

POLITECNICO DI MILANO  
Polo regionale di Lecco  
Facoltà di Ingegneria Edile – Architettura  
Corso di Laurea in Ingegneria Edile – Architettura

**“PROGETTO DI RECUPERO DELL’AREA EX FAINI IN LECCO MEDIANTE  
UTILIZZO DI SISTEMI MODULARI AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA PER LA  
REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE FLESSIBILE PER STUDENTI”**

Relatore: Prof. Arch. Giuseppe Turchini

Tesi di laurea di:  
Alessandro Salvagni 643377  
Marco Tosarini 645028

Anno Accademico 2009 - 2010

*“Progetto di Recupero dell’Area ex Faini in Lecco mediante utilizzo di sistemi modulari ad alta efficienza energetica per la realizzazione di un complesso residenziale flessibile per studenti”*

## **ANALISI DELLO STATO DI FATTO**

<b>Capitolo</b>	<b>01</b>
<hr/>	
Introduzione.....	pag. 1
<b>Capitolo</b>	<b>02</b>
<hr/>	
Analisi storica e territoriale .....	pag. 5
L’ambiente fisico	pag. 6
Il territorio di Lecco nella storia	pag. 6
Tavole storiche	pag. 7
L’area	pag. 17
Tavole dello stato di fatto	pag. 20
Dislocazione del Politecnico di Milano in Lecco	pag. 22
Forze, debolezze, opportunità e minacce	pag. 23
<b>Capitolo</b>	<b>03</b>
<hr/>	
Il rilievo geometrico .....	pag. 25
I sistemi di misurazione diretta e indiretta	pag. 26
Tavole di rilievo dello stato di fatto	pag. 28
<b>Capitolo</b>	<b>04</b>
<hr/>	
Analisi dei degradi .....	pag. 34
Il degrado	pag. 35
L’indagine	pag. 35
Pre-diagnosi	pag. 35
Diagnosi	pag. 36
L’intervento	pag. 36
Interventi di manutenzione	pag. 36
Cause e processi di degrado	pag. 37
Cause intrinseche	pag. 37
Cause estrinseche	pag. 38
Schede fotografiche	pag. 40
Il rilievo materico	pag. 66
Analisi costruttiva dell’edificio	pag. 66
Il terreno	pag. 66

Fondazioni	pag. 67
Pavimentazione	pag. 68
Struttura in elevazione	pag. 68
Chiusure verticali perimetrali esterne	pag. 69
Chiusure verticali interne	pag. 70
La copertura	pag. 72
Schede dei degradi	pag. 76
Glossario delle definizioni	pag. 112
Schede tecnologiche	pag. 114
Tavole dei degradi	pag. 131

## **Capitolo** **05**

---

Tipologie di intervento .....	pag. 141
Ipotesi di recupero e conservazione	pag. 142
Rifacimento delle fondazioni e dell'intercapedine esterna	pag. 142
Recupero e rinforzo dei pilastri	pag. 144
Recupero delle partizioni perimetrali verticali	pag. 146
Recupero delle partizioni orizzontali interne	pag. 147
Trattamento e rinforzo delle travi portanti in legno	pag. 148
Sostituzione degli infissi metallici	pag. 151
Recupero e coibentazione del manto di copertura	pag. 153

## **IL PROGETTO**

### **Capitolo** **06**

---

Tavole di progetto – Il modulo .....	pag. 155
Abaco delle tipologie	pag. 157
Tavole di progetto delle tipologie di assemblato	pag. 160
Tavole di dettaglio costruttivo del modulo	pag. 192

### **Capitolo** **07**

---

Tavole di progetto – L'involucro .....	pag. 201
Schemi di definizione degli spazi	pag. 204
Sezioni orizzontali con disposizione degli assemblati	pag. 208
Schema della distribuzione degli elementi portanti verticali	pag. 210
Pianta della copertura	pag. 211
Disposizione elementi solari termici e fotovoltaici	pag. 212

Prospetti	pag. 213
Pianta delle coperture degli assemblati	pag. 215
Sezione verticale longitudinale z:z	pag. 216
Sezioni verticali di dettaglio	pag. 217
Tavole di dettaglio costruttivo	pag. 220
Planimetria	pag. 223
Restituzioni tridimensionali	pag. 224

**Capitolo****08**

Introduzione - Fabbisogno energetico .....	pag. 225
Energia e consumi	pag. 226
Costi energetici	pag. 227
Il risparmio energetico nell'edilizia	pag. 228
Contributi finanziari	pag. 229

**Capitolo****09**

Confort igrotermico – Il modulo .....	pag. 231
Confort igrotermico	pag. 232
Proprietà dell'aria umida	pag. 234
La termotrasmissione	pag. 236
Chiusure verticali	pag. 238
Copertura	pag. 239
Pavimento	pag. 240
Chiusure trasparenti	pag. 241
La condensazione	pag. 243
Diagrammi di Glaser chiusure verticali opache	pag. 245
Diagrammi di Glaser copertura	pag. 246
Diagrammi di Glaser pavimento	pag. 247
La certificazione energetica secondo la procedura CENED	pag. 248
Attestato di certificazione energetica (Modulo)	pag. 251
Normative di riferimento	pag. 252

**Capitolo****10**

Confort igrotermico – L'involucro .....	pag. 254
Confort igrotermico	pag. 255
La termotrasmissione	pag. 255
Chiusure verticali	pag. 256
Copertura	pag. 257
Pavimento	pag. 258

Facciata vetrata	pag. 259
Chiusure trasparenti	pag. 260
La condensazione	pag. 261
Diagrammi di Glaser chiusure verticali	pag. 263
Diagrammi di Glaser copertura	pag. 265
Diagrammi di Glaser pavimento	pag. 267
La certificazione energetica secondo la procedura CENED	pag. 268
Attestato di certificazione energetica (Involucro)	pag. 270
Normative di riferimento	pag. 271

**Capitolo****11**

Impianti – Geotermico a pompa di calore .....	pag. 273
La bassa entalpia	pag. 274
Impianti geotermici	pag. 275
Le sonde geotermiche	pag. 279
Il funzionamento di un impianto geotermico a sonde verticali	pag. 281
Approcci progettuali	pag. 281
Situazione invernale – riscaldamento	pag. 283
Situazione estiva – raffrescamento attivo	pag. 283
Situazione estiva – raffrescamento naturale	pag. 283
Principali vantaggi della geotermia	pag. 284
Calcolo della potenza necessaria al riscaldamento invernale	pag. 284
Geotermia nel progetto di recupero ex Faini – scelte progettuali	pag. 286
Concetto impiantistico spazio ex Faini	pag. 290
Concetto impiantistico del modulo	pag. 290

**Capitolo****12**

Impianti – Solare termico e fotovoltaico .....	pag. 291
Produzione di acqua calda sanitaria (ACS)	pag. 292
Serbatoio di accumulo	pag. 294
Calcolo della potenza necessaria al riscaldamento dell'ACS	pag. 296
Collettore solare per la produzione di ACS	pag. 296
Fotovoltaico per la generazione di energia elettrica	pag. 298
Valutazioni economiche dell'impianto fotovoltaico	pag. 302
Incentivi all'installazione	pag. 303
Inverter fotovoltaici ad alta efficienza	pag. 304
Monitoraggio	pag. 305

<i>Capitolo</i>	<b>13</b>
Strutture.....	pag. 306
Analisi dei carichi (azione della neve)	pag. 307
Analisi dei carichi (azione del vento)	pag. 310
La struttura in acciaio	pag. 317
Stati limite ultimi	pag. 320
Stati limite di esercizio	pag. 322
Lamiera grecata: verifiche SLU, SLE	pag. 324
Definizione dello schema strutturale	pag. 328
Travi secondarie di copertura: verifiche SLU, SLE	pag. 329
Travi primarie di copertura: verifiche SLU, SLE	pag. 333
Dimensionamento del pilastro	pag. 336
Analisi globale del telaio in acciaio	pag. 339
Dimensionamento del giunto trave-pilastro	pag. 342
Analisi della struttura del modulo	pag. 348
Appendice normativa	pag. 353
Tavole strutturali	pag. 354
Allegati	
Ringraziamenti	
Bibliografia	

Tesi di Laurea:

TITOLO: *Progetto di recupero dell'Area Ex Faini in Lecco mediante utilizzo di sistemi modulari ad alta efficienza energetica per la realizzazione di un complesso residenziale per studenti.*

STUDENTI: Alessandro Salvagni, matricola 643377  
Marco Tosarini, matricola 645028

SOMMARIO: Il progetto intende recuperare gli spazi di vecchi capannoni industriali in modo innovativo, grazie ad elementi modulari, con lo scopo di ricavarne delle residenze per studenti universitari. Il tutto senza trascurare i requisiti inerenti alla prestazione energetica introdotti dalle recenti disposizioni legislative, in particolare al DL 192 e DL 311 e decreti attuativi.

