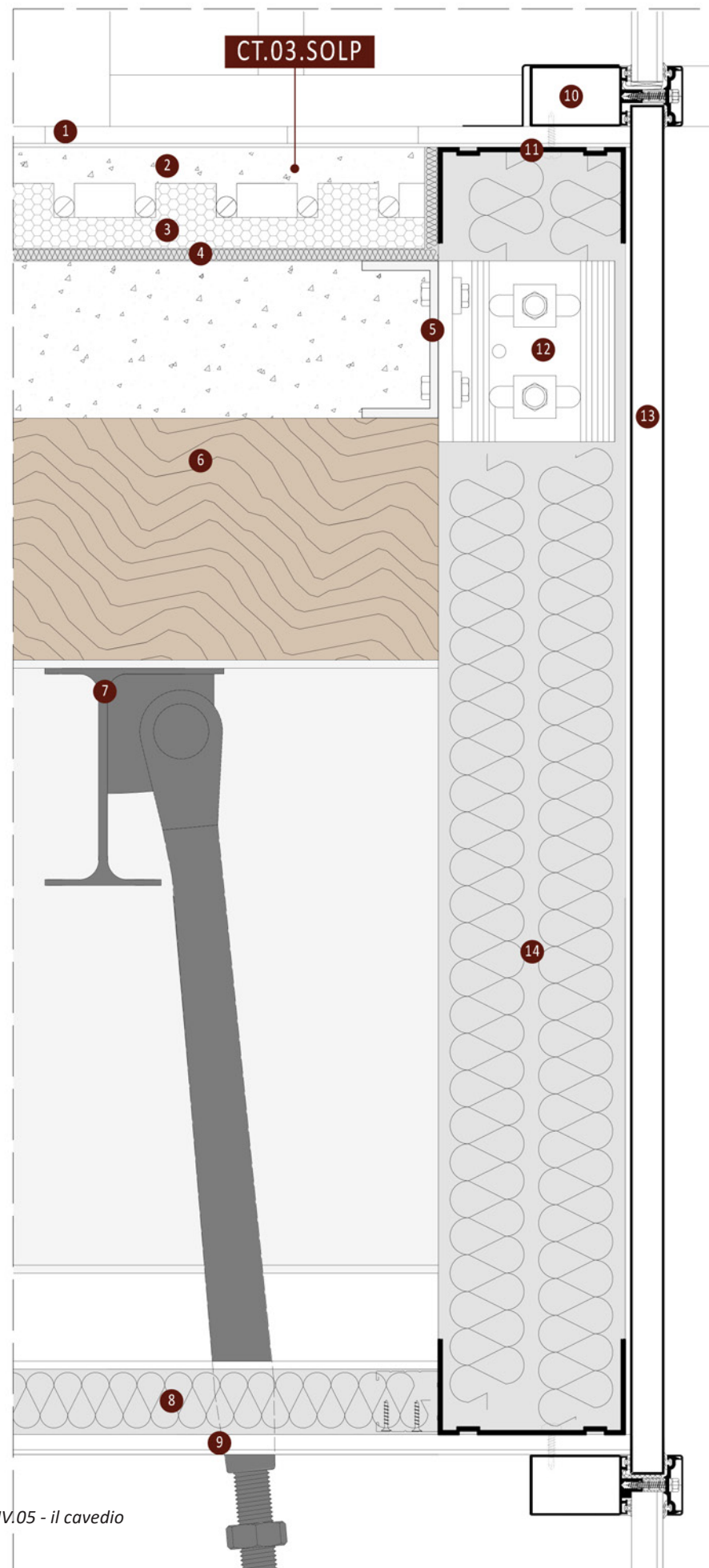
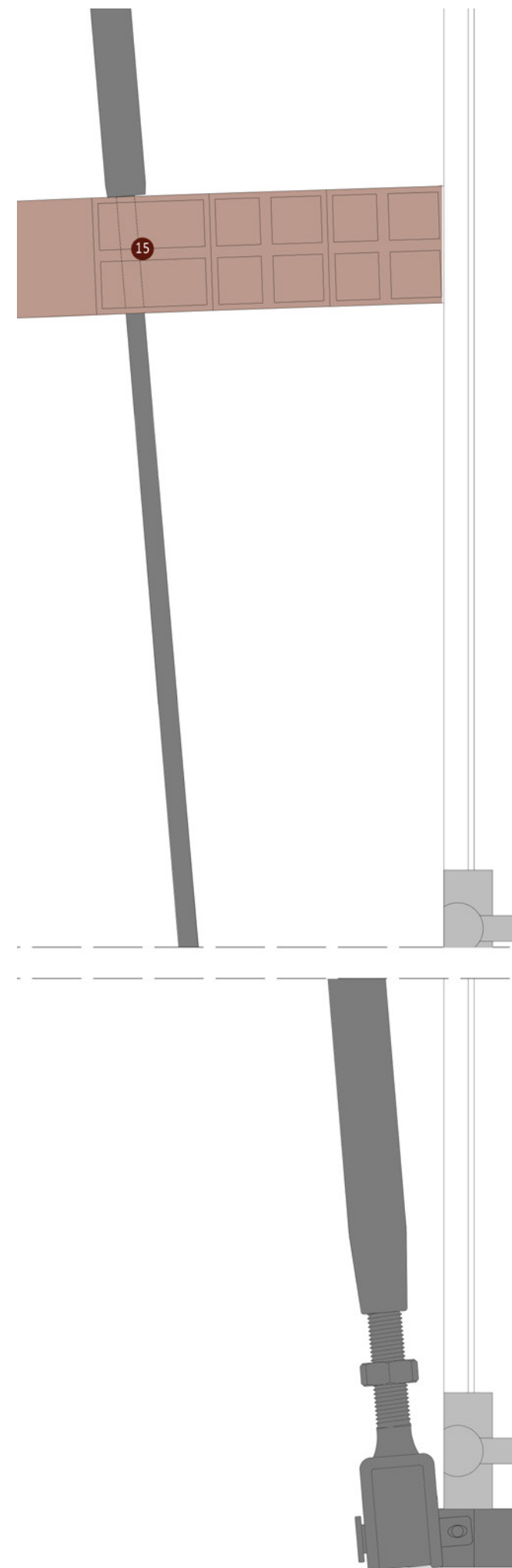
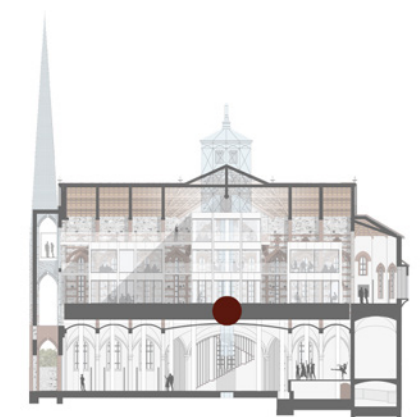


Figura 7.16: nodo NV.05 - il cavedio



NV.05

- 1) Strato di finitura in cementine sp. 2 cm, dim. 20x20cm
- 2) Massetto ad alta conduttività termica, sp. 3 cm
- 3) Pannello radiante ad alta prestazione termoisolante, in pannello bugnato in polistirene sinterizzato con grafite, sp.5.4 cm
- 4) Strato di isolamento acustico in sughero, sp. 1 cm, dim. 100x50
- 5) Squadra metallica in acciaio per ancorare il montante della facciata continua
- 6) Pannello in legno multistrato incrociato, h. 20 cm
- 7) Trave in acciaio IPE 180 a cui viene agganciato il tirante in acciaio, sp. 2 cm
- 8) Strato di isolamento termico in lana di vetro, sp. 5 cm, dim 60 x 135 cm
- 9) Strato di finitura in cartongesso, sp. 1,5 cm, con strato di rasatura e finitura specifico per cartongesso sp. 0,4 cm, fissato con viti autoperforanti 212/35 su profilo montante a C autoportante, dim 5X5x0.06 cm
- 10) Traverse della facciata continua
- 11) Elemento montanti verticali in acciaio zincato, sp 0.6 mm, dim 100 x 50 mm
- 12) Attacco della facciata continua
- 13) Pannello Spandrel
- 14) Strato isolante termico in XPS, sp. 10 cm, dim. 60x125 cm
- 15) Struttura esistente: volte in mattoni pieni e forati, sp. 10 cm
- 16) Sottostruttura in acciaio a crociere. Dimensione del vetro 8 mm.



ALLEGATI

1 Vegetazione rampicante

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA
Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre
Materiale interessato: strato della muratura portante

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: crescita incontrollata di vegetazione rampicante
Descrizione patologia: presenza di individui erbacei, arbustivi o arborei (UNI 11182)
Diffusione anomalia: si presenta in modo significativo su tutte le pareti perimetrali della struttura
Stato di progressione: fenomeno in atto

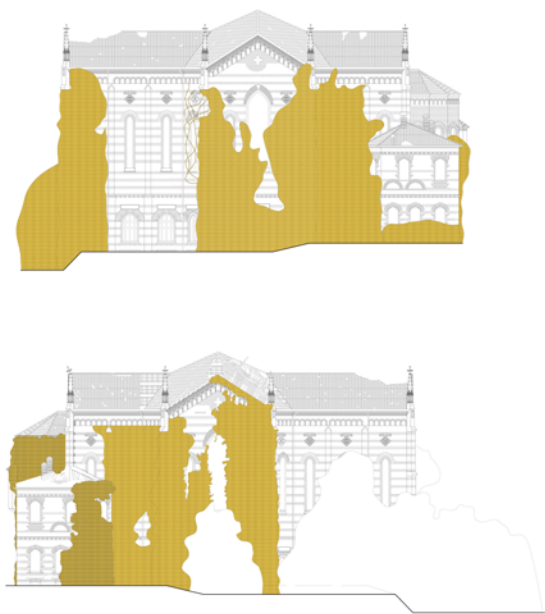
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, ristagno dell'acqua, umidità
Errori progettuali: mancanza sporti di gronda aggettanti, impermeabilizzazione del terreno
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, diretto contatto con agenti atmosferici
Conseguenze indirette: alterazione impatto estetico delle facciate, sforzi sulla muratura, danneggiamento della muratura
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: microflora, vegetazione infestante

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione meccanica della vegetazione sia della parte aerea sia di quella ipogea con successivo trattamento con diserbante sistemico. Pulitura con acqua nebulizzata e spazzole di saggina; consolidamento mediante applicazione di resine acril-siliconiche; sigillatura e stuccatura con malta di calce e sabbia; protezione mediante resine siliconiche applicate a spruzzo o pennello.

LOCALIZZAZIONE



2 Vegetazione infestante

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA
Classe unità tecnologica: -
Unità tecnologica: -
Classe di elemento tecnico: -
Materiale interessato: -

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: crescita incontrollata di vegetazione arborea e arbustiva
Descrizione patologia: presenza di individui erbacei, arbustivi o arborei (UNI 11182)
Diffusione anomalia: si presenta in modo significativo su tutto il lotto di progetto
Stato di progressione: fenomeno in atto

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, ristagno dell'acqua, umidità
Errori progettuali: impermeabilizzazione del terreno
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, diretto contatto con agenti atmosferici, terreno estremamente fertile
Conseguenze indirette: alterazione impatto estetico delle facciate, sforzi sulle fondazioni
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: microflora, vegetazione rampicante

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione meccanica della vegetazione con successivo trattamento con diserbante sistemico. Per pervenire la ricrescita si utilizza un diserbante totale residuale di pre emergenza. In questo modo si inibisce la germinazione dei semi e lo sviluppo della vegetazione.

LOCALIZZAZIONE



3 Microflora

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante, comignoli
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre, camino in muratura
Materiale interessato: strato della muratura portante, intonaco

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: crescita di microflora come licheni e muschi
Descrizione patologia: flora di dimensioni ridotte per costituzione naturale o per motivi ecologici
Diffusione anomalia: si presenta su alcune delle pareti perimetrali della struttura e sul camino del corpo accessorio retrostante sprovvisto di copertura
Stato di progressione: fenomeno in atto

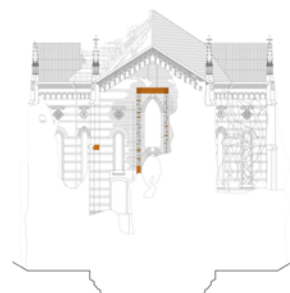
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, presenza di microorganismi, umidità, esposizione agli agenti atmosferici
Errori progettuali: mancanza di strati di impermeabilizzazione e di isolante
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, diretto contatto con agenti atmosferici
Conseguenze indirette: deterioramento dello strato su cui sorgono, progressivo sfaldamento dello strato
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: vegetazione rampicante, vegetazione infestante

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione di tutti i microorganismi presenti per arrestare le interazioni biologiche con il substrato e restituire leggibilità al substrato. Applicazione di prodotti biocidi (sali quaternari di ammonio) a spruzzo, a pennello o ad impacco, energica spazzolatura e successivo risciacquo con abbondante acqua deionizzata per rimuovere tutti i residui di prodotto e di materiale biologico. In presenza di licheni crostosi epilittici, dopo l'irrorazione procedere alla rimozione a bisturi dei talli.