Verrà inoltre utilizzata la procedura introdotta in Regione Lombardia denominata CENED per la realizzazione di un modulo che garantisca la classe energetica A.

L'unità modulare è intesa come inserto prefabbricato e realizzato in fabbrica che potrà essere utilizzata in diversi ambiti per il recupero di contesti industriali dimessi da rivalorizzare e adibire a nuova destinazione, prevalentemente di pubblico o collettivo interesse.

Diversamente da quello che si può pensare questo elemento non deve essere considerato come abitazione di emergenza, ma lo strumento con cui recuperare ampi spazi e volumi, permettendo a realtà come vecchie industrie o capannoni di potere essere vissute. Caratteristica di questo elemento è il fatto che può essere accostato o sovrapposto ad un altro in modo da generare cellule abitative a seconda delle esigenze.

Nel recupero dell'area Ex Faini in Lecco si intende mantenere e recuperare le strutture esistenti in cui verranno posizionati i moduli. Questo ci permetterà di avere due spazi ben distinti: il modulo e lo spazio intorno, tra il modulo e l'edificio da recuperare, che potrà essere utilizzato a seconda delle esigenze del momento: spazio espositivo, zona di aggregazione...

Ampie vetrate con frangisole in alluminio, impianti fotovoltaici e l'installazione di pompe di calore geotermiche aiuteranno a rendere il complesso il più possibile indipendente dal punto di vista energetico.

Il progetto cercherà una soluzione d'insieme che possa presentare un'integrazione urbana ottimale grazie alla sistemazione dell'area a sud ovest del complesso.

*“La città è una stupenda emozione dell’uomo. La città è un’invenzione, anzi: è l’invenzione dell’uomo”*

*Renzo Piano*

---



1 INTRODUZIONE



## INTRODUZIONE

Obiettivo di questa Tesi è il recupero e la rifunzionalizzazione di un'area industriale dismessa in centro Lecco.

Il decentramento delle attività produttive ha portato al riuso delle aree occupate da stabilimenti abbandonati al degrado da anni; Si vedano a tal proposito, come esempi più significativi i progetti di vaste aree come la ex Falk di Sesto San Giovanni (Milano) o del Lingotto a Torino.

Il progetto in seguito analizzato, oggetto di Tesi di Laurea, grazie ad un approccio innovativo, intende ricavare delle residenze per studenti universitari all'interno dei volumi e delle superfici di vecchi capannoni industriali dismessi.

L'area in questione comprende l'opificio Faini e l'area pertinenziale della Basilica di S. Nicolò in Lecco.

La pianificazione progettuale in questione intende rivedere e rivalutare complessivamente l'area dal punto di vista compositivo funzionale, concentrandosi in dettaglio sullo studio ed il recupero dei capannoni industriali e sulla progettazione del modulo ad alta efficienza utilizzato.

Particolare attenzione verrà data alle fonti energetiche rinnovabili: al sistema a pompa di calore geotermica, oltre che ai classici e più conosciuti sistemi fotovoltaici. L'approccio al progetto è stato affrontato inizialmente con la conoscenza storico-geografica dell'area a cui è seguito rilievo e restituzione grafica dei complessi in essa insistenti.

Successivamente, grazie alla redazione di opportune schede sono state catalogate patologie di degrado e tecnologie costruttive; In tal modo sono state raccolte il maggior numero di informazioni utili per definire le possibili tecniche di intervento.

Una volta reperiti tutti i dati necessari si è potuti passare alla fase di metaprogettazione, che ci ha portati a scegliere la destinazione più idonea per il complesso.

La vicinanza al centro storico, e alle sedi attuali del Politecnico di Milano in Lecco e il piano strategico varato per il Polo di Lecco dal Rettore Giulio Ballio che prevede la

# 1

realizzazione di un nuovo Campus nell'area dell'ex ospedale in Via Ghislanzoni per il 2010; L'idea e la sfida lanciata da Arketipo nel numero 27 di Ottobre 2008:

*“Arketipo lancia un'idea: invitiamo i grandi progettisti di oggi, italiani e stranieri, a partecipare a un concorso ideale – raccolta di idee in occasione, se si vuole, dell'Expo 2015 di Milano. Potremmo aggregare su questa idea diversi operatori e diverse forze culturali e della produzione per costruire un nuovo manifesto dell'architettura del domani, con una qualità specifica dominata dalla sostenibilità ambientale ed energetica, ma anche con tutte le necessarie valenze di innovazione e con la funzione di manifesto di quelle che potrebbero essere la città e le civiltà future.”*

Nella città madre dall'industria del ferro e della metalmeccanica sulla base di un precedente progetto di Recupero e Conservazione degli edifici, riallacciandoci al progetto di Campus Point del Prof. Ing. Arturo Montanelli, eloquente manifesto architettonico di nuove strategie, raffinato e sperimentale allo stesso tempo, abbiamo raccolto l'idea e abbiamo definito che si può recuperare un volume, una superficie in modo diverso da come inteso sin'ora.

L'unità modulare, realizzata in fabbrica e assemblata in cantiere, nel nostro intervento non è da intendersi come abitazione d'emergenza ma come uno strumento, un mezzo con cui recuperare ampi spazi e volumi. Sono stati creati due spazi: il modulo, contenitore di residenza e lo spazio esterno ad esso, contenitore dei moduli e degli spazi comuni, che potrà essere utilizzato a seconda delle esigenze come spazio flessibile di aggregazione o espositivo. La flessibilità in architettura va considerata come un valore aggiunto, con questo intervento si è cercato sostanzialmente di ottenere e massimizzare questo requisito fondamentale.

In Arketipo numero 32 di Aprile 2009 in Flexibuilding di Emilio Pizzi:

*“L'architettura contemporanea si alimenta dei principi antichi di immutabilità che, da sempre, costituiscono l'essenza e l'obiettivo di ogni atto progettuale.”*

# 1

*"... In realtà, vi è al fondo una concezione progettuale poco incline al cambiamento e del tutto disattenta rispetto alle dinamiche evolutive che, nostro malgrado, interessano la quotidianità."*

*"... Vuoti che possono diventare pieni, altezze che possono modificarsi, superfici che possono modellarsi in accordo con nuove geometrie. Non si tratta di intraprendere la strada dell'assenza di regole di governo sulla forma, ma, al contrario, all'interno delle regole saper prefigurare alternative tutte legittime che possano attuarsi in fasi diverse nel tempo."*

*"...Lo spazio deve sapersi modellare e plasmare offrendo nuove figurazioni e nuove opportunità d'uso."*

Sostanzialmente quanto riportato riassume quello che si è cercato di ricreare con questo tipo di intervento; un recupero di un vecchio edificio con accostato un intervento di nuova costruzione con materiali completamente diversi; Il "nuovo" consiste nella creazione delle tre torri in acciaio e con l'ampliamento delle campate sulla facciata principale che rispettano però l'originaria geometria industriale del corpo di fabbrica.

Il modulo è da intendersi come l'oggetto capace di sfruttare lo "spazio flessibile".