LOCALIZZAZIONE



4 Alterazione cromatica

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante, pinnacoli
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre, pinnacoli
Materiale interessato: calcestruzzo, intonaco

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: variazione cromatica di parti della superficie muraria
Descrizione patologia: Variazione naturale, a carico dei componenti del materiale, dei parametri che definiscono il colore. È generalmente estesa a tutto il materiale interessato; nel caso l'alterazione si manifesti in modo localizzato è preferibile utilizzare il termine macchia.(UNI 11182)
Diffusione anomalia: si presenta su tutti i pinnacoli dell'edificio e vicino agli archetti in laterizio
Stato di progressione: fenomeno terminato

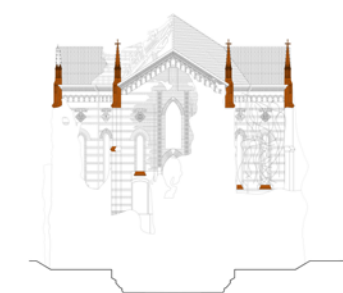
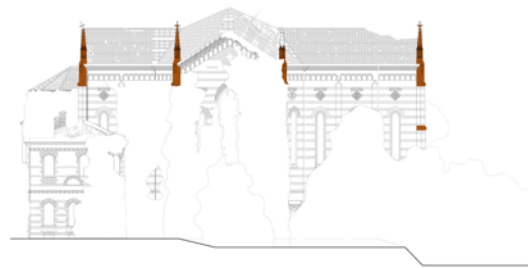
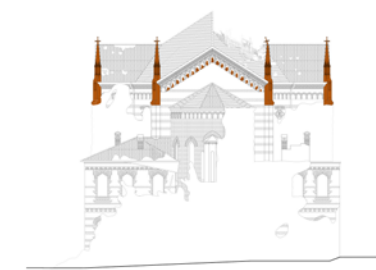
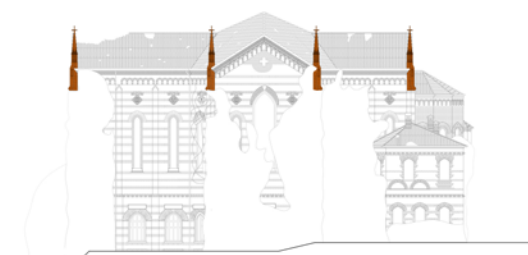
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: utilizzo di materiali non adeguati, mancata protezione all'acqua e all'umidità
Errori progettuali: scelta inadeguata del materiale di finitura, mancata ultimazione dell'opera, mancanza di manutenzione
Situazioni aggravanti: esposizione agli agenti atmosferici, mancata manutenzione
Conseguenze indirette: alterazione del rivestimento esterno, mancata manutenzione
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: macchie, colature, fenomeni di umidità

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione dello strato di intonaco o calcestruzzo degradato, pulitura a secco e posa del nuovo strato di finitura. La rimozione dello strato di finitura del degrado dovrà eseguirsi con cautela, mediante un martello elettrico oppure scalpelli di piccole dimensioni, prestando particolare attenzione a non danneggiare il substrato retrostante. Si procede ad una pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole e getti di aria compressa a bassa pressione. Si procede all'applicazione del nuovo strato di finitura.

LOCALIZZAZIONE



5 Fenomeni di disgregamento parziale e asportazione malta

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre
Materiale interessato: strato della muratura portante, intonaco, malta

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: presenza di zone in cui viene meno lo strato di finitura
Descrizione patologia: asportazione di materiale dalla superficie che nella maggior parte dei casi si presenta compatta
Diffusione anomalia: si presenta sulle pareti perimetrali della struttura
Stato di progressione: fenomeno concluso

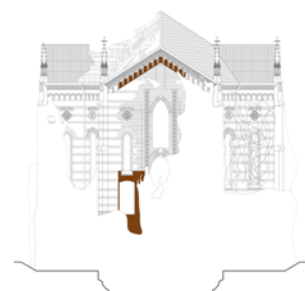
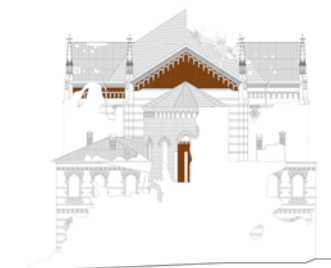
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, esposizione agli agenti atmosferici
Errori progettuali: scelta non idonea dei materiali
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione
Conseguenze indirette: deterioramento dello strato su cui sorgono, progressivo sfaldamento dello strato
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: alterazione cromatica, distacco intonaco, mancanza, fratturazione

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rinzaffo della malta. Stuccatura nei casi di fessurazioni, fratturazioni, mancanza profonde massimo 3cm. Operazione eseguibile su tutti i tipi di pietra situati sia in ambienti esterni sia in ambienti interni.

LOCALIZZAZIONE



6 Distacco intonaco

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale interna
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre rivestita con intonaco
Materiale interessato: intonaco

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: evidente distacco di intonaco
Descrizione patologia: soluzione di continuità tra strati di un intonaco, sia tra loro che rispetto al substrato, che prelude, in genere, alla caduta degli strati stessi.
Diffusione anomalia: si presenta su tutte le pareti interne del piano terra
Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: infiltrazione d'acqua, umidità, mancata manutenzione
Errori progettuali: scelta inadeguata del materiale di finitura, mancata ultimazione dell'opera
Situazioni aggravanti: mancata manutenzione, possibile presenza di fessurazioni
Conseguenze indirette: distacco di porzioni di intonaco che porta ad un'alterazione dell'aspetto estetico degli ambienti
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: alterazione cromatica, distacco intonaco, mancanza, disgregamento parziale e asportazione di malta, fenomeni di umidità

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione dello strato di intonaco degradato, pulitura a secco e posa del nuovo strato di finitura. La rimozione dello strato di finitura del degrado dovrà eseguirsi con cautela, mediante un martello elettrico oppure scalpelli di piccole dimensioni, prestando particolare attenzione a non danneggiare il substrato retrostante. Si procede ad una pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole e getti di aria compressa a bassa pressione. Si procede all'applicazione del nuovo strato di finitura.

LOCALIZZAZIONE



7 Fenomeni di umidità ascendente

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale

Unità tecnologica: parete perimetrale interna

Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre rivestita con intonaco

Materiale interessato: strati della muratura interna, mattoni, pietre, intonaco

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: presenza di macchie di umidità sulle pareti interne della struttura

Descrizione patologia: risalita capillare dell'umidità che provoca numerose conseguenze sia dal punto di vista della degenerazione strutturale sia sotto profili estetici

Diffusione anomalia: si presenta sulle pareti interne della struttura

Stato di progressione: fenomeno in atto

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità

Errori progettuali: mancato utilizzo di isolante ed impermeabilizzante orizzontale o verticale

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, mancata ultimazione dell'opera

Conseguenze indirette: deterioramento dello strato di finitura e della struttura, progressivo sfaldamento dello strato di intonaco

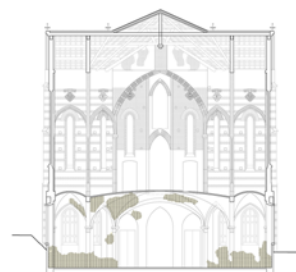
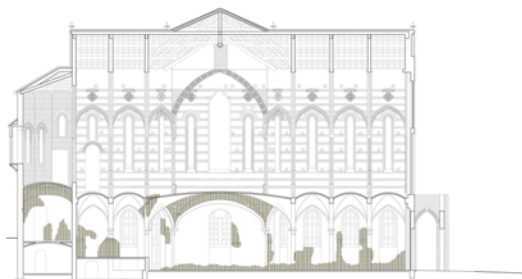
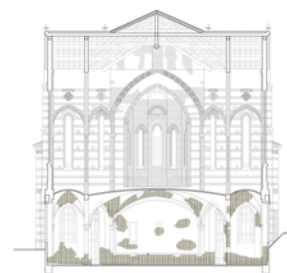
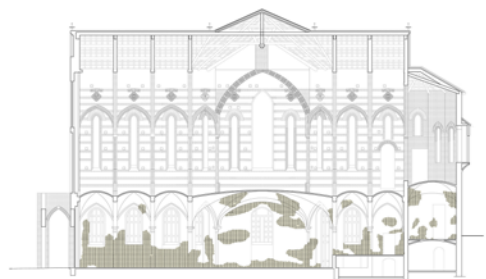
Indagini supplementari: -

Anomalie correlate: alterazione cromatica, distacco intonaco, disgregamento parziale e asportazione malta

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede un sistema di allontanamento dell'acqua dalle murature basata sulla reazione di una barriera chimica mediante iniezione di resine silconiche ed additivi idrorepellenti unitamente alla realizzazione di un vespaio lungo tutto il perimetro della costruzione.

LOCALIZZAZIONE



8 Fenomeni di erosione chimico-fisico-biologico

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusure trasparenti verticali, chiusure orizzontali

Unità tecnologica: chiusura orizzontale lignea, serramenti

Classe di elemento tecnico: orditura lignea della copertura, serramenti finestre, finestre murate

Materiale interessato: laterizio, pietra, legno, rame, ferro

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: segni di erosione, sfaldatura della struttura orizzontale

Descrizione patologia: trasformazioni profonde e permanenti causate da agenti esterni aggressivi

Diffusione anomalia: si presenta sulla copertura dell'edificio in modo evidente e secondariamente sulla maggior parte delle finestre

Stato di progressione: fenomeno in atto

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: infiltrazione d'acqua, umidità, mancata manutenzione, esposizione agenti atmosferici

Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera, mancanza guaina impermeabile, mancanza isolante, mancanza impermeabilizzazione

Situazioni aggravanti: mancata manutenzione, possibile presenza di fessurazioni, presenza di escrementi di piccioni

Conseguenze indirette: distacco di travi della copertura, deterioramento dei serramenti e delle murature delle finestre

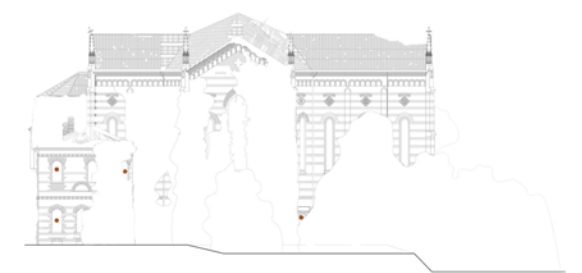
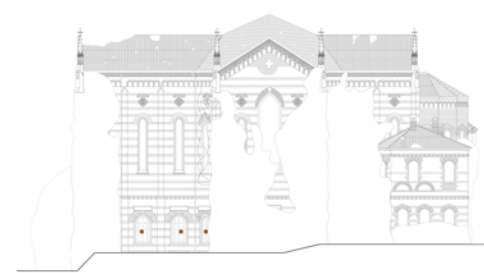
Indagini supplementari: indagine più approfondita dello stato della copertura mediante l'ausilio di ponteggi

Anomalie correlate: marcescenza, corrosione, sconnessioni e rotture

IPOTESI DI INTERVENTO:

Pulitura con spazzole di saggina, disinfestazione mediante deumidificazione e uso di fungicidi disciolti in solvente organico, applicati mediante impregnazione. Protezione mediante applicazione a spruzzo di sostanze epossidiche.

LOCALIZZAZIONE



9 Marcescenza

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura orizzontale
Unità tecnologica: solaio di copertura
Classe di elemento tecnico: copertura inclinata con tegole
Materiale interessato: orditura lignea primaria e secondaria

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: cedimenti, presenza di fenditure lungo la direzione longitudinale dell'elemento, riduzione sezionale, presenza di microflora
Descrizione patologia: degrado di un materiale di origine organica legato all'azione catabolitica di batteri o di altri microorganismi, solitamente accompagnato da odore sgradevole
Diffusione anomalia: presente in modo diffuso su tutta l'orditura della navata centrale
Stato di progressione: fenomeno in atto

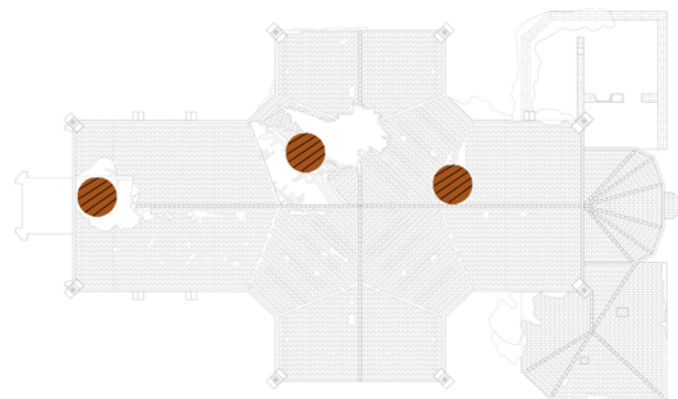
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, infiltrazioni d'acqua, cicli di gelo e disgelo, presenza di insetti xilofagi
Errori progettuali: mancato utilizzo di isolante ed impermeabilizzante orizzontale, mancata ultimazione dell'opera
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, mancata ultimazione dell'opera, sconnessioni e rotture tegole
Conseguenze indirette: collasso della struttura portante
Indagini supplementari: indagini strutturali, analisi igrometrica ed endoscopica
Anomalie correlate: alterazione chimico-fisico-biologica

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede la completa rimozione dell'attuale orditura lignea e la sostituzione di una nuova struttura che rispetti quella originaria.

LOCALIZZAZIONE



10 Corrosione

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale, chiusura orizzontale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante, solaio di copertura
Classe di elemento tecnico: muratura portante in pietra, mattoni e copertura lignea
Materiale interessato: pluviali, gronde, elementi decorativi delle finestre e serramenti

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: corrosione ed ossidazione che ha provocato uno strato di ruggine con variazione cromatica degli elementi
Descrizione patologia: patina rossiccia-brunastra aderente alla superficie metallica prodotta del processo
Diffusione anomalia: si presenta su tutte le gronde, pluviali, serramenti e dettagli decorativi delle finestre del piano terra
Stato di progressione: fenomeno in atto

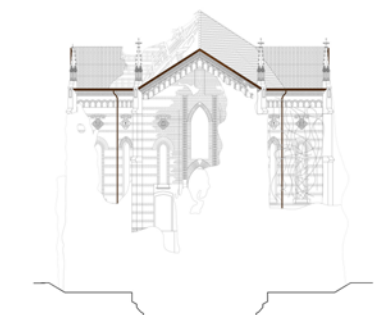
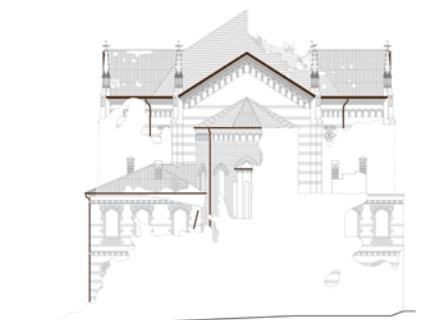
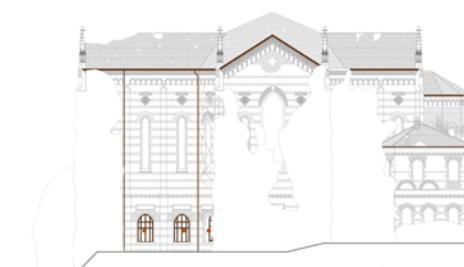
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata manutenzione, reazione tra atmosfera e materiali edili, infiltrazione d'acqua
Errori progettuali: eccessiva esposizione all'umidità
Situazioni aggravanti: mancata manutenzione, esposizione agenti atmosferici
Conseguenze indirette: colatura della ruggine sulle superficie adiacenti
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: fenomeni di erosione chimico-fisico-biologico, sconnessioni

IPOTESI DI INTERVENTO:

Dove possibile sgrassamento con solventi o vapori di solventi; pulitura con microsabbatura a metallo bianco; protezione mediante sistema vinilico. In alternativa, rimozione e sostituzione dell'elemento danneggiato.