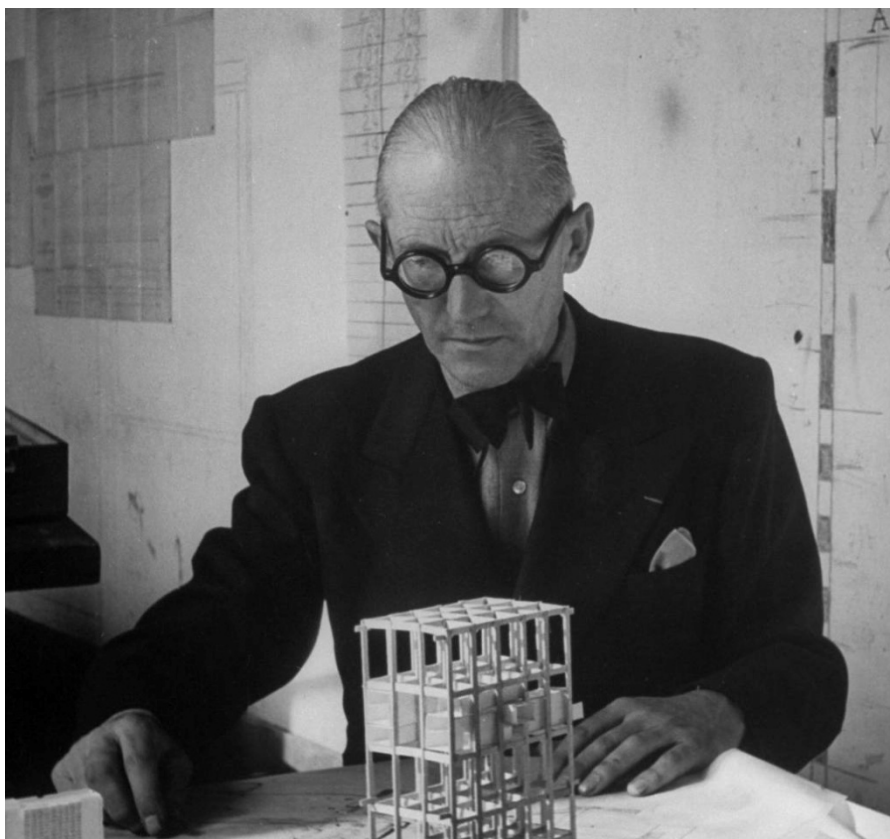
Attenzione particolare è stata data all'intervento sull'esistente, ampie vetrate schermate da elementi irregolari, torri e piazze interne hanno lo scopo essenziale di rompere la monotonia e la regolarità esterna delle campate che diversamente avremmo avuto con un intervento di recupero più convenzionale.

Per la sistemazione degli spazi esterni si è cercata una soluzione di insieme capace di presentare un'integrazione urbana ottimale grazie alla sistemazione dell'area a sud ovest del complesso.

*"L'architettura è il gioco sapiente, rigoroso e magnifico  
dei volumi sotto la luce."*

*Le Corbusier*

---



## 2 ANALISI STORICA E TERRITORIALE

# 2

## L'AMBIENTE FISICO

Lecco è una città Lombarda posta in una posizione strategica dal punto di vista socio economico in quanto risulta relativamente molto vicina ad altri importanti centri quali Milano, Bergamo e Como.

Situata a 214 metri sul livello del mare risulta essere delimitata da nord a sud da due catene montuose costituite rispettivamente ad est, dai monti San Martino, Due Mani, Resegone e Magnodeno e ad ovest dal Monte Barro.

## IL TERRITORIO DI LECCO NELLA STORIA

*"... Tre torrenti scorrono sul territorio cioè il Gerenzone, il Caldone ed il Bione. Tutti servono a muovere i molti edificj di seta, di ferro e di rame che rendono florido il commercio del paese."*

Questo è un breve estratto in cui nel 1806, Giovanni Tamassia, vice Prefetto di Lecco descrive in poche parole quello che al tempo era l'ambito territoriale della Città di Lecco. I torrenti Caldone e Gerenzone, hanno costituito, una straordinaria fonte di energia per la lavorazione del ferro originariamente estratto dalle miniere della Valsassina.

Il successivo esaurirsi delle vene metallifere è diventato stimolo per la realizzazione dei tracciati ferroviari per Bergamo (1863) e per Milano (1875). Ciò è stato la base di un'ulteriore sviluppo dell'industria siderurgica Lecchese.

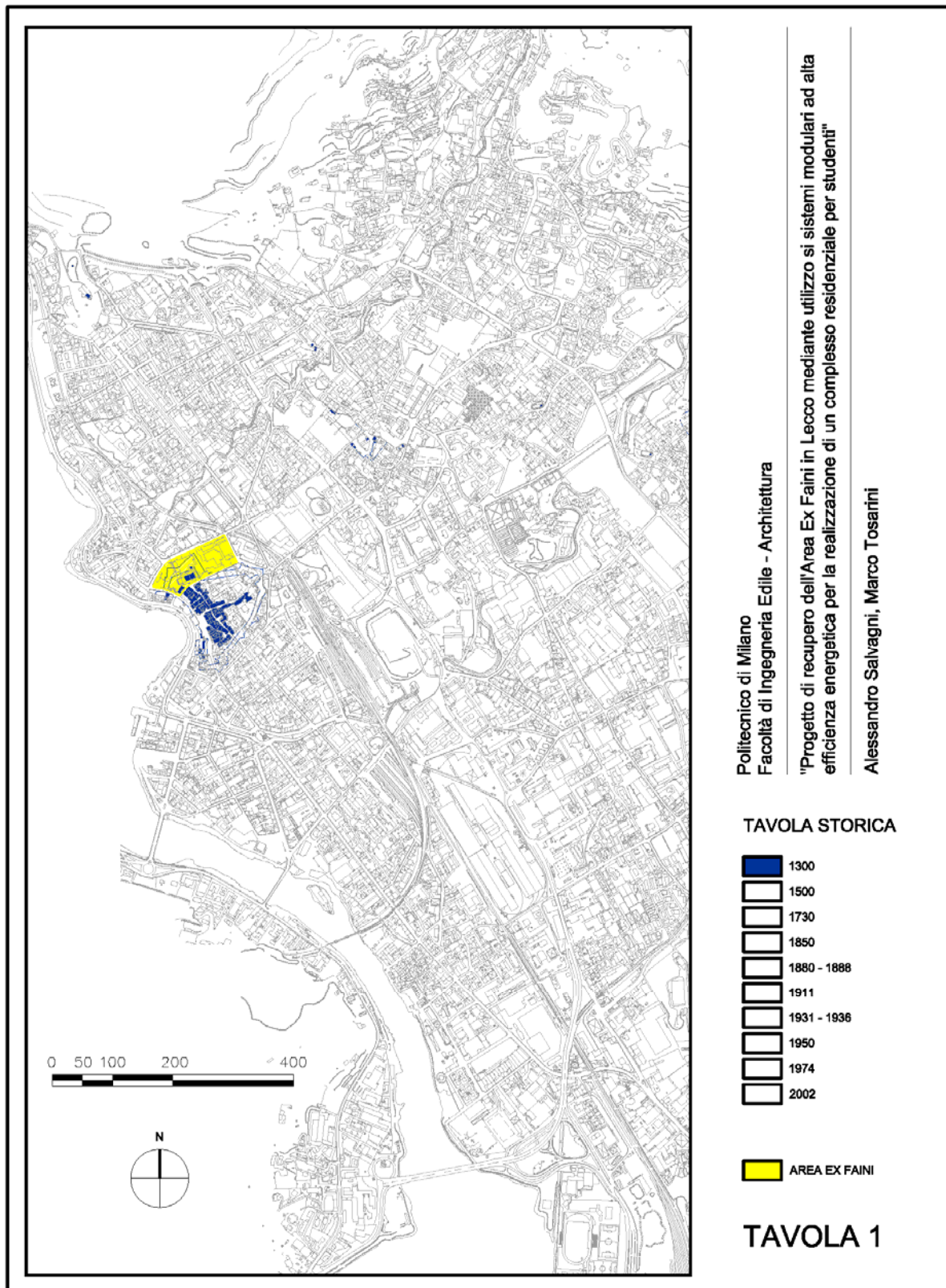
A questo punto, impianti di notevoli dimensioni si sono attestati in prossimità del tracciato ferroviario.

Lo sviluppo della nuova città borghese, superato il recinto delle antiche mura, veniva costretto entro la ferrovia e il lago. Ciò ha delineato lo sviluppo lineare della città.

Negli anni 70, a seguito della crisi del sistema industriale italiano, le città ebbero in eredità grossi contenitori vuoti ed aree oggetto di speculazioni che contrastano con la possibilità di dare ordine all'assetto urbano.

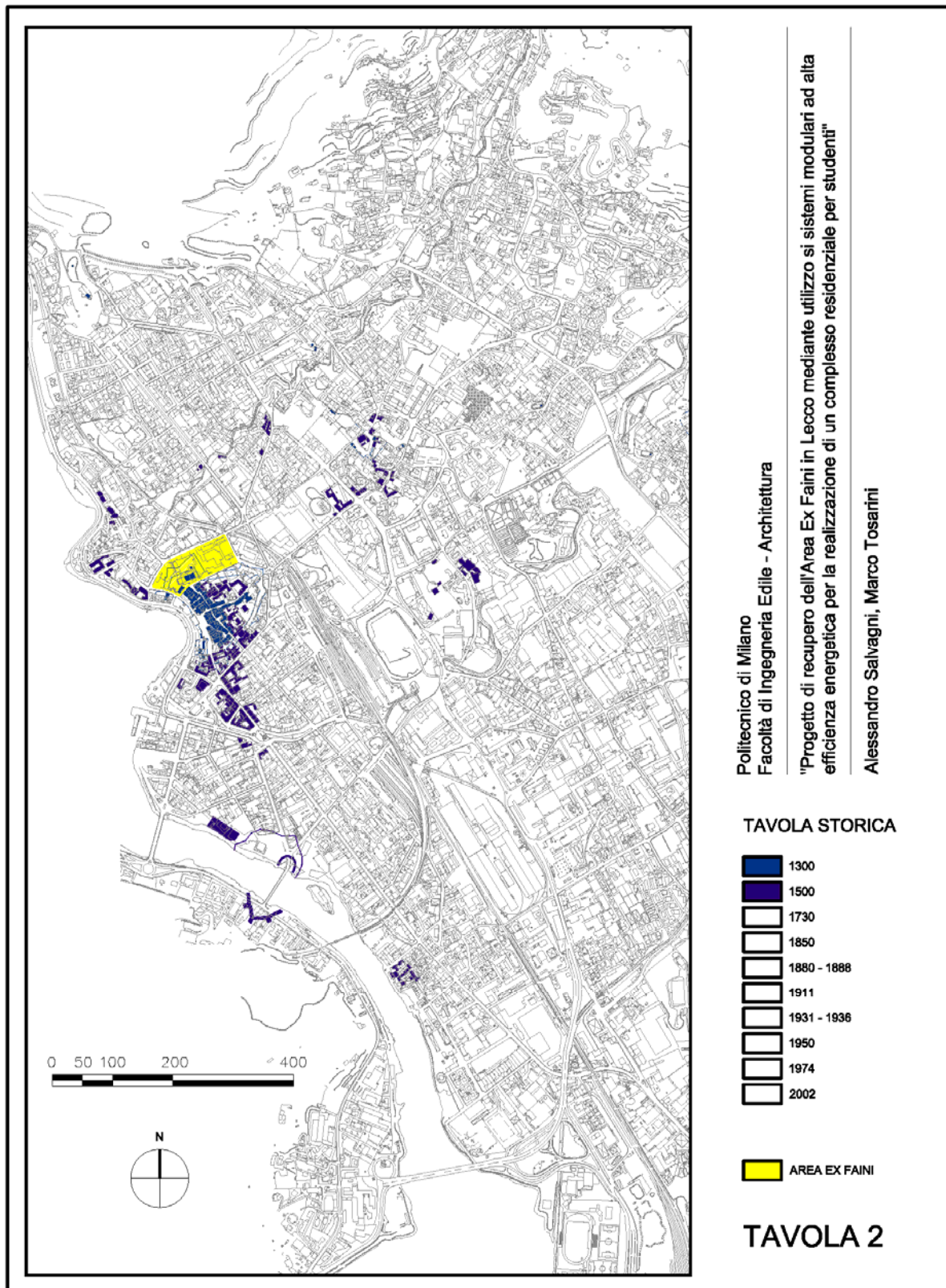
Nelle tavole seguenti viene evidenziato lo sviluppo del territorio cittadino dal 1300 al 2002

2



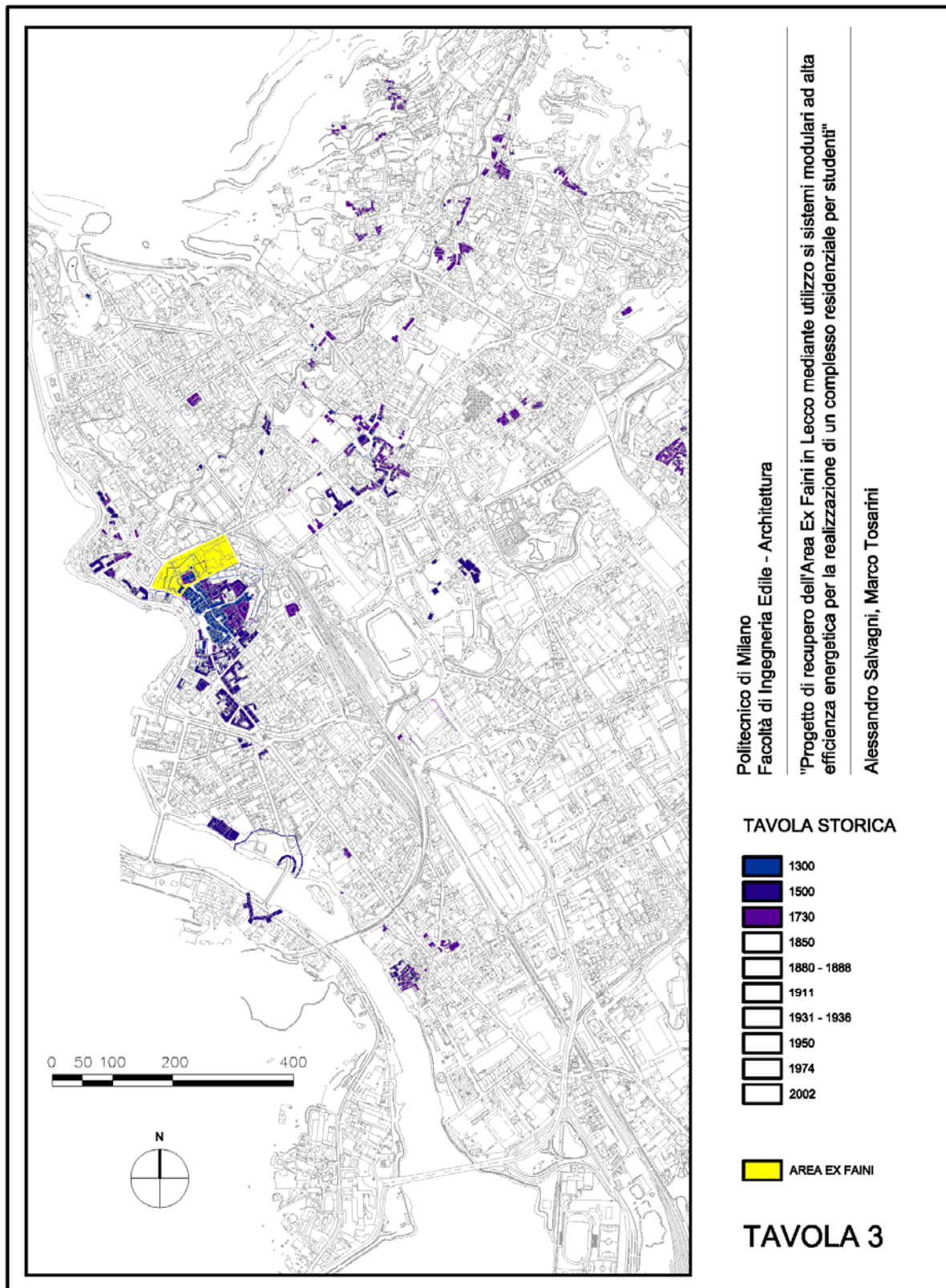
(Tavola storica 1 – situazione anno 1300)