LOCALIZZAZIONE



11 Sconnessioni e rotture

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: solaio di copertura

Unità tecnologica: copertura inclinata

Classe di elemento tecnico: copertura inclinata con tegole

Materiale interessato: orditura lignea primaria e secondaria

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: cedimenti e collassi della copertura inclinata

Descrizione patologia: grave alterazione non prevista della staticità della struttura

Diffusione anomalia: presente in modo diffuso su tutte le coperture della struttura

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, infiltrazioni d'acqua, cicli di gelo e disgelo

Errori progettuali: mancato utilizzo di isolante ed impermeabilizzante orizzontale, mancata ultimazione dell'opera

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, mancata ultimazione dell'opera, sconnessioni e rotture tegole

Conseguenze indirette: collasso delle strutture portanti ancora non cedute

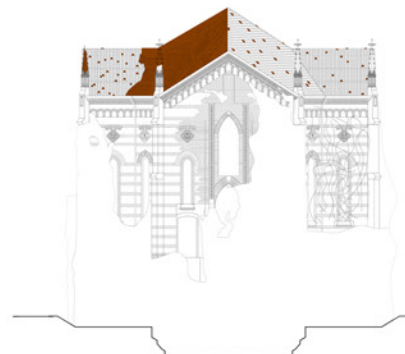
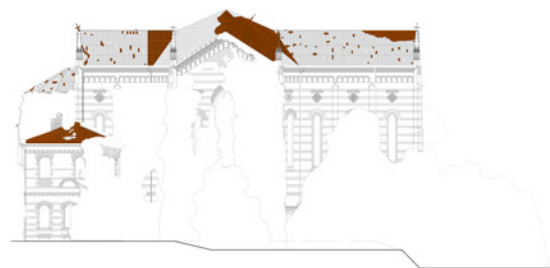
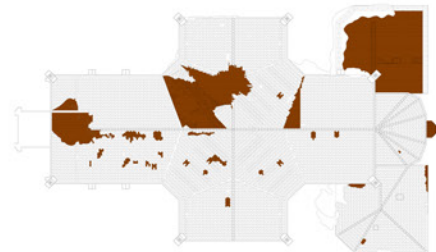
Indagini supplementari: indagini strutturali, analisi igrometrica ed endoscopica

Anomalie correlate: alterazione chimico-fisico-biologica, marcescenza

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede la sostituzione delle travi danneggiate. Viene ricostruita la copertura mancante del corpo accessorio esposto a nord e vengono sostituite le tegole danneggiate o mancanti. In mancanza di dati e rilievi non è possibile comprendere se sia necessario lo smantellamento totale della copertura o sia sufficiente la sostituzione di elementi puntuali.

LOCALIZZAZIONE



11 A Sconnessioni e rotture

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura orizzontale

Unità tecnologica: solaio interpiano

Classe di elemento tecnico: solaio interpiano in mattoni forati

Materiale interessato: mattoni forati

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: cedimenti e collassi del solaio, in particolare delle volte

Descrizione patologia: grave alterazione non prevista della staticità della struttura

Diffusione anomalia: si presenta su due volte all'interno del primo piano della struttura

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, infiltrazioni d'acqua, mancata ultimazione del solaio

Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera, mancata manutenzione

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, mancata ultimazione dell'opera, sconnessioni e rotture tegole

Conseguenze indirette: collasso delle restanti aree delle volte

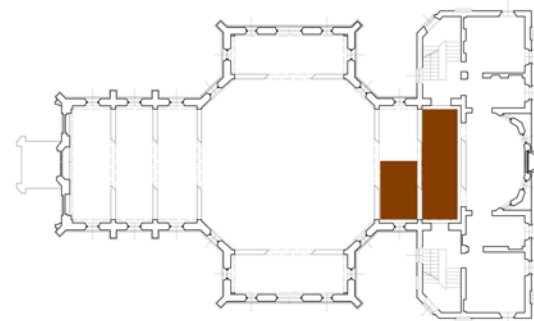
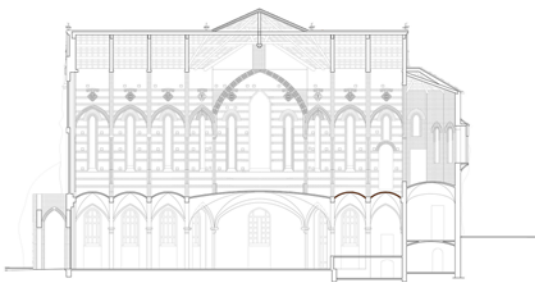
Indagini supplementari: indagini strutturali, prove non distruttive

Anomalie correlate: -

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede la costruzione delle volte crollate e del consolidamento delle restanti con materiali FRCM.

LOCALIZZAZIONE



11 B Sconnessioni e rotture

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: elemento connessione verticale

Unità tecnologica: connessione verticale interna

Classe di elemento tecnico: scale

Materiale interessato: serizzo bocciardato

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: cedimento parziale, ma consistente dell'elemento interno che collega il piano terra al primo piano

Descrizione patologia: grave alterazione non prevista della staticità della struttura

Diffusione anomalia: visibile solamente nel corpo accessorio esposto a nord

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, infiltrazioni d'acqua, esposizione agli agenti atmosferici, cedimento della copertura

Errori progettuali: mancato intervento nella protezione della zona in seguito al crollo della copertura

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, crollo della copertura

Conseguenze indirette: collasso delle strutture portanti non ancora cedute

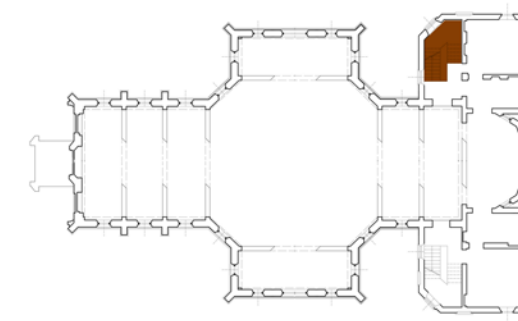
Indagini supplementari: ulteriori cedimenti

Anomalie correlate: -

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede la demolizione delle scale e del muro interno adiacente.

LOCALIZZAZIONE



11 C Sconnessioni e rotture

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura orizzontale

Unità tecnologica: solaio interpiano

Classe di elemento tecnico: solaio interpiano in mattoni forati

Materiale interessato: mattoni forati

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: cedimenti e collassi del solaio interpiano del corpo accessorio esposto a nord

Descrizione patologia: grave alterazione non prevista della staticità della struttura

Diffusione anomalia: si presenta nel corpo accessorio retrostante esposto a nord

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, infiltrazioni d'acqua, esposizione agli agenti atmosferici

Errori progettuali: mancata manutenzione

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, mancata ultimazione dell'opera, sconnessioni e rotture della copertura

Conseguenze indirette: collasso dell'intero corpo accessorio

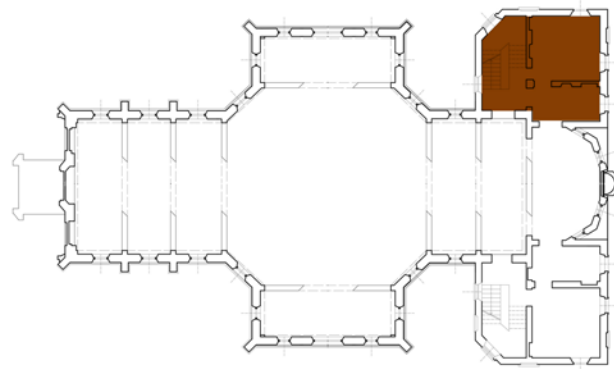
Indagini supplementari: indagini strutturali, prove non distruttive

Anomalie correlate: -

IPOTESI DI INTERVENTO:

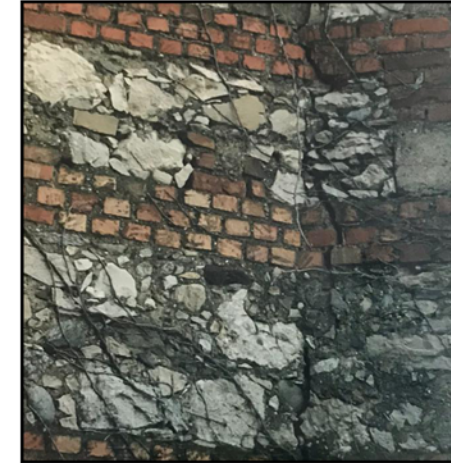
Si prevede la costruzione del solaio.

LOCALIZZAZIONE



12 Fratturazione

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale

Unità tecnologica: contrafforte - parete perimetrale portante

Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietra

Materiale interessato: strato della muratura portante

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: lesioni diffuse lungo tutti i contrafforti dell'edificio

Descrizione patologia: Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti. (cer.) Nel caso di fratturazione incompleta e senza frammentazione del manufatto si utilizza il termine cricca o, nel rivestimento vetroso, il termine cavillo. (UNI 11182)

Diffusione anomalia: diffusa lungo tutti i contrafforti

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancanza di manutenzione, umidità, infiltrazioni d'acqua

Errori progettuali: errato calcolo dei carichi, scelta del materiale non adeguata

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione

Conseguenze indirette: cedimenti

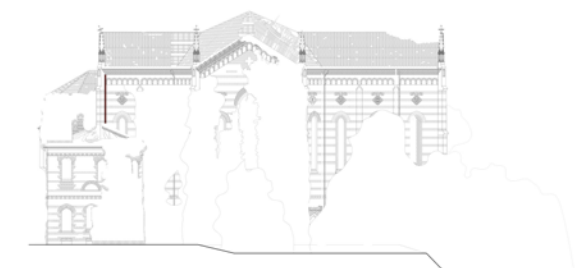
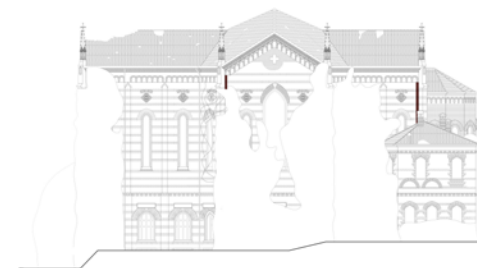
Indagini supplementari: indagini strutturali, prove non distruttive

Anomalie correlate: -

IPOTESI DI INTERVENTO:

Pulitura a secco, riparazione delle fratturazioni tramite iniezioni. Si procede ad una pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole e getti di aria compressa a bassa pressione in modo da eliminare eventuali polveri e detriti rimasti, se necessario procedere anche all'idrolavaggio. Ad asciugatura avvenuta, si riparano le fratturazioni mediante l'applicazione di materiali FRCM.

LOCALIZZAZIONE



13 Mancanza serramenti

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura trasparente verticale

Unità tecnologica: finestra

Classe di elemento tecnico: finestra

Materiale interessato: -

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: assenza dei serramenti

Descrizione patologia: -

Diffusione anomalia: tutte le finestre dell'edificio sono sprovviste di serramenti ad eccezione di quelle del piano terra

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata ultimazione dell'opera

Errori progettuali: mancata manutenzione

Situazioni aggravanti: -

Conseguenze indirette: esposizione agente atmosferici, aumento del degrado

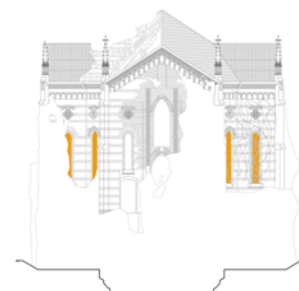
Indagini supplementari: -

Anomalie correlate: -

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede il posizionamento di serramenti adeguati a tutte le aperture dell'edificio eliminando la muratura delle finestre dove necessario.

LOCALIZZAZIONE



14 Mancanza piano di calpestio

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura orizzontale

Unità tecnologica: solaio interpiano

Classe di elemento tecnico: solaio interno interpiano

Materiale interessato: -

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: non è presente il piano di calpestio al primo piano. E' ancora possibile vedere l'estradosso delle volte

Descrizione patologia: mancanza delle superfici delle pavimentazioni dell'ambiente interno dell'edificio al primo piano

Diffusione anomalia: primo piano

Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata ultimazione dell'opera

Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera

Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione

Conseguenze indirette: cedimenti

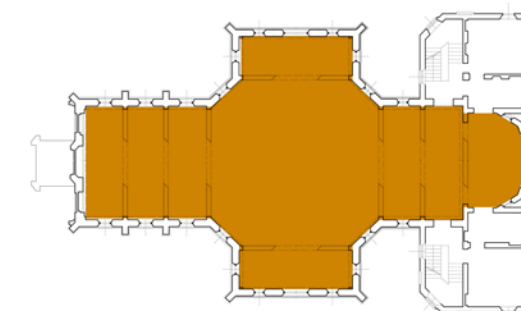
Indagini supplementari: indagini strutturali, prove non distruttive

Anomalie correlate: -

IPOTESI DI INTERVENTO:

Costruzione del nuovo solaio dopo aver rinforzato con materiali FRCM la struttura esistente.