2



(Tavola storica 2 – situazione dal 1300 al 1500)

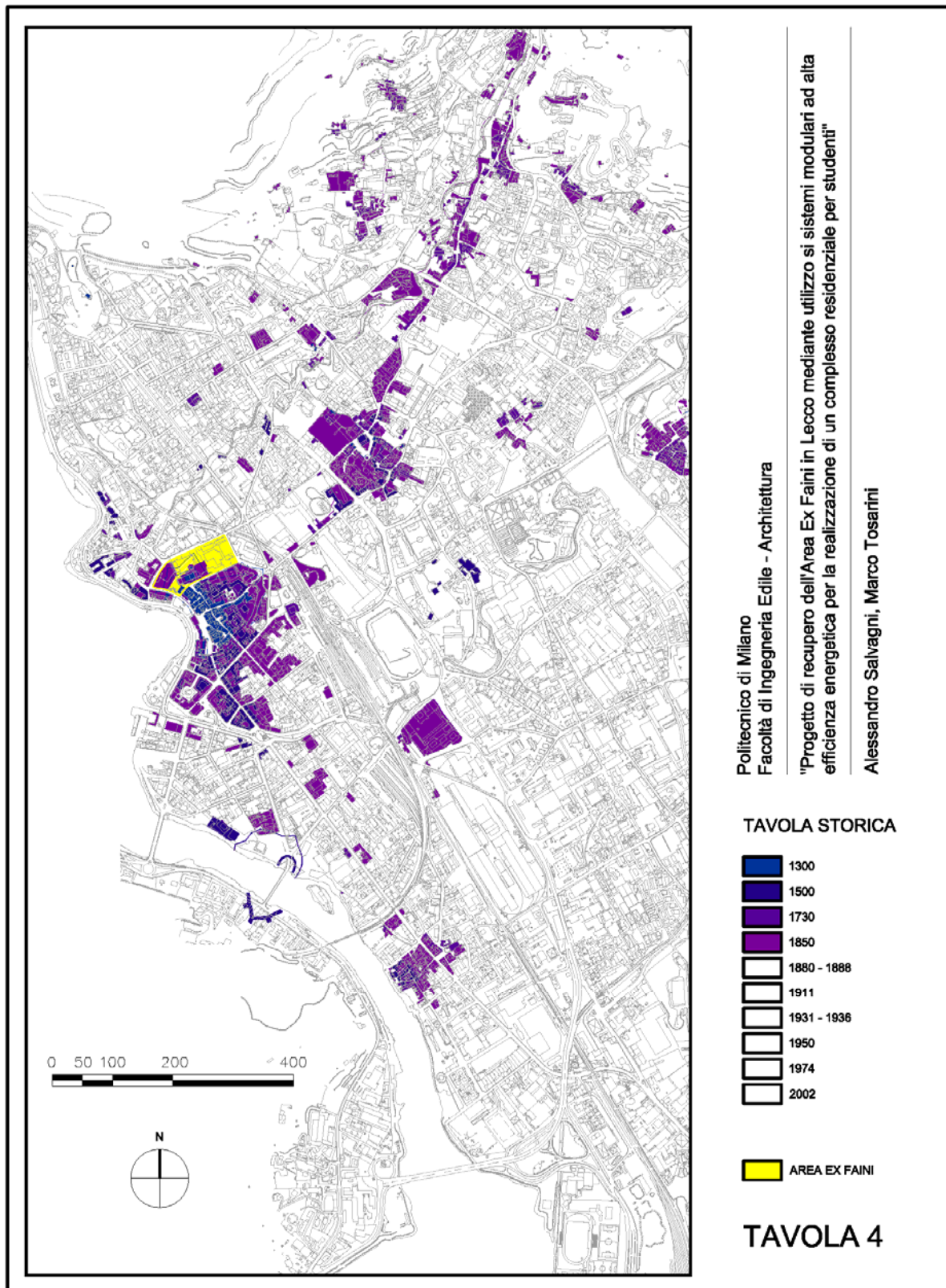
2



(Tavola storica 3 – situazione dal 1300 al 1730)

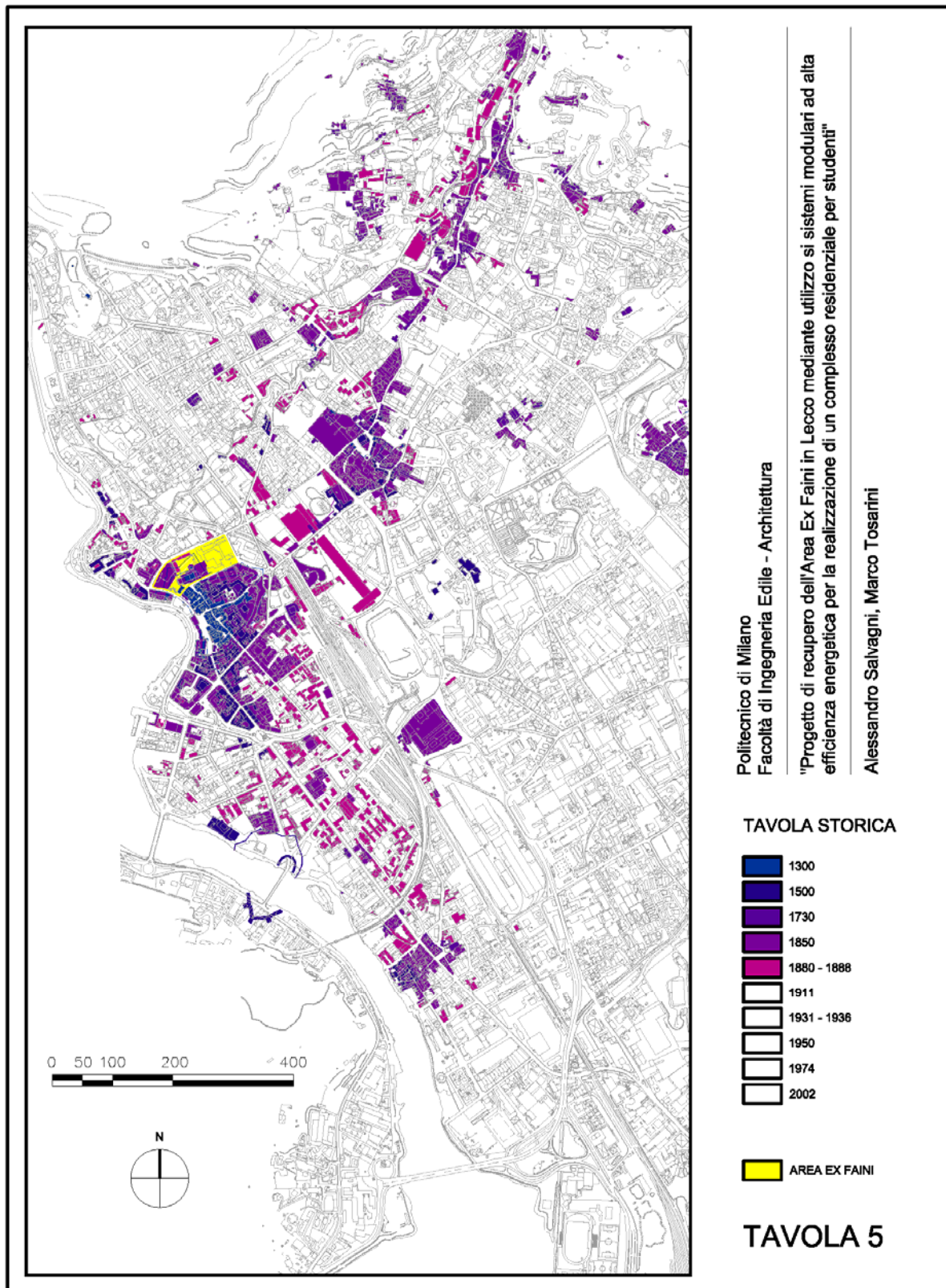


2



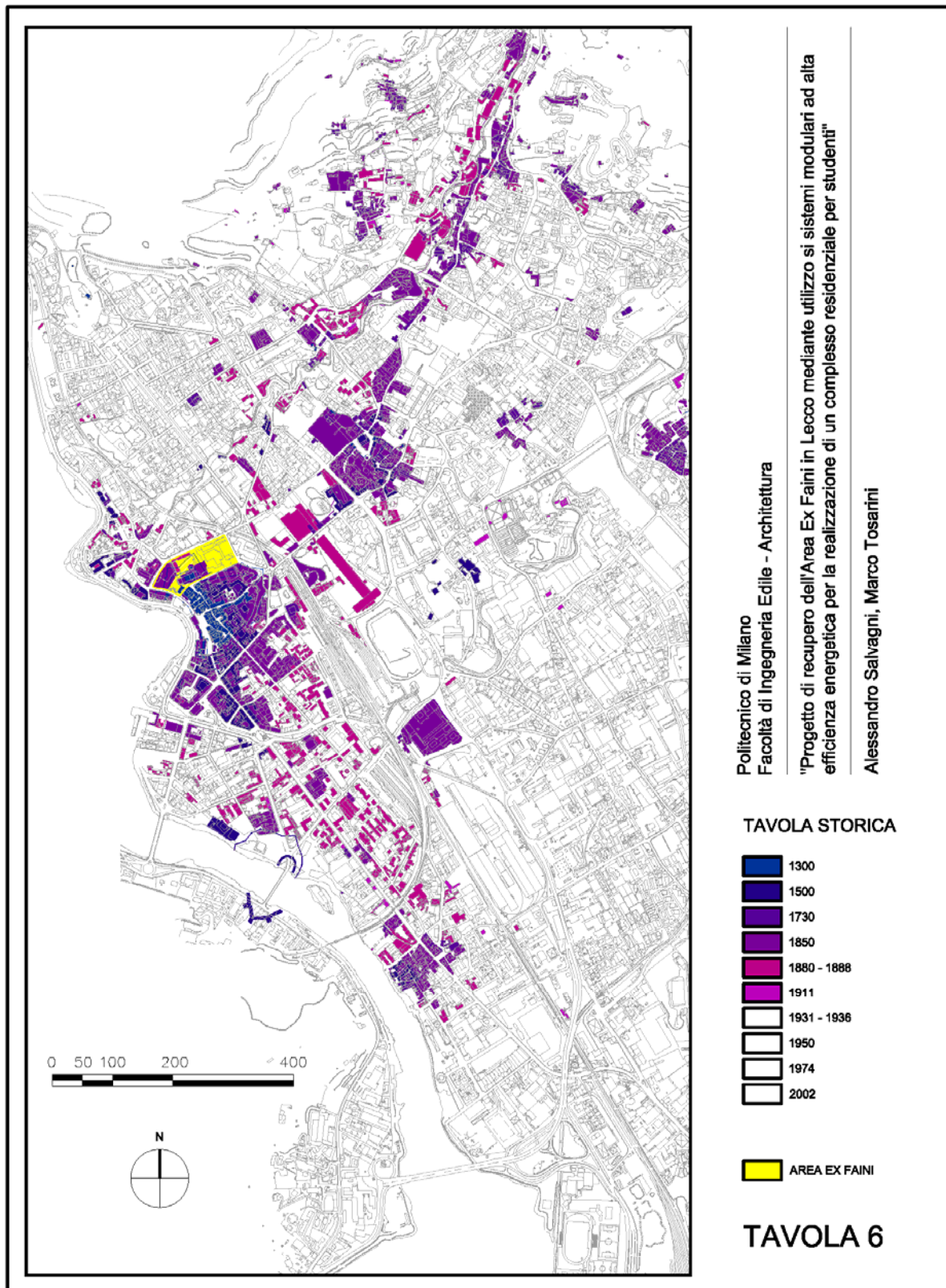
(Tavola storica 4 – situazione dal 1300 al 1850)

2



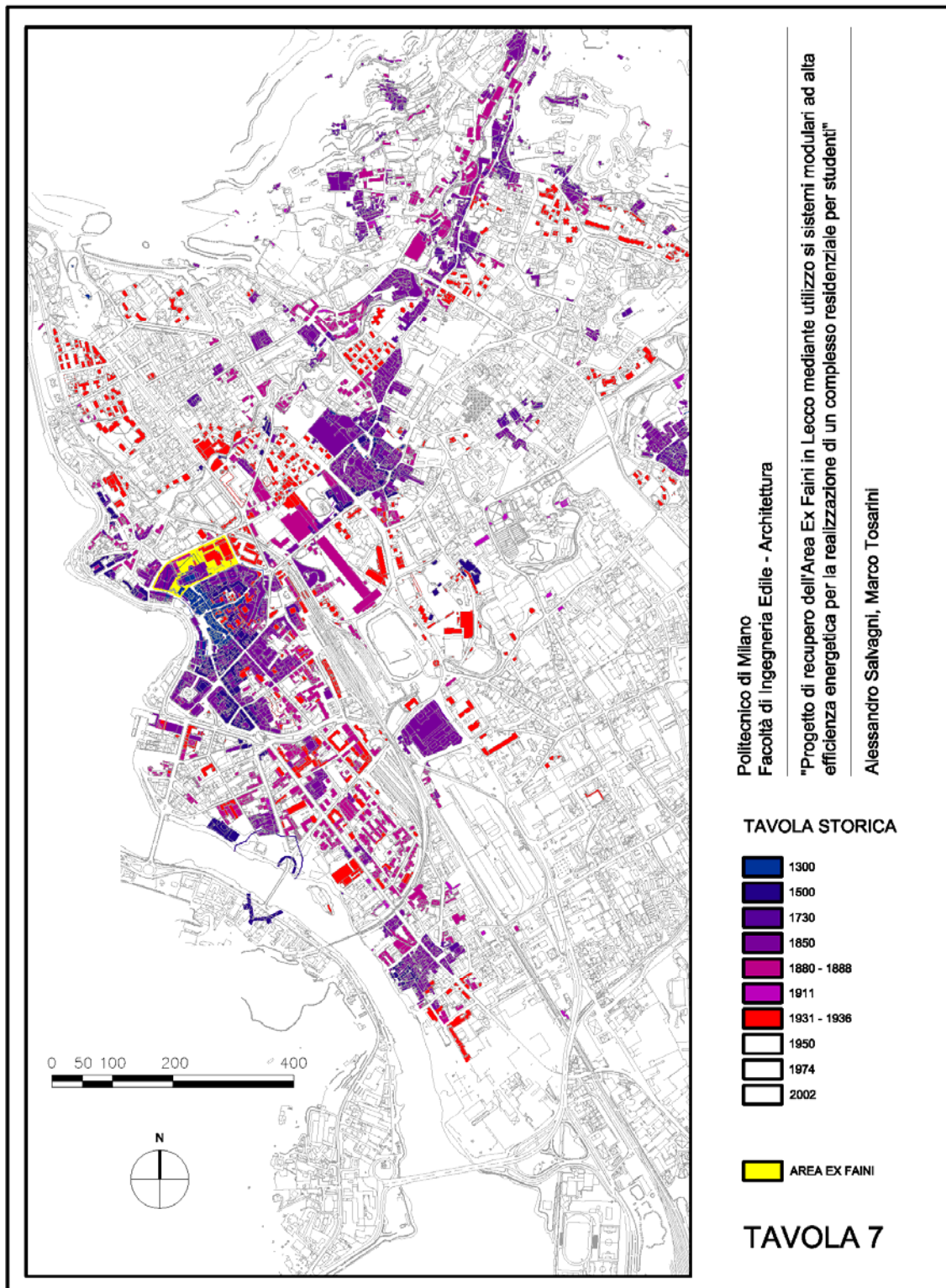
(Tavola storica 5 – situazione dal 1300 al 1888)