LOCALIZZAZIONE



15 Mancanza

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA
Classe unità tecnologica: -
Unità tecnologica: -
Classe di elemento tecnico: pinnacolo
Materiale interessato: calcestruzzo

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: assenza di una parte terminale del pinnacolo
Descrizione patologia: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.) (UNI 11182).
Diffusione anomalia: presente su due pinnacoli, uno sul prospetto nord e uno sul prospetto sud
Stato di progressione: fenomeno terminato

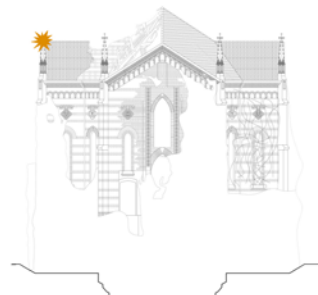
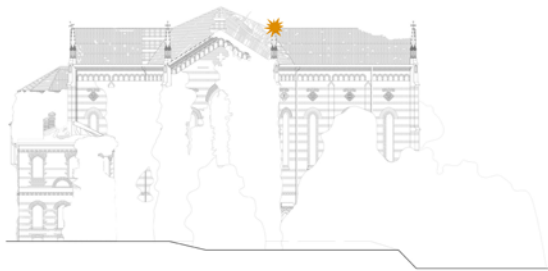
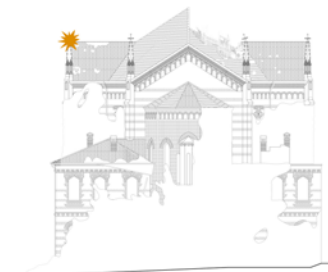
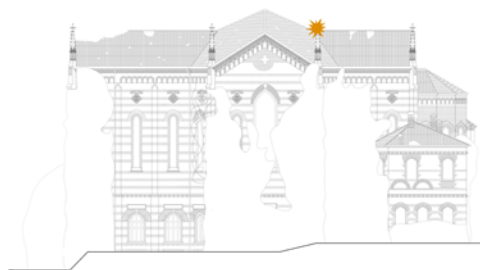
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata manutenzione, esposizione agenti atmosferici, urto con corpi estranei
Errori progettuali: scelta non idonea del materiale
Situazioni aggravanti: cicli di gelo e disgelo, pioggia battente, mancata manutenzione
Conseguenze indirette: aumento del degrado, propagazione della mancanza
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: distacco intonaco, disgregamento parziale e asportazione di malta

IPOTESI DI INTERVENTO:

Si prevede il rinforzo con materiale FRCM e la costruzione della parte crollata.

LOCALIZZAZIONE



15 A Mancanza

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA
Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete verticale non portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura
Materiale interessato: strato della muratura

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: mancanza di alcuni mattoni che formano la parete
Descrizione patologia: perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.) (UNI 11182).
Diffusione anomalia: si presenta in modo localizzato sulla parete esterna dell'abside
Stato di progressione: fenomeno terminato

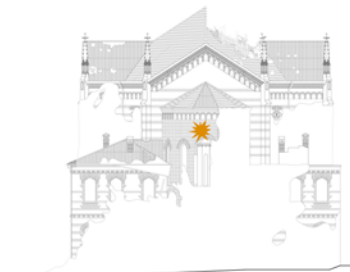
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata ultimazione dell'opera, esposizione agenti atmosferici, cicli di gelo e disgelo
Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione
Conseguenze indirette: modifica dell'aspetto estetico della facciata, riduzione capacità portante della parete
Indagini supplementari: indagini strutturali, prove non distruttive
Anomalie correlate: distacco intonaco, disgregamento parziale e asportazione di malta

IPOTESI DI INTERVENTO:

Asportazione degli elementi danneggiati. La rimozione dei residui dovrà avvenire in modo rispettoso e prudente, mediante scalpelli e pennelli di piccole dimensioni, prestando particolare attenzione a non intaccare il supporto. Si procede ad una pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole e getti d'aria compressa a bassa pressione in modo da eliminare eventuali polveri e detriti rimasti. Si conclude con il ripristino degli elementi murari.

LOCALIZZAZIONE



16 Deposito polverulento

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre
Materiale interessato: strato dellammuratura, intonaco e calcestruzzo

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: accumulo di materiali estranei sulla muratura
Descrizione patologia: accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spesso variabile e, generalmente, scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante (UNI11182).
Diffusione anomalia: diffusa su tutte le chiusure verticali
Stato di progressione: fenomeno in atto

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata manutenzione, esposizione agenti atmosferici
Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera
Situazioni aggravanti: presenza di uccelli all'interno della struttura, disgregamento di altri elementi
Conseguenze indirette: aumento del degrado, propagazione del deposito
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: distacco intonaco, disgregamento parziale e asportazione di malta, deposito organico, deposito di calcestruzzo

IPOTESI DI INTERVENTO:

Pulitura con spazzole di saggina ed abbondante lavaggio con acqua detergente.

LOCALIZZAZIONE



17 Deposito calcestruzzo

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura
Materiale interessato: strato della muratura

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: presenza di ampie zone di deposito
Descrizione patologia: accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spesso variabile e, generalmente, scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante (UNI11182).
Diffusione anomalia: si presenta in modo diffuso specialmente nella parte sottostante dei davanzali delle finestre interne
Stato di progressione: fenomeno in atto

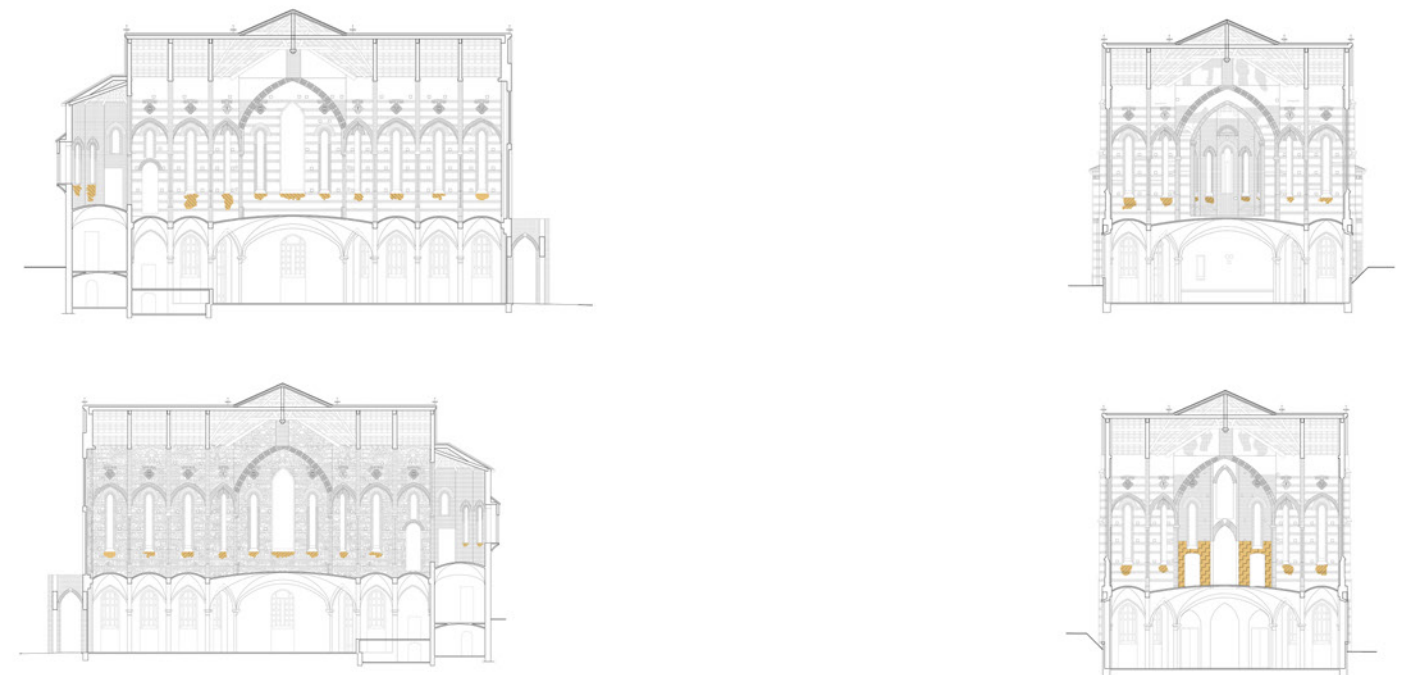
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata ultimazione dell'opera, esposizione agenti atmosferici, mancata manutenzione
Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione
Conseguenze indirette: modifica dell'aspetto estetico della facciata
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: deposito polverulento

IPOTESI DI INTERVENTO:

Pulitura manuale con spatola e raschietti di acciaio per depositi di calcestruzzi più compatti. Pulitura con solventi a base di benzene e abbondante lavaggio con acqua detergente per gli altri depositi.

LOCALIZZAZIONE



18 Deposito organico

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura orizzontale
Unità tecnologica: solaio interpiano
Classe di elemento tecnico: solaio interpiano in mattoni forati
Materiale interessato: mattoni forati

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: accumulo di materiali estranei sul solaio
Descrizione patologia: accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spesso variabile e, generalmente, scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante (UNI11182).
Diffusione anomalia: diffusa su tutta l'estensione del solaio
Stato di progressione: fenomeno in atto

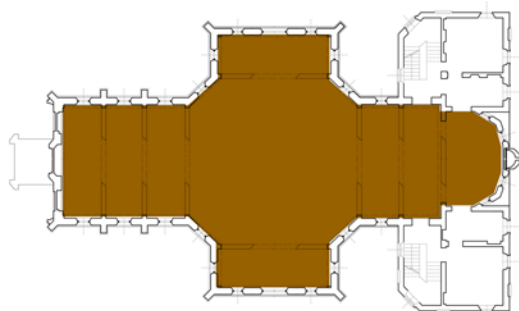
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata manutenzione, dissesto della copertura, esposizione agli agenti atmosferici
Errori progettuali: mancata ultimazione del solaio e dell'opera
Situazioni aggravanti: presenza di uccelli all'interno della struttura, presenza di microorganismi
Conseguenze indirette: aumento del degrado, propagazione del deposito, aumento del peso sulla struttura sottostante
Indagini supplementari: indagini strutturali, prove non distruttive
Anomalie correlate: deposito polverulento, deposito di calcestruzzo

IPOTESI DI INTERVENTO:

Estirpare l'eventuale flora o microflora presente ed effettuare una pulitura con spazzole di saggina ed abbondante lavaggio con acqua detergente.

LOCALIZZAZIONE



19 Tamponamenti

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: chiusura trasparente verticale
Classe di elemento tecnico: finestra
Materiale interessato: -

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: presenza di numerose finestre murate
Descrizione patologia: occlusione provvisoria di un'apertura
Diffusione anomalia: si presenta in modo totale sul lato ovest dell'edificio e in modo puntuale sui restanti prospetti
Stato di progressione: fenomeno terminato

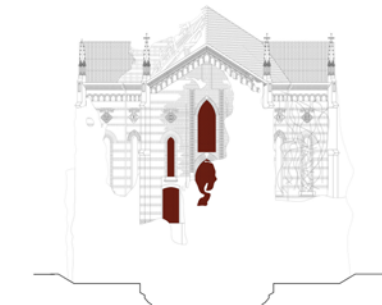
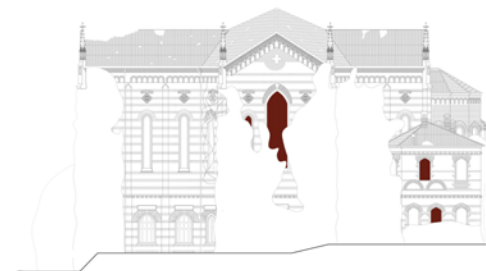
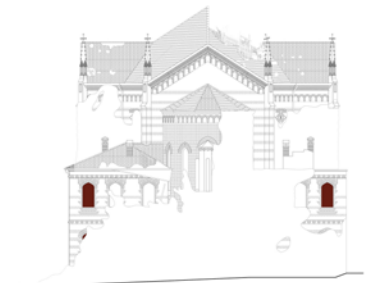
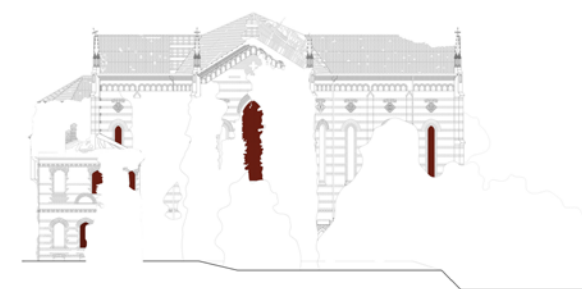
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata ultimazione dell'opera
Errori progettuali: mancata ultimazione dell'opera
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione
Conseguenze indirette: modifica dell'aspetto estetico della facciata
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: mancanza dei serramenti

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione dei tamponamenti e posizionamento di serramenti adeguati.

LOCALIZZAZIONE



20 Graffiti

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre, rivestita in intonaco
Materiale interessato: intonaco

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: presenza di graffiti
Descrizione patologica: apposizione indesiderata sulla superficie di vernici colorate. (UNI11182)
Diffusione anomalia: diffusa sulle chiusure verticali dei corpi accessori antistanti
Stato di progressione: fenomeno in atto

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: mancata manutenzione e sorveglianza
Errori progettuali: -
Situazioni aggravanti: stato di abbandono dell'immobile
Conseguenze indirette: aumento del degrado, alterazione dell'impatto estetico della struttura
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: alterazione cromatica

IPOTESI DI INTERVENTO:

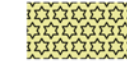
Pulitura superficiale preliminare all'intervento di rimozione effettuata a secco con pennellesse e/o spazzole e quelle con depositi superficiali parzialmente aderenti con acqua demineralizzata, bicioda, spruzzatori, pennellesse e/o spazzole, spugne. Preconsolidamento al fine di poter effettuare la rimozione del graffito attraverso solventi addensanti. Pulitura superficiale preliminare alla stesura antigraffiti e riduzione dell'interferenza visiva del supporto.

LOCALIZZAZIONE



21 Lacuna

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre
Materiale interessato: strato della muratura

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: distacco di parti di intonaco e malta
Descrizione patologica: perdita di continuità di superfici (parte di un intonaco e di un dipinto, porzione di impasto o di rivestimento ceramico, tessere di mosaico, ecc.) (UNI11182).
Diffusione anomalia: si presenta in modo diffuso lungo tutto il perimetro del muro divisorio
Stato di progressione: fenomeno in atto

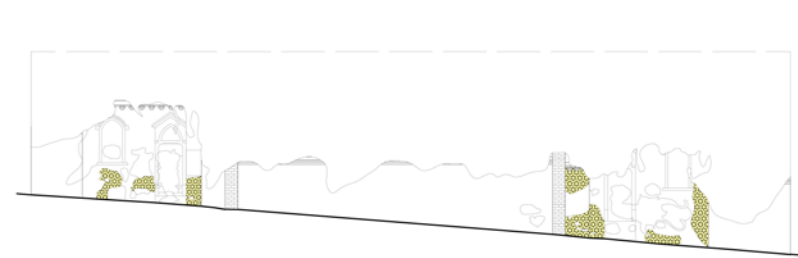
CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: esposizione agenti atmosferici, risalita capillare causa di penetrazione di umidità
Errori progettuali: errata preparazione dei materiali di finitura, mancanza di manutenzione
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione, passaggio di mezzi a causa della presenza della strada adiacente
Conseguenze indirette: modifica dell'aspetto estetico della facciata, formazione di microflora, muschi e licheni
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: presenza di vegetazione, microflora

IPOTESI DI INTERVENTO:

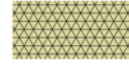
Asportazione dei residui, pulitura a secco e posa del nuovo strato di finitura. La rimozione dei residui dovrà eseguirsi con cautela, mediante pennelli di piccole dimensioni, prestando particolare attenzione a non intaccare il supporto. Si procede ad una pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole e getti di aria compressa a bassa pressione in modo da eliminare eventuali polveri e detriti rimasti. Si conclude con il rifacimento della finitura.

LOCALIZZAZIONE



22 Rappezzo incongruo

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: chiusura verticale
Unità tecnologica: parete perimetrale portante
Classe di elemento tecnico: parete verticale in muratura e pietre
Materiale interessato: strato della muratura portante

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

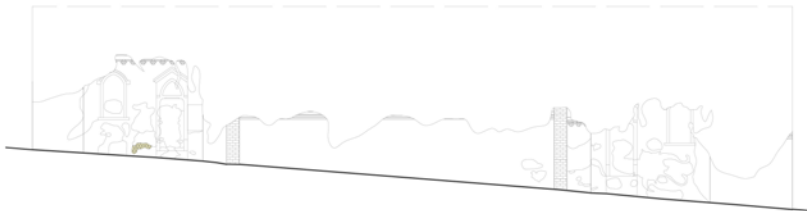
Anomalia visibile: aggiunta successiva di materiale che non si rapporta in modo omogeneo e coerente con il resto dello strato
Descrizione patologia: rappezzo o ricucitura eseguiti con materiale incongruo o non compatibile che risulta non coerente con il materiale limitrofo. (UNI11182).
Diffusione anomalia: impossibile da analizzare
Stato di progressione: fenomeno terminato

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: manutenzione poco efficiente, mancata sorveglianza
Errori progettuali: intervento antropico e scelta errata del materiale
Situazioni aggravanti: alterazione impatto estetico
Conseguenze indirette: -
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: alterazione cromatica

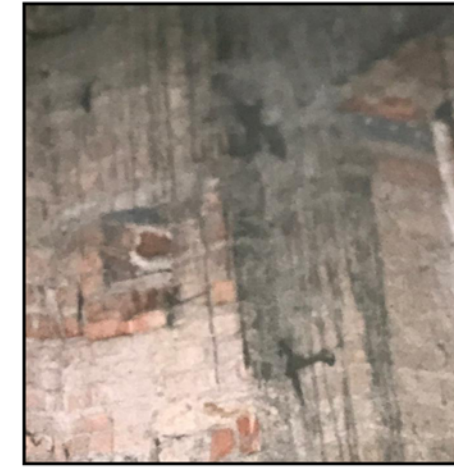
IPOTESI DI INTERVENTO:

Asportazione dei rappezzi incongrui. Consolidamento e sigillatura delle fessure, pulitura a secco.



23 Colatura

RILIEVO DEL DEGRADO



DESCRIZIONE TECNICA

Classe unità tecnologica: impossibile da localizzare
Unità tecnologica: impossibile da localizzare
Classe di elemento tecnico: impossibile da localizzare
Materiale interessato: muratura, mattoni

LOCALIZZAZIONE DEL FENOMENO

Anomalia visibile: strisce di colore grigiastro ad andamento verticale
Descrizione patologia: traccia ad andamento verticale. Frequentemente se ne riscontrano numerose ad andamento parallelo. (UNI11182).
Diffusione anomalia: impossibile da analizzare
Stato di progressione: fenomeno in atto

CAUSE ED EFFETTI

Possibili cause del fenomeno: reazione chimica
Errori progettuali: errata preparazione dei materiali di finitura, mancanza di manutenzione
Situazioni aggravanti: mancanza di manutenzione
Conseguenze indirette: modifica dell'aspetto estetico della facciata
Indagini supplementari: -
Anomalie correlate: alterazione cromatica

IPOTESI DI INTERVENTO:

Rimozione dello strato degradato, pulitura a secco, consolidamento e posa del nuovo strato di finitura. La rimozione dello strato di finitura dovrà effettuarsi in modo rispettoso e prudente, mediante un martello elettrico oppure scalpelli di piccole dimensioni. Si procede ad una pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole e getti di aria compressa a bassa pressione in modo da eliminare eventuali polveri e detriti rimasti

INDICE DELLE FIGURE

CAPITOLO 1

Figura 1.1: localizzazione della città di Merate e dei suoi Comuni adiacenti. Scala 1:20000	21
Figura 1.2: il lago di Sartirana, foto dell'autrice	22
Figura 1.3: foto storica del borgo di Merate. "La Torre" in primo piano e in lontananza Montevecchia. Autore sconosciuto, data sconosciuta	22
Figura 1.4: studio della mobilità all'interno del Comune. Scala 1:20000	23
Figura 1.5: reti di collegamento fra gli aeroporti, le maggiori città della regione e Merate. Fuori scala	24
Figura 1.6: studio della mobilità pubblica all'interno del Comune. Scala 1:20000	24
Figura 1.7: Piazza Giulio Prinetti, Merate. Anno 1908, autore sconosciuto	27
Figura 1.8: Chiesa di Sant'Ambrogio, Merate. Anno 1902, autore sconosciuto	27
Figura 1.9: corografia del 1831 redatta dall'Ing. Beretta, Archivio del Comune di Merate	28
Figura 1.10: progetto di massima per l'allargamento di Merate al suo centro, Ing. Carlo Bonomi, scala 1:100, 4 maggio 1888, Archivio del Comune di Merate.	29
Figura 1.11: progetto di massima per l'allargamento di Merate al suo centro, Ing. Carlo Bonomi, scala 1:100, 4 maggio 1888, Archivio del Comune di Merate.	29
Figura 1.12: il Comune di Merate, Catasto Teresiano, 1722, Archivio di Stato di Como	30
Figura 1.13: il Comune di Merate, Catasto Teresiano, 1722, Archivio di Stato di Como	31
Figura 1.14: il Comune di Merate, Cessato Catasto, 1857-1903, Archivio di Stato di Como	31
Figura 1.15: il Comune di Merate, Cessato Catasto, aggiornamento del 1898, Archivio di Stato di Como	32
Figura 1.16 : il lotto di progetto (n°98), Cessato Catasto aggiornato in data 1898, Archivio di Stato di Como	33
Figura 1.17: il lotto di progetto (n°98), Cessato Catasto, 1903, Archivio di Stato di Como	33
Figura 1.18: vista aerea della Villa Subaglio reperita dal sito ufficiale	34
Figura 1.19: Villa Belgiojoso, foto reperita dal sito beni culturali Lombardia	34
Figura 1.20: Piazza Prinetti a Merate, 1908, autore sconosciuto	35
Figura 1.21: la chiesa San Pietro Apostolo di Mario Botta, foto reperita dal sito ufficiale botta.ch/it	35
Figura 1.22: studio dell'evoluzione del costruito all'interno del Comune. Scala 1:20000	36-37
Figura 1.23: studio del verde all'interno del Comune. Scala 1:20000	37
Figura 1.24: i confini del lotto di progetto e la fascia cimiteriale. Scala 1:25000	38
Figura 1.25: localizzazione del lotto di progetto. Scala 1:2500	40
Figura 1.26: vista sud-est aerea del lotto effettuate con un drone, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020	41
Figura 1.27: vista nord aerea del lotto effettuate con un drone, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020	41
Figura 1.28: studio dei flussi e delle vie di accesso. Scala 1:2500	42
Figura 1.29: studio delle funzioni. Scala 1:2500	43
Figura 1.30: vista aerea del lotto e di ciò con cui confina. Scala 1:1000	43
Figura 1.31: schema riassuntivo delle forze, debolezze, opportunità e minacce	44

CAPITOLO 2

Figura 2.1: Chiesa dei Santi Gervasio e Protasio a Carpenedo, progettata da Giuseppe Meduna nel 1853 e concluso nel 1857 in stile neogotico, autore sconosciuto	50
Figura 2.2 - 2.3: Palazzo delle Debite, Padova, Camillo Boito, 1874. Foto storiche, autore sconosciuto	50
Figura 2.4: Cimitero Maggiore, Padova, Enrico Holzner, 1882, autore sconosciuto	50
Figura 2.5: Pedrocchino, Padova, Giuseppe Japelli, 1837, autore sconosciuto	50
Figura 2.6: Progetto preliminare per la facciata del Duomo di Milano, Giuseppe Brentano, 1886. Disegno di Giuseppe Brentano	50
Figura 2.7: Municipio di Padova e Caffè Pedrocchi, 1958. Autore: Adriano Daniele	51
Figura 2.8: Scuole elementari reggia carrarese, Padova, Camillo Boito, 1880, autore: Camillo Boito 1883	52
Figura 2.9: "Nuova chiesa parrocchiale in Milano, la Madonna del Buon Consiglio, prospetto dalla piazza San Tommaso, Arch. Ing. Spirito Maria Chiappetta", Archivio Parrocchiale Sant'Ambrogio, Merate	54
Figura 2.10: Cordonature delle volte nella chiesa di S. Camillo de Lellis, Milano, autore sconosciuto	55
Figura 2.11: Schema della pianta della chiesa all'istituto Buon Pastore a Monza	56
Figura 2.12: Chiappetta, pianta S. Camillo de Lellis, Milano, Archivio Beato Angelico, Milano	56
Figura 2.13: Dettaglio di un saliente a risega dell'Oratorio della SS. Maria Immacolata a Merate, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994	57
Figura 2.14: S. Camillo de Lellis, Milano, autore sconosciuto	57
Figura 2.15: Chiappetta, dettaglio di archetti pensili e contrafforte per l'Oratorio SS. Maria Immacolata a Merate, Archivio Beato Angelico, Milano	58
Figura 2.16: Chiesa S. Stefano, Cesano Maderno, realizzata da Chiappetta, autore: beniculturali Lombardia	58
Figura 2.17: Chiappetta, progetto per capitello, matita su carta, Archivio Beato Angelico, Milano	60
Figura 2.18: Chiappetta, particolare delle volte, Cappella dell'istituto delle suore Canossiane (oggi auditorium BCC Treviglio), Treviglio, foto di Francesco Galli	60
Figura 2.19: Chiappetta, particolare di capitello con fiori e passiflora, Santuario Madonna della Guardia, Tortona, foto di Francesco Galli	60
Figura 2.20: Disegno di Chiappetta della Basilica della SS. Immacolata di Merate, Archivio Beato Angelico, Milano	64-65
Figura 2.21: I percorsi mariani in Europa	70
Figura 2.22: I percorsi mariani più conosciuti in Lombardia	71
Figura 2.23: I percorsi mariani più conosciuti in Brianza	71
Figura 2.24: Chiappetta, frazionamento del lotto, scala 1:1000, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	72
Figura 2.25: Chiappetta, schizzo della pianta ed elenco delle diverse funzioni che saranno presenti Archivio Beato Angelico, Milano, 17.03.1905	73
Figura 2.26: Chiappetta, schizzo degli ingombri, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	74
Figura 2.27: Chiappetta, Ipotesi della pianta per l'oratorio e per la chiesa prima che gli venisse richiesto l'allontanamento del fabbricato dal muro di cinta ad est, fuori scala, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	75