2



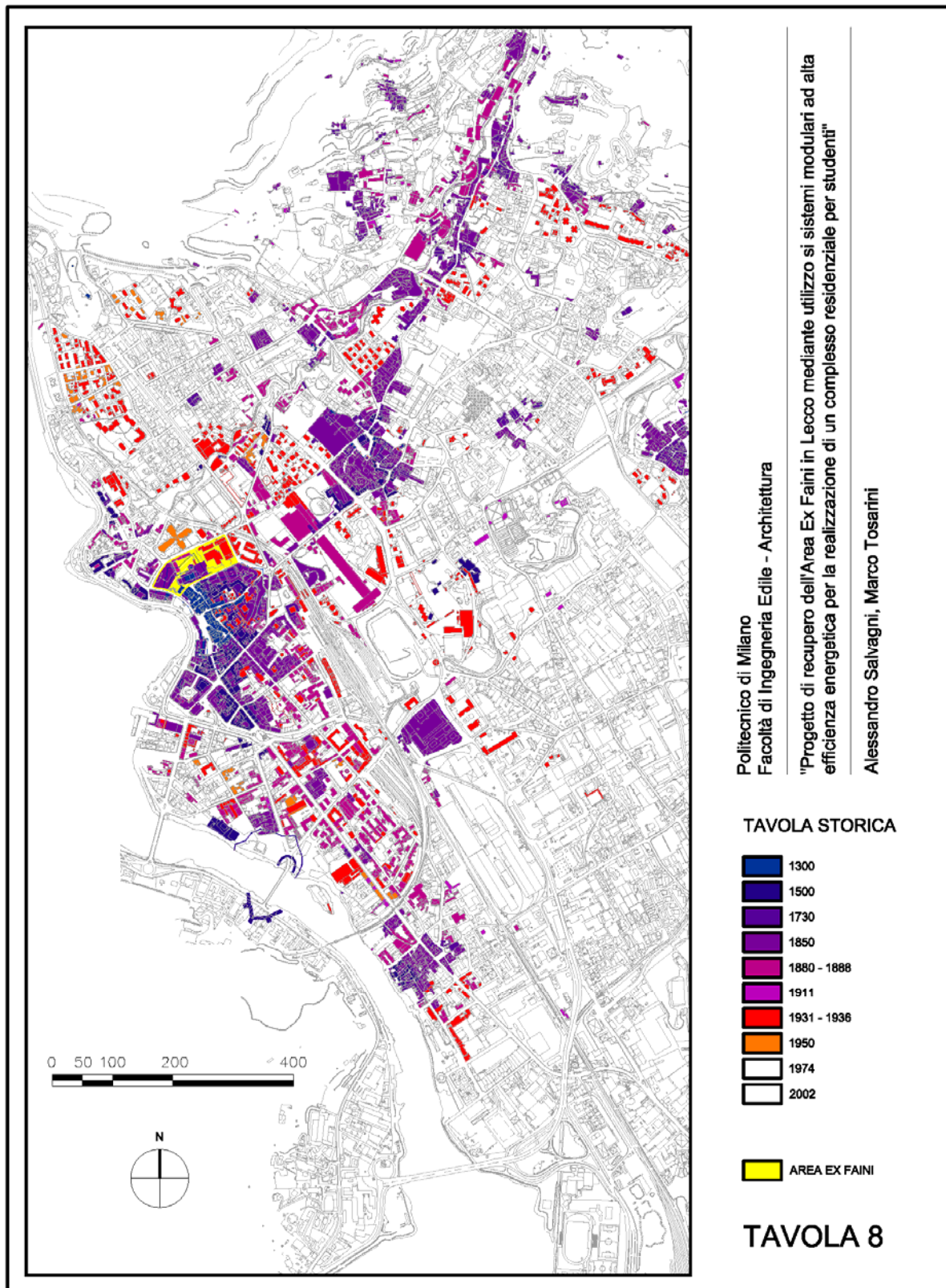
(Tavola storica 6 – situazione dal 1300 al 1911)

2



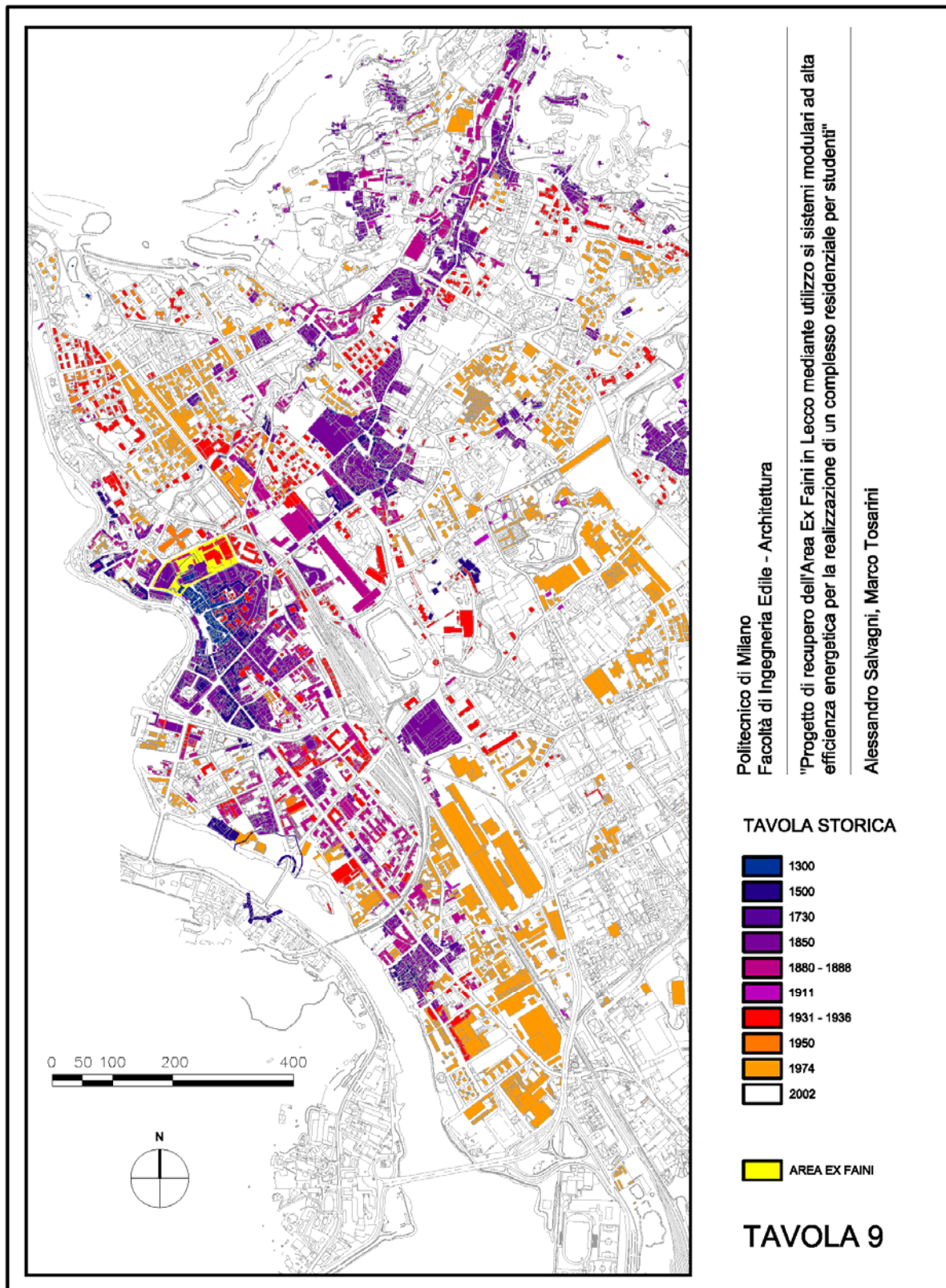
(Tavola storica 7 – situazione dal 1300 al 1936)