Figura 2.28-2.29: Chiappetta, Sezione del salone ubicato al piano terra e pianta con le modifiche richieste: allontanamento del corpo dal muro di cinta con la relativa aggiunta dei due locali in presenza dell'abside, scala 1:100 e 1:200, non datate, Archivio Beato Angelico, Milano	76	Figura 2.55: Foto della Basilica negli anni in cui fu utilizzato il piano terra come oratorio, autore e anno sconosciuti	109
Figura 2.30: Chiappetta, Ipotesi della pianta nel caso di soppressione del passaggio retrostante e costruendo le finestre nel muro di cinta, scala 1:100, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	77	Figura 2.56: Foto del complesso, IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020	109
Figura 2.31: Elia Caversasio, nota dei fondi raccolti per "l'erigendo Oratorio di Merate", datato 1906, Archivio parrocchiale S. Ambrogio, Merate	81	Figura 2.57: S. Cuore, Melfi	112
Figura 2.32 - 2.33: Chiappetta, dettaglio della cornice di gronda e schizzo del campanile che non verrà mai realizzato, scala 1:10 e fuoriscalda, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano	83	Fonte: Monumenti di un pontificato: la città del Vaticano, le chiese, le case parrocchiali, seminari, Roma, "Arte Sacra" Editrice, 1934, p. non numerata. Autore sconosciuto	
Figura 2.34: Chiappetta, disegno della pianta del pian terreno ulteriormente modificata, scala 1:100, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	84	Figura 2.58: S. M. Chiappetta, Nuova Chiesa del S. Cuore di Gesù e casa parrocchiale, Filottaro (AV)	113
Figura 2.35 - 2.36: Chiappetta, dettaglio intelaiatura del tetto dell'abside e della copertura del corpo principale, fuoriscalda, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano	85	Fonte: Monumenti di un pontificato: la città del Vaticano, le chiese, le case parrocchiali, seminari, Roma, "Arte Sacra" Editrice, 1934, p. non numerata. Autore sconosciuto	
Figura 2.37: Chiappetta, disegno con le modifiche alla cappella, scala 1:100, 7.7.1908, Archivio Beato Angelico, Milano	86	Figura 2.59: S. M. Chiappetta, Progetto per la sede delle suore di Notre Dame, Roma, matita su carta, Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano	115
Figura 2.38 - 2.39: Chiappetta, dettaglio della facciata a ovest e sezione degli spazi retrostanti, scala 1:100, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano	87	Figura 2.60: S. M. Chiappetta, Progetto per l'Istituto Vittorio Colonna, Milano. Foto fornita dalla direzione scolastico dell'Istituto	116
Figura 2.40 - 2.41: Chiappetta, dettaglio finestre con architrave con un ingrandimento della croce greca e dettaglio dei pinnacoli, scala al vero e scala 1:10, non datate, Archivio Beato Angelico, Milano	89	Figura 2.61: S.M. Chiappetta, Progetto per la sede della Società editrice libraria, Milano. Inchiostro su carta. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano	117
Figura 2.42: Chiappetta, disegno delle finestre laterali in scala 1:10 con dettaglio al vero e portina esterna con dettaglio 1:10, 10 gennaio 1913, Archivio Beato Angelico, Milano	91	Figura 2.62: S.M. Chiappetta, Progetto per l'essedra di ingresso di Villa Gallerani, Carugate, china su lucido. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano	118
Figura 2.43: Chiappetta, disegni delle cancellate in ferro, fuori scala, non datati, Archivio Beato Angelico, Milano	93	Figura 2.63: S.M. Chiappetta, Disegno di stalla e rustico, Castelveltro di Modena, matita su carta. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano	119
Figura 2.44: Chiappetta, prospetto del palcoscenico, scala 1:20, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano	94	Figura 2.64: S.M. Chiappetta, Disegno di stalla e rustico, Castelveltro di Modena, matita su carta. Archivio Chiappetta, Scuola Beato Angelico, Milano	119
Figura 2.45: Chiappetta, disegno della pianta finale, scala 1:100, non datata. Archivio Beato Angelico, Milano	96	Figura 2.65: S. M. Chiappetta, Cappella Chiappetta. Cimitero di Imberido. Foto di F. Galli	122
Figura 2.46: Chiappetta, sezione, scala 1:100, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	96	Figura 2.66: S. M. Chiappetta, Cappella Campiglio. Cimitero Monumentale di Milano. Foto di F. Galli	122
Figura 2.47: Chiappetta, sezione longitudinale, scala 1:100, non datata, Archivio Beato Angelico, Milano	97		
Figura 2.48: Chiappetta, schizzo della facciata, fuori scala, non datato, Archivio Beato Angelico, Milano	97		
Figura 2.49: Chiappetta, dettaglio scalette di accesso al sotterraneo e dettaglio della rampa in facciata, scala 1:100, non datati. Archivio Beato Angelico, Milano	97		
Figura 2.50: Timeline del processo costruttivo	98		
Figura 2.51: I diversi cambiamenti effettuati al progetto nei diversi anni	100		
Figura 2.52: Le ditte meratesi che hanno partecipato al processo costruttivo	102		
Figura 2.53: Le ditte brianzole che hanno partecipato al processo costruttivo	104		
Figura 2.54: La provenienza di una parte dei materiali utilizzati nella costruzione	105		

CAPITOLO 3

<i>Figura 3.1: Rilievo geometrico dell'interrato e dei corpi accessori. Scala 1:200</i>	127	<i>Figura 3.32: l'intelaiatura e i tiranti metallici, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	139
<i>Figura 3.2: Rilievo geometrico del piano terra. Scala 1:200</i>	127	<i>Figura 3.33: l'intelaiatura e il tirante, foto dell'Arch. Paolo Gatti 1994</i>	140
<i>Figura 3.3: Rilievo geometrico del primo piano. Scala 1:200</i>	128	<i>Figura 3.34: la copertura lignea e gli archivolti, foto di Pesce Ilaria e Rurali Teresa, 1998</i>	140
<i>Figura 3.4: Foto aerea della copertura dell'immobile. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	129	<i>Figura 3.35: l'intelaiatura lignea stando ai rilievi del 1994</i>	140
<i>Figura 3.5: Foto radrizzamento della facciata nord, foto dell'autrice</i>	129	<i>Figura 3.36: l'abside, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	140
<i>Figura 3.6: Vista attraverso il cedimento della copertura del primo piano. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	130	<i>Figura 3.37: uno dei pinnacoli esposto a sud, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	141
<i>Figura 3.7: Vista aerea del corpo retrostante esposto a nord. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	130	<i>Figura 3.38: una delle poche parti visibili dei corpi accessori di Via Baslini, foto dell'autrice, novembre 2020</i>	141
<i>Figura 3.8: Vista attraverso il cedimento della copertura ad ovest dell'interno. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	130	<i>Figura 3.39: l'abaco dei materiali</i>	142
<i>Figura 3.9: Facciata nord-ovest del complesso. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	131	<i>Figura 3.40: prospetto materico nord, scala 1:200</i>	143
<i>Figura 3.10: Facciata nord-est del complesso. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	131	<i>Figura 3.41: prospetto materico est e ovest, scala 1:200</i>	143
<i>Figura 3.11 - 3.12: Facciata sud e facciata est dell'immobile. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	131	<i>Figura 3.42: prospetto materico dei corpi accessori di Via Baslini, scala 1:100</i>	144
<i>Figura 3.13: Particolare della facciata est rivestita parzialmente con intonaco. Foto IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020.</i>	132	<i>Figura 3.43: sezione materica nord, scala 1:200</i>	144
<i>Figura 3.14: Particolare dell'edificio dove è chiaramente visibile la composizione materica muraria. Foto dell' Arch. Paolo Gatti, 1994.</i>	132	<i>Figura 3.44: rilievo del degrado, prospetto nord, scala 1:200</i>	145
<i>Figura 3.15: Particolare delle finestre del piano terra, foto dell' Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	133	<i>Figura 3.45: abaco del degrado</i>	146
<i>Figura 3.16: Particolare delle finestre del primo piano, foto dell' Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	133	<i>Figura 3.46: rilievo del degrado, sezione sud, scala 1:200</i>	146
<i>Figura 3.17: La facciata ovest, foto IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	133	<i>Figura 3.47: i pacchetti tecnologici, scala 1:10</i>	147
<i>Figura 3.18: Particolare del corpo accessorio esposto a nord, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	134		
<i>Figura 3.19: Vista sud- est del complesso. In evidenza in corpi accessori retrostanti e l'abside. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	134		
<i>Figura 3.20: Vista aereo della parte completamente crollata. Foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	135		
<i>Figura 3.21: Vista interna delle scale in serizzo bocciardato. Foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	136		
<i>Figura 3.22: Vista interna delle scale ormai crollate. Foto dell' Ing. Lorenzo Jurina, 2011</i>	136		
<i>Figura 3.23: Vista sulle scale, foto di IMS Droni: Alessio Villa, novembre 2020</i>	136		
<i>Figura 3.24: Particolare delle volte cedute del primo piano, foto dell'Arch. Paolo Gatti, 1994</i>	137		
<i>Figura 3.25: Il primo piano, foto dell' Ing Lorenzo Jurina, 2011</i>	137		
<i>Figura 3.26: Il piano terra, foto di Pesce Ilaria e Rurali Serena, 1998</i>	137		
<i>Figura 3.27: Il piano terra, autore e data sconosciuti</i>	137		
<i>Figura 3.28: schema delle diverse tipologie di coperture</i>	138		
<i>Figura 3.29 : gli archivolti, foto di Pesce Ilaria e Rurali Teresa, 1998</i>	138		
<i>Figura 3.30: foto e autore sconosciuti</i>	138		
<i>Figura 3.31 : l'intelaiatura e la capriata centrale, foto di Pesce Ilaria e Rurali Teresa, 1998</i>	139		

CAPITOLO 4

<i>Figura 4.1 - 4.2: gli interventi effettuati. Le demolizioni e le nuove costruzioni</i>	153-154
<i>Figura 4.3: grafici estrapolati dal questionario</i>	155
<i>Figura 4.4: flussi degli studenti</i>	155
<i>Figura 4.5: venditore ambulante di fiori davanti alla Basilica. Foto dell'autrice</i>	156
<i>Figura 4.6: masterplan di progetto. Scala 1:500</i>	157
<i>Figura 4.7: logo del progetto</i>	158
<i>Figura 4.8: restituzione grafica del concept</i>	159
<i>Figura 4.9: vista interna dello spazio del piano terra</i>	161
<i>Figura 4.10: vision dell'area ristoro presente al piano terra</i>	161
<i>Figura 4.11: vision della rampa e del palcoscenico presenti al piano terra</i>	161
<i>Figura 4.12: alcune delle conformazioni possibili del primo e del secondo piano dell'unità ottagonale</i>	162
<i>Figura 4.13: organigramma: organizzazione degli spazi interni e delle funzioni presenti</i>	163
<i>Figura 4.14: prospetto interno delle unità. Scala 1:200</i>	164
<i>Figura 4.15: sezione interna verso nord. Scala 1:200</i>	165
<i>Figura 4.16: pianta del primo piano. Scala 1:150</i>	165
<i>Figura 4.17: vista interna del primo piano dalla copertura dell'unità ovest dando le spalle al campanile</i>	166
<i>Figura 4.18: vista interna del primo piano dallo spazio centrale</i>	168
<i>Figura 4.19: preventivo per la realizzazione della pavimentazione, Merate 19 maggio 1916, Archivio Beato Angelico, Milano</i>	170
<i>Figura 4.20 - 4.21 - 4.22: studio illuminotecnico: l'illuminanza. Fuori scala</i>	173-174-175
<i>Figura 4.23: studio illuminotecnico: FLDm. Fuori scala</i>	176
<i>Figura 4.24: schematic design 21 dicembre</i>	179
<i>Figura 4.25: schematic design 21 giugno</i>	179
<i>Figura 4.26 schema riassuntivo delle strategie adottate</i>	180
<i>Figura 4.27: curva ideale del benessere termico su 3 m</i>	180
<i>Figura 4.28: studio dell'accessibilità</i>	182

CAPITOLO 5

<i>Figura 5.1: lamiera grecata dimensionata</i>	190
<i>Figura 5.2: caratteristiche della lamiera 75/P 760 HI-BOND</i>	191
<i>Figura 5.3: trave secondaria dimensionata e schema di carico statico della trave secondaria</i>	194
<i>Figura 5.4: trave principale dimensionata e schema di carico statico della trave</i>	201
<i>Figura 5.5: l'abbassamento finale ottenuto attraverso il software ftool</i>	205
<i>Figura 5.6: la trave della passerella centrale</i>	205
<i>Figura 5.7: trave principale dimensionata e schema di carico statico della trave</i>	206
<i>Figura 5.8: schema di carico, diagramma del taglio e del momento effettuati con il software ftool</i>	208
<i>Figura 5.9 - 5.10: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool</i>	210
<i>Figura 5.11: schema dei pilastri analizzati</i>	211
<i>Figura 5.12 - 5.31: tabella che riporta le diverse curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi</i>	214
<i>Figura 5.13: area considerata per l'analisi dei carichi</i>	216
<i>Figura 5.14: trave considerata per il dimensionamento</i>	222
<i>Figura 5.15: schema di carico, diagramma del taglio e del momento della trave effettuati con il software ftool</i>	223
<i>Figura 5.16: schema di carico per la trave secondaria del graticcio in corrispondenza dell'unità ovest</i>	225
<i>Figura 5.17: schema di carico per la trave secondaria del graticcio in corrispondenza dell'unità est</i>	225
<i>Figura 5.18: schema della trave reticolare dimensionata. In rosso i pilastri del piano superiore che cadono sulle travi secondarie del graticcio e sulle reticolari</i>	226
<i>Figura 5.19: trave reticolare in corrispondenza dell'ottagono al primo piano</i>	226
<i>Figura 5.20: schema di carico e diagramma degli sforzi assiali</i>	227
<i>Figura 5.21: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool</i>	232
<i>Figura 5.22: schema di carico e diagramma degli sforzi assiali</i>	233
<i>Figura 5.23: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool</i>	234
<i>Figura 5.24: schema di carico e diagramma degli sforzi assiali</i>	235
<i>Figura 5.25: l'abbassamento della trave ottenuto con il software ftool</i>	235
<i>Figura 5.26: area considerata per l'analisi dei carichi e trave dimensionata</i>	236
<i>Figura 5.27: schema di carico e diagramma del taglio e del momento</i>	237
<i>Figura 5.28: trave primaria dimensionata</i>	239
<i>Figura 5.29: schema di carico e diagrammi del taglio e del momento</i>	239
<i>Figura 5.30: schema dei pilastri analizzati</i>	241
<i>Figura 5.32: Sezioni strutturali del padiglione, foto di Tetsuo Kondo Architects, Ken'ichi Suzuki, Yasuhiro Takagi</i>	245
<i>Figura 5.33: vista esterna, foto di Tetsuo Kondo Architects, Ken'ichi Suzuki, Yasuhiro Takagi</i>	245
<i>Figura 5.34: vista esterna, foto di Tetsuo Kondo Architects, Ken'ichi Suzuki, Yasuhiro Takagi</i>	246
<i>Figura 5.35: zone di carico della neve</i>	247

Figura 5.36: schema di riferimento per coperture a doppia falda	252
Figura 5.37: struttura della capriata centrale. Evidenziate le terzere di cornice	255
Figura 5.38: struttura finale dell'intelaiatura centrale	255
Figura 5.39: schema di carico, diagramma del taglio, del momento e delle deformazioni finali	260
Figura 5.40: struttura finale dell'intelaiatura centrale. Evidenziate le terzere centrali e finali	262
Figura 5.41: schema di carico, diagramma del taglio e del momento	263
Figura 5.42: struttura finale dell'intelaiatura centrale. Evidenziati i puntoni centrali	266
Figura 5.43: schema di carico e diagramma del taglio	267
Figura 5.44: diagramma del taglio e delle deformazioni finali	268

CAPITOLO 6

Figura 6.1: caso di un ribaltamento semplice. Foto da MEDEA - Papa e Zuccaro, 2011.	272
Figura 6.2: caso di un ribaltamento semplice di una parete monolitica. Foto: Arch. Fot. Vice Comm. Del. Beni Culturali - Sisma Abruzzo 2009	272
Figura 6.3: definizione di "warp" e "werf" su reti d 70 x 70 mm ² . Foto da Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., <i>Mechanical Behaviour of TRC Composites: Experimental and Analytical Approaches</i> , 2019	274
Figura 6.4: rete AR0590AT	275
Figura 6.5: rete AR0355AT	275
Figura 6.6: rete AR0590AT	275
Figura 6.7: curva carico P – spostamento δ per conglomerati fibrorinforzati caratterizzati da basse percentuali di fibre. Foto: CNR.	278
Figura 6.8: curva carico P – spostamento δ per conglomerati fibrorinforzati caratterizzati da alte percentuali di fibre. Foto: CNR.	278
Figura 6.9: legame costitutivo tipo trazione uniassiale di un provino FRCCM. Foto da Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale, <i>Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti</i> , 2018	280
Figura 6.10: i casseri costituiti da una lastra di plexiglass e da listelli in acciaio	281
Figura 6.11: fase di getto terminata. Provini coperti con telo di celofan	281
Figura 6.12: pressa elettro-meccanica INSTRON	283
Figura 6.13: prova di trazione su un provino	283
Figura 6.14: foto dei provini A-N1, A-N2 e A-N3 e della rete AR0590AT	289
Figura 6.15: foto dei provini B-N1, B-N2 e B-N3 e della rete AR0590AT	293
Figura 6.16: foto dei provini C-N1, C-N2 e C-N3 e della rete AR0590AT	297
Figura 6.17: foto dei provini D-N1, D-N2 e D-N3 e della rete AR0590AT	301
Figura 6.18: foto dei provini E-N1, E-N2 e E-N3 e della rete AR0590AT	306
Figura 6.19: foto dei provini F-N1, E-N2 e E-N3 e della rete AR0590AT	310
Figura 6.20 - 6.21: le fratturazioni presenti sui contrafforti in corrispondenza delle intersezioni murarie	316
Figura 6.22 - 6.23 - 6.24: ribaltamento semplice, flessione di parete e ribaltamento di parete nella parte alta	316
Figura 6.22: meccanismo di ribaltamento semplice della facciata ovest	317
Figura 6.25: geometrie di progetto	325
Figura 6.26: schema delle forze in gioco per il meccanismo di ribaltamento semplice della parete	325
Figura 6.27: le fasce di FRCCM da applicare per contrastare il meccanismo di ribaltamento semplice	328
Figura 6.23: meccanismo di flessione della facciata ovest	329
Figura 6.28: schema delle forze in gioco per il meccanismo di flessione della parete	330
Figura 6.29: le forze che contribuiscono al momento ribaltante e al momento stabilizzante	330
Figura 6.30: le fasce di FRCCM da applicare per contrastare il meccanismo di flessione della parete	335

<i>Figura 6.30: le fasce di FRM da applicare per contrastare il meccanismo di flessione della parete</i>	335
<i>Figura 6.24: meccanismo di ribaltamento semplice di parete monolitica - parte alta della facciata ovest</i>	336
<i>Figura 6.31: schema delle forze in gioco per il ribaltamento della parte alta di parete</i>	336
<i>Figura 6.32: geometrie di progetto</i>	337
<i>Figura 6.33: la fascia di FRM da applicare per contrastare il meccanismo di ribaltamento della parte alta della parete</i>	340

CAPITOLO 7

<i>Figura 7.1: chiusure orizzontali CO.01 e CO.03</i>	337
<i>Figura 7.2: chiusura orizzontale CO.02 e chiusura orizzontale CV.00</i>	338
<i>Figura 7.3: chiusure verticali CV.00.IMP e PV.01.a.IMP</i>	339
<i>Figura 7.4: chiusura verticale PV.01.a* e partizione diagonale interna P.D.I.00</i>	340
<i>Figura 7.5: chiusura verticale CV.01.a* e CT.01*</i>	341
<i>Figura 7.6: chiusura verticale CV.01.c.IMP e chiusura orizzontale CT.02*</i>	342
<i>Figura 7.7: chiusura verticale CV.02 e chiusura orizzontale CO.05</i>	343
<i>Figura 7.8 : chiusure orizzontali CO.04.IMP e CT.03</i>	344
<i>Figura 7.9: chiusure verticali PV.02, PV.03 e partizione diagonale interna P.D.I.01</i>	345
<i>Figura 7.10 : chiusure orizzontali CO.06 e CO.07</i>	346
<i>Figura 7.11: blow up sull'unità ottagonale</i>	347
<i>Figura 7.12: nodo NV.01 - copertura lignea e tiburio</i>	348
<i>Figura 7.13: nodo NV.02 - copertura dell'unità ottagonale</i>	350
<i>Figura 7.14: nodo NV.03 - copertura praticabile dell'unità ovest</i>	352
<i>Figura 7.15: nodo NV.04 - attacco dell'unità ottagonale</i>	354
<i>Figura 7.16: nodo NV.05 - il cavedio</i>	356

INDICE DELLE TABELLE

CAPITOLO 5

<i>Tabella 5.1 -5.3: tabella che riporta i sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni</i>	187-188
<i>Tabella 5.2: tabella che riporta i sovraccarichi per le categorie d'uso C2</i>	187
<i>Tabella 5.4: tabella che riporta i sovraccarichi per le categorie d'uso H-I-K</i>	188
<i>Tabella 5.5: tabelle che riportano i carichi permanenti non strutturali</i>	189
<i>Tabella 5.6 - 5.53 - 5.116 : tabelle che riportano il riassunto dei carichi permanenti, variabili e il sovraccarico uniformemente distribuito</i>	190- 217-254
<i>Tabella 5.7: tabella che riporta i dati di progetto per il dimensionamento della lamiera grecata</i>	190-207
<i>Tabella 5.8 - 5.33 : tabella che riporta le caratteristiche della lamiera scelta</i>	191
<i>Tabella 5.9: tabella che riporta i valori dei coefficienti di combinazione</i>	192
<i>Tabella 5.10: tabella che riporta i valori dei coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU</i>	193
<i>Tabella 5.11 - 5.26 - 5.32 - 5.65 - 5.88 - 5.94: tabella che riporta le geometrie di progetto</i>	da 194 a 239
<i>Tabella 5.12 - 5.22 - 5.34 - 5.61 - 5.66 -5.90 - 5.126 : tabella che riporta i carichi permanenti strutturali G_1</i>	da 195 a 259
<i>Tabella 5.13 - 5.23 - 5.35 - 5.62 - 5.67 - 5.89 -5.127: tabella che riporta i carichi permanenti non strutturali G_2</i>	da 195 a 259
<i>Tabella 5.14 - 5.24 - 5.36 - 5.63 -5.68 -5.91 - 5.128: tabella che riporta le azioni variabili q_1</i>	da 195 a 259
<i>Tabella 5.15 - 5.37 - 5.48 - 5.64 -5.69 - 5.92 - 5.100 - 5.129 - 5.140: tabella che riporta i valori di progetto</i>	da 196 a 269
<i>Tabella 5.16 - 5.25 - 5.27 - 5.30 - 5.38 - 5.40 - 5.130 - 5.132 - 5.133 - 5.141: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti</i>	da 196 a 269
<i>Tabella 5.17 - 5.19 - 5.21 -5.28 - 5.29 - 5.30 - 5.39 - 5.70 - 5.93 - 5.95 : tabella dei diversi profili delle travi IPE</i>	da 196 a 241
<i>Tabella 5.18 - 5.20: limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie</i>	197- 198
<i>Tabella 5.41 - 5.96: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 1</i>	211-241
<i>Tabella 5.42 -5.97: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 2</i>	211-241
<i>Tabella 5.43 - 5.98: tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 3</i>	212-242
<i>Tabella 5.44 tabella che riporta i carichi che cadono sul pilastro 4</i>	212
<i>Tabella 5.45: tabella che riporta il peso delle travi principali</i>	212
<i>Tabella 5.46: tabella che riporta il peso del pilastro</i>	212
<i>Tabella 5.47 - 5.99: tabella che riporta i valori di Y_{MO}</i>	213-242
<i>Tabella 5.49: tabella dei diversi profili tubolari</i>	213
<i>Tabella 5.50 - 5.102: tabella che riporta i dati per il calcolo del carico critico elastico</i>	215-244
<i>Tabella 5.51 - 5.103: tabella che riporta la verifica di stabilità a compressione</i>	215-244
<i>Tabella 5.52: tabelle che riportano l'analisi dei carichi per il solaio, per la parete mobile in legno e per le vetrate scorrevoli</i>	216
<i>Tabella 5.54 - 5.117: tabella che riporta le classi di durata del carico</i>	217-256

Tabella 5.55 - 5.118: tabella che riporta le classi di servizio	217-256
Tabella 5.56 - 5.119: tabella che riporta i coefficienti parziali γ_m per le proprietà dei materiali	218-256
Tabella 5.57 - 5.120: tabella che riporta i valori K_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno	218-257
Tabella 5.58 : tabella che riporta le geometrie e i dati del pannello	219
Tabella 5.59 - 5.121 - 5.136: tabella che riporta le proprietà del legno scelto	219-265
Tabella 5.60 - 5.125 - 5.139: tabella che riporta le resistenze di calcolo	219-266
Tabella 5.71: tabella con le analisi dei diversi pilastri presenti nell'unità ovest	225
Tabella 5.72: tabella con le analisi dei diversi pilastri presenti nell'unità est	225
Tabella 5.73 - 5.81 - 5.85 : tabella che riporta i carichi gravanti sulla trave reticolare	226-234
Tabella 5.74 - 5.82 : tabella che riporta i carichi gravanti sui nodi della trave reticolare	226
Tabella 5.75 - 5.83 - 5.86: tabella che riporta i valori dell'azione assiale per ogni componente della trave reticolare	227-235
Tabella 5.76 - 5.77: tabella che riporta il dimensionamento degli elementi compressi e la verifica di stabilità di quest'ultimi	228-229
Tabella 5.78 - 5.79: tabella che riporta il dimensionamento degli elementi tesi e la verifica di stabilità di quest'ultimi	230-231
Tabella 5.80 - 5.84 - 5.87: tabella che riporta la verifica della deformabilità	232-233-235
Tabella 5.101: tabella dei diversi profili HEA	242
Tabella 5.104: valori del coefficiente di forma	248
Tabella 5.105: valori C_e per diverse classi di esposizione	248
Tabella 5.106: valori dei parametri $v_{b,0}$, α_{gr} , k_s	249
Tabella 5.107: le classi di rugosità del terreno	251
Tabella 5.108: definizione delle categorie di esposizione	251
Tabella 5.109: parametri per la definizione del coefficiente di esposizione	251
Tabella 5.110: parametri per la definizione del coefficiente di esposizione considerati	251
Tabella 5.111: edifici a pianta rettangolare: C_v per facce sopravento, sottovento e laterali	252
Tabella 5.112: coefficienti di pressione per copertura a doppia falda: falda sottovento	252
Tabella 5.113: coefficienti di pressione per copertura a doppia falda: vento in direzione parallela al colmo	252
Tabella 5.114: tabelle riassuntive con i valori progettuali ottenuti	253
Tabella 5.115: tabelle che riportano l'analisi dei carichi della copertura e del tiburio in vetro	254
Tabella 5.121: tabella che riporta i valori K_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno	257
Tabella 5.122- 5.135: tabella che riporta le geometrie e i dati della sezione	258-265
Tabella 5.124 - 5.137: tabella che riporta i valori K_{mod} e γ_m	258-265

CAPITOLO 6

Tabella 6.1: tabella con le proprietà delle reti di rinforzo. Per la rete AR0590AT sono state effettuate prove di trazione diretto sul tessuto	275
Tabella 6.2: tabella con le quantità dei materiali utilizzati nel mix desing con la rete AR0590AT	276
Tabella 6.3: le proprietà della matrice S 488 TIX estrapolate da www.master-builders-solutions.com	276
Tabella 6.4: le proprietà della matrice S 286 FR estrapolate da www.master-builders-solutions.com	277
Tabella 6.5: le proprietà delle fibre disperse	279
Tabella 6.6: riassunto dei provini ottenuti	282
Tabella 6.7: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini A	284
Tabella 6.8: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini B	284
Tabella 6.9: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini C	284
Tabella 6.10: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini D	284
Tabella 6.11: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini E	285
Tabella 6.12: i dati dei cicli delle prove N1 per i provini F	286
Tabella 6.13: tabella che riporta i valori per calcolare la rigidità del tessuto	312
Tabella 6.14: tabella che riporta i valori della tabella 6.13 modificati dalla moltiplicazione per il parametro di efficienza della rete	312
Tabella 6.15: tabella che riporta il numero medio di fessure e il passo delle fessure	314
Tabella 6.16: tabella che riporta i valori estrapolati dal cut off delle prove di trazione e di strappo	318
Tabella 6.17: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti	319
Tabella 6.18: tabella che riporta le coordinate del sito con il tempo di ritorno, l'accelerazione orizzontale massima al sito, il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione	320
Tabella 6.19: categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato	320
Tabella 6.20: categorie topografiche	320
Tabella 6.21: espressioni di S_s e C_c	322
Tabella 6.22: valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T	323
Tabella 6.23: Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD	325
Tabella 6.24: tabella che riporta i valori ottenuti	323
Tabella 6.25 - 6.31 - 6.37: tabella che i dati di progetto	324-329-337
Tabella 6.26 - 6.29 - 6.38: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti	325-328-338
Tabella 6.27 - 6.34 - 6.39: tabella che riporta i valori T_i ottenuti in sommità	327-334-340
Tabella 6.28 - 6.33: tabella che riporta i valori T_i all'interpiano	328-332
Tabella 6.30 - 6.36 - 6.41: tabella che riporta i valori dei momenti ottenuti	328-334-340
Tabella 6.32 - 6.35 - 6.40: tabella che riporta i valori di progetto ottenuti	330-334-340

INDICE DEI GRAFICI

CAPITOLO 6

Grafico 6.1: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N1	287
Grafico 6.2: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N2	287
Grafico 6.3: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N3	288
Grafico 6.4: grafico sforzo-deformazione dei provini A-N1 in bordeaux, A-N2 in arancione e A-N3 in grigio	288
Grafico 6.5: grafico sforzo-deformazione del provino B-N1	290
Grafico 6.6: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto quella iniziale per il provino B1	290
Grafico 6.7: grafico sforzo-deformazione del provino B-N2	291
Grafico 6.8: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto quella iniziale per il provino B2	291
Grafico 6.9: grafico sforzo-deformazione del provino B-N3	292
Grafico 6.10: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale per il provino B3	292
Grafico 6.11: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove B. B1 in rosso, B2 in arancione e B3 in grigio	292
Grafico 6.12: grafico sforzo-deformazione del provino C-N1	294
Grafico 6.13: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino C1	294
Grafico 6.14: grafico sforzo-deformazione del provino C-N2	295
Grafico 6.15: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino C2	295
Grafico 6.16: grafico sforzo-deformazione del provino C-N3	296
Grafico 6.17: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino C3	296
Grafico 6.18: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove C. C1 in rosso, C2 in arancione e C3 in grigio	297
Grafico 6.19: grafico sforzo-deformazione del provino D-N1	298
Grafico 6.20: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino D1	298
Grafico 6.21: grafico sforzo-deformazione del provino D-N2	299
Grafico 6.22: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino D2	299
Grafico 6.23: grafico sforzo-deformazione del provino D-N3	300
Grafico 6.24: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino D3	300
Grafico 6.25: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove D. D1 in rosso, D2 in arancione e D3 in grigio	301
Grafico 6.26: grafico sforzo-deformazione del provino E-N1	302

BIBLIOGRAFIA

Grafico 6.27: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino E1	302
Grafico 6.28: grafico sforzo-deformazione del provino E-N2	303
Grafico 6.29: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino E2	303
Grafico 6.30: grafico sforzo-deformazione del provino E-N3	304
Grafico 6.31: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino E3	304
Grafico 6.32: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino E3 escludendo il punto $\epsilon_{inelastica} = 0,649$	304
Grafico 6.33: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove E. E1 in rosso, E2 in arancione e E3 in grigio	305
Grafico 6.34: grafico sforzo-deformazione del provino F-N1	307
Grafico 6.35: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino F1	307
Grafico 6.36: grafico sforzo-deformazione del provino F-N2	308
Grafico 6.37: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino F2	308
Grafico 6.38: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino F3 escludendo il punto $\epsilon_{inelastica} = 0,600$	308
Grafico 6.39: grafico sforzo-deformazione del provino F-N3	309
Grafico 6.40: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale del provino F23	309
Grafico 6.41: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove F. F1 in rosso, F2 in arancione e F3 in grigio	310
Grafico 6.42: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove	311
Grafico 6.43: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove + la retta che rappresenta la rigidità del tessuto	311
Grafico 6.44: grafico $K_i/Ec1 - \epsilon_{inelastica}$ dove $K_i/Ec1$ è la variazione di rigidità rispetto a quella iniziale di tutte le prove la retta che rappresenta la rigidità del tessuto in seguito alla moltiplicazione per EF_f	313
Grafico 6.45: grafico che riporta il numero di fessure per ogni provino	315
Grafico 6.46: grafico che riporta il numero di fessure per ogni provino in funzione dei cicli	315
Grafico 6.47: taglio della risposta per la matrice S286 FR e la rete AR 0355 AT. Verifico che la F_{max} di strappo sia maggiore della $F = \sigma_{max} A$. Grafici presenti nella tesi precedentemente citata	318
Grafico 6.48: taglio della risposta per la matrice S286 FR e la rete AR 0360 AT. Verifico che la F_{max} di strappo sia maggiore della $F = \sigma_{max} A$. Grafici presenti nella tesi precedentemente citata	318
Grafico 6.49: grafico dello spettro di progetto allo stato limite ultimo allo stato limite di salvaguardia	324

Abeti M., *Neogotico e Eclettismo, il linguaggio architettonico dell'Ottocento*, in "Democrazia Cristiana", 4 ottobre 2008 Allegato A della Deliberazione del consiglio comunale n.108 del 19 luglio 1974

Aljazaeri Z.R., Myers J.J., *Flexure Performance of RC One-Way Slabs Strengthened with Composite Materials*, 2018

Bellini A., *Tecniche di conservazione*, Milano, Angeli, 1986

Bestetti F., Mattiolo G.M., *Impiego di compositi FRCC per il retrofitting antisismico di edifici in muratura. Applicazione al progetto di recupero dell'ex padiglione maternità dell'ospedale di Lecco*. Politecnico di Milano, tesi magistrale, 2017-2018

Boito C., *L'architettura del Medio Evo in Italia con un'introduzione sullo stile futuro dell'architettura italiana*. Milano, Hoepli, 1880

Borgioni N., *Caratterizzazione di Compositi fibrorinforzati per il rinforzo strutturale*. Politecnico di Milano, Tesi di Laurea Triennale, 2015-2016

Circolare della Segreteria di Stato Vaticana n. 34215 del 1 Settembre 1924

Clark K., *Il revival gotico*. Torino, Einaudi, 1970

Crippa M.A., *Chiappetta, Spirito Maria*, in *Dizionario della Chiesa ambrosiana*, II, Milano, NED, 1988

Crippa M.A., *Un esempio di lombardo del neo-gotico transalpino: note sull'opera di S.M. Chiappetta*. In "Arte Cristiana", fascicolo 698, volume LXXI, settembre-ottobre 1983, pp. 227-286

Comune di Merate, *Relazione tecnica: finanziamento per restauro e conservazione beni culturali Chiesa Ex Oratorio San Rocco adiacente al Cimitero MERATE*. Merate, 15 dicembre 2011

Confalonieri C., *Pio XI visto da vicino*. Terza edizione, Cinisello Balsamo, Edizioni San Paolo, 1993

Dezzi Bardeschi M., *Il progetto di conservazione*. In *Il recupero, metodi e modi*, BE-MA, Milano, 1990

Donazione di beni immobili numeri 64670-19844 registrata il 2 luglio 1975

di Prisco M., Ferrara L., Lamperti M.G.L., *Double edge wedge splitting (DEWS): an indirect tension test to identify post-cracking behaviour of fibre reinforced cementitious composites*, 2013

Fattorini E., *Il culto mariano tra Ottocento e Novecento: simboli e devozione. Ipotesi di prospettive di ricerca*. Milano, Franco Angeli, 1999

Frampton K., *Tettonica ed architettura, poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*. Milano, Skira, 2005

Galli F., *L'architetto del Papa. Il neogotico di Spirito Maria Chiappetta*. Oggiono, Cattaneo Paolo Grafiche, 2018

Galli F., *Pio XI e Spirito Maria Chiappetta: architetture nei luoghi del Papa in Pio XI e il suo tempo*. Atti di convegno (Desio, 10 febbraio 2018), a.c. di Franco Cajani, Seregno, I quaderni della Brianza, 2018

Galliani P., *Recupero architettonico: problematiche e questioni di metodo in "Territorio"*, 2009

Jurina L., *Comune di Merate, Chiesa Ex-Oratorio di San Rocco, Proposta di consolidamento strutturale*. Milano, 23 settembre 2011

Koutas N.L., Tetta Z., Bournas D.A., Triantafillou T.C., *Strengthening of Concrete Structures with Textile Reinforced Mortars: State-of-the-Art Review*, 2018

Le garzantine, *Enciclopedia dell'architettura*, Garzanti, 1996

Lepre A., Petraccone A., *Storia d'Italia dall'Unità ad oggi*. Bologna, il Mulino, 2008

Mazzi G., *L'insegnamento dell'architettura tecnica nella scuola di Padova*, in Daniele Donghi: molti aspetti di un ingegnere totale, a.c. di G. Mazzi e G. Zucconi, Venezia, Marsilio, 2006

Mazzi G., Japelli G. in *Storia dell'architettura italiana, l'ottocento*, vol.II a.c di A. Restucci, Milano, Electa, 2005

Meduri G., *Quarant'anni di architettura sacra in Italia. 1900-1940*. Roma, Gangemi Editore, 2016

Merate, *abbandonata la chiesa che doveva assomigliare a Lourdes*, in "Corriere della Sera", 13 novembre 2014

Middleton R., Watkin D., *Architettura dell'Ottocento*. Milano, Electa, 1977

Pesce I., Rurali T., *Il restauro dell'Oratorio della SS. Immacolata a Merate: da Neogotico incompiuto ad involucro per un piccolo teatro*. Tesi di laurea presso la facoltà di architettura del Politecnico di Milano, anno accademico 1998/1999, relatori Andrea Bruno, Gionata Rizzi

RIFERIMENTI NORMATIVI

Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., *Bending behavior of cement-based multi-layered roof elements*, 2019

Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., *Mechanical Behaviour of TRC Composites: Experimental and Analytical Approaches*, 2019

Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., *Optimized Fabric-Reinforced Cementitious Matrix composite for retrofitting of existing structures FRCM ottimizzati per il rinforzo di strutture esistenti*, 2018

Rampini M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M., *Textile reinforced concrete composites for existing structures: performance optimization via mechanical characterization*, 2018

Rendina C., *I papi: storia e segreti. Dalle biografie dei 264 romani pontefici rivivono retroscena e misteri della attera di Pietro tra antipapi, giubilei, conclavi e concili ecumenici*. Terza edizione, Newton Compton Editori, Roma, 2011

Romanelli G., *Venezia e l'ambiente veneto in Storia dell'architettura italiana, l'Ottocento*. Milano, Electa, vol.I, 2005

Ruskin J., *La natura del gotico*, Milano, Jaca Book, 1981

Scheerer S., Zobel R., Müller E., Senckpiel-Peters T., Schmidt A., Curbach M., *Flexural Strengthening of RC Structures with TRC—Experimental Observations, Design Approach and Application*, 2019

Studio Tecnico Dott. Arch. Paolo Gatti, *Relazione sulla situazione statica generale della chiesa Ex-Oratorio adiacente al Cimitero di Merate*. Merate, marzo 1994

Zappa L., *Storia di Merate*. S.n.t.

Zevi B., *Storia dell'architettura moderna*. Torino, Einaudi, 1975

Watkin D., *Storia dell'architettura occidentale*. Bologna, Zanichelli, 1990

D.M. 17 gennaio 2018, Norme Tecniche delle Costruzioni

D.M. del 3 agosto 2015, *Codice di prevenzione incendi - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139*

D.M. n. 569 del 20 maggio 1992, *Norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e arti-stici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre*

D.P.R. n. 418 del 30 giugno 1995, *Norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche e archivi*

D.P.R. n. 503 del 24 Luglio 1996, *Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici*

D.M. 26 giugno 2015, *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*

D.P.R. 236, 14 giugno 1989, *Accessibilità, adattabilità, visitabilità, superamento delle barriere architettoniche*

D.P.R. 384, 27 aprile 1978, *Regolamento di attuazione in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici*

Decreto n.176 del 12 gennaio 2017, *Aggiornamento delle disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici e per il relativo attestato di prestazione energetica*

Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni, Dipartimento Protezione Civile, ReLUIS, 2012

Piano di Governo del Territorio, Comune di Merate, Delibera n.2 Seduta Consiliare del 27 luglio 2016, Merate 20XX

UNI 10840: 2007, *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*

UNI EN 12464-1, *Illuminazione dei Luoghi di Lavoro*

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale, *Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*, 2018

CNR - Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni, *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a matrice inorganica*. Roma, 2018

American Concrete Institute, *Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures*, reported by ACI 549.4R-13. Farmington Hills, 2013

SITOGRAFIA E ARCHIVI

www.abaqus.software.polimi.it
www.archdaily.com
www.archiproducts.com
www.archiviodistatocomo.beniculturali.it
www.biblus.acca.it
www.cassiciaco.it
www.comune.merate.lc.it
www.divisare.com
www.domusweb.it
www.edilportale.com
www.geoportale.regione.lombardia.it
www.gibus.com
www.halfen.com
www.lombardiabeniculturali.it
www.botta.ch
www.master-builders-solutions.com
www.merateonline.it
www.parcocurone.it
www.pinterest.it
www.progetto80.it
www.villasubaglio.it
www.wikipedia.it

Archivio Beato Angelico, Milano

Archivio parrocchiale S. Ambrogio, Merate

Archivio di Stato di Como

Archivio comunale di Merate

RINGRAZIAMENTI

Un sincero e sentito ringraziamento al Prof. Paolo Bossi per la sua particolare umanità e gentilezza, che, associate alla sua preparazione e passione, lo hanno reso una importante figura di riferimento.

Sono grata, inoltre, al prof. Matteo Colombo per aver proposto un tema che mi ha dato l'opportunità di sviluppare una tesi sperimentale e per le puntuali revisioni.

Un ringraziamento particolare va all'Ing. Marco Carlo Rampini per la pazienza e la disponibilità con cui mi ha supportato concretamente nei passaggi per me più difficili. Soprattutto grazie alle sue tempestive e puntuali risposte non mi sono mai sentita sola nella stesura della tesi.

Un grande ringraziamento alla prof.ssa Elisabetta Rosina, che attraverso le sue osservazioni competenti mi ha spronato a non accontentarmi e a non sottovalutare i dettagli.

Vorrei esprimere la mia gratitudine ai proff. Gabriele Masera e Piero Poggioli per la loro disponibilità e per i preziosi consigli fornitimi durante le revisioni.

Inoltre, vorrei esprimere la mia riconoscenza a chi ha concretamente reso possibile la tesi permettendomi l'accesso a materiali e a strutture, in modo particolare:

ai tecnici del laboratorio che mi hanno assistito nelle attività di sperimentazioni

al dott. Francesco Galli, che, oltre ad essere stato estremamente disponibile nel fornire il materiale e nel condividere le sue conoscenze, mi ha dato la possibilità di accedere all'Archivio Beato Angelico - Chiappetta di Milano.

all'Architetto Paolo Gatti, che mi ha permesso, grazie al materiale consegnatomi, di avere informazioni essenziali altrimenti non ottenibili

al Comune di Merate nella persona dell'Architetto Ramona Lazzaroni

alla Sig.ra Pinuccia Ravasi dell'archivio Parrocchiale di Merate

all'Archivio di Como.

Ancora, vorrei esprimere riconoscenza ad alcuni compagni di corso con cui ho condiviso le mie incertezze e i miei dubbi: grazie, quindi, a Laura Nabergoi, Paolo Redaelli e Veronica Torretti e, in particolar modo, a Matteo Leone e a Emma Lentini, amica insostituibile.

Ultimo, ma non per importanza, uno speciale ringraziamento a mia madre e a mio fratello per il supporto, il confronto e il conforto quotidiano.