2



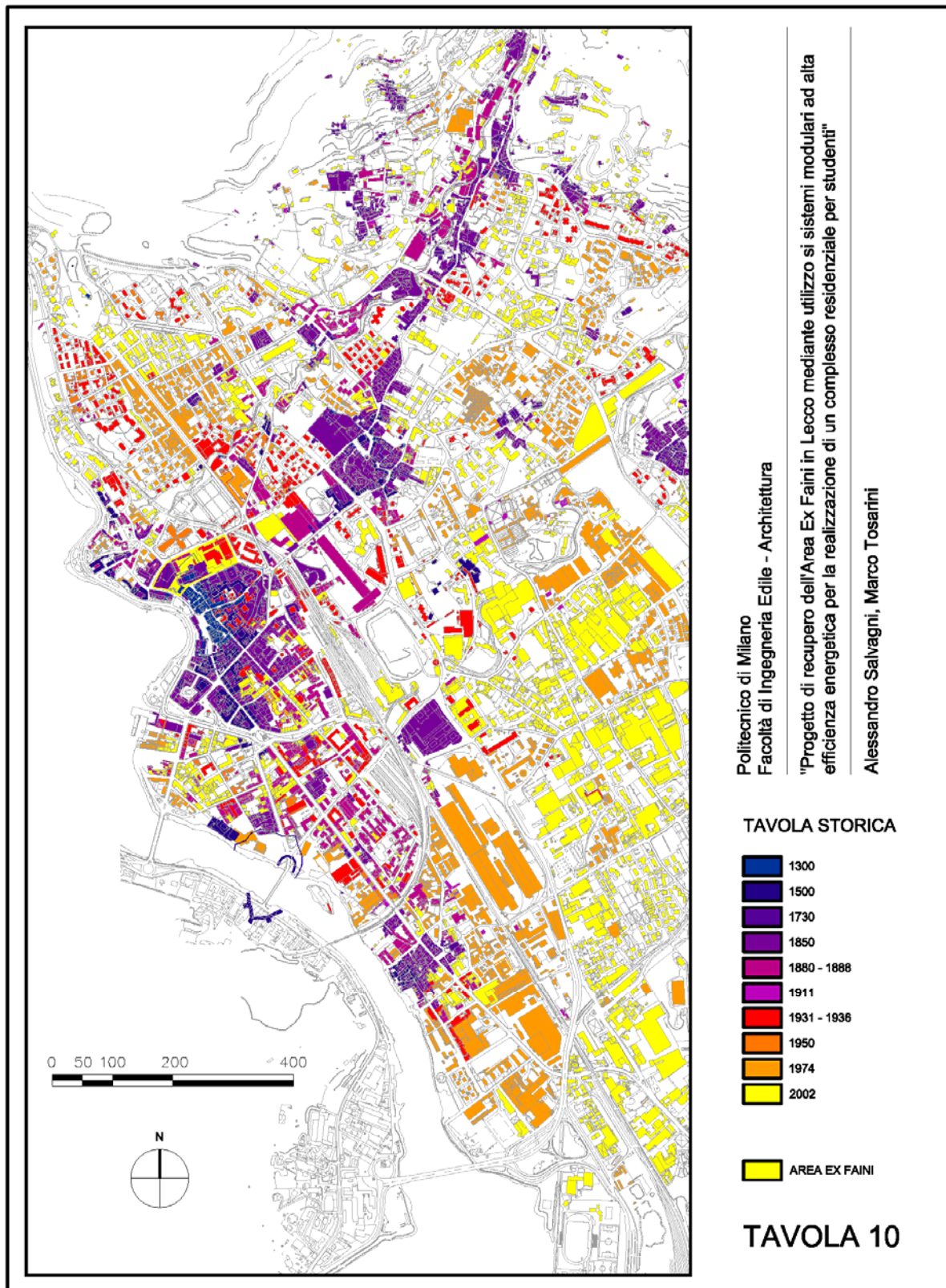
(Tavola storica 8 – situazione dal 1300 al 1950)

2



(Tavola storica 9 – situazione dal 1300 al 1974)

2



(Tavola storica 10 - situazione dal 1300 al 2002)

## 2

## L'AREA

Localizzata in Lecco centro è l'area dell'ex Ditta Faini (Metallurgica Riccardo Faini S.p.a.) produttrice di raggi per biciclette e bacchette per ombrelli. Occupa l'area esterna al tracciato delle mura medievali, appartenuta prima al Conte Belgioioso, all'Ingegnere G. Bovara, al ragioniere Badoni e successivamente alla Parrocchia di S. Nicolò, che l'acquistò nel 1968 e la detiene tutt'ora.



(Immagine satellitare area - Google Map)

Nel 1920 iniziò la costruzione del primo stabilimento dell'Azienda metallurgica Lecchese sull'area venduta dalla Parrocchia, per sopperire alle ingenti spese sostenute per la decorazione interna della Basilica.

Se si analizza la cronistoria della costruzione dei capannoni, si evince che essi risalgono ad epoche differenti.

Ci concentreremo nel progetto di Tesi essenzialmente e in modo particolareggiato sull'unico capannone ad oggi esistente, quello a ridosso della Via Ongania.



## 2

La struttura suddivisa in undici campate è costituita da pilastri con capitelli sagomati in c.a., muratura, e travi di copertura a shed in legno.

Dopo la cessazione dell'attività nel 1960 il complesso non è più stato utilizzato per scopi industriali ma per depositi e per piccole attività artigianali e parzialmente demolito.

L'area oggetto di studio comprende altre ai fabbricati industriali, l'oratorio maschile costruito nel 1942, che ha richiesto numerosi e continui interventi di manutenzione straordinaria a seguito della demolizione dei vicini edifici industriali.

Il lato verso Via Parini è chiuso da un edificio ottocentesco oggi in disuso che ha due piani superiori destinati a residenza con gravi problemi di conservazione e statici.

In adiacenza troviamo la cappella dell'oratorio, realizzata nei primi anni del 1900 con colonnine in ghisa e balconate in legno in stile neogotico.

Di seguito si trova il teatro della capienza di 250 posti, costruito anch'esso nei primi del 1900, caratterizzato da una balconata curva su colonnine in ghisa.

Per maggiore chiarezza cerchiamo in seguito di ricostruire graficamente lo stato di fatto e la storia dell'area con due tavole riportate nelle pagine successive.

Nella parte sud ovest dell'area sorge invece la Basilica che risale al 1566 su resti Tardo Romanici, completata con un ampliamento nel 1883. Nel 1962 è stata aggiunta la nuova sacrestia, il campanile è stato innalzato tra il 1882 e il 1904 sulla base costituita da un torrione quattrocentesco facente parte dell'antica cinta muraria.

La cappella risale invece agli inizi del 1900 e il piccolo teatro al 1920, molto probabilmente ricavato e adattato da altri fabbricati. Nell'area, nella parte ovest è presente un edificio ottocentesco che versa in condizioni di equilibrio precario.

Per quanto riguarda la parte oggetto di intervento destinata ad edifici industriali è stata realizzata in fasce temporali diverse e al giorno d'oggi è occupata solamente dalle strutture più recenti, le prime ad essere costruite sono invece state demolite causa problemi statici e hanno lasciato l'ampio spazio libero centrale al lotto.

L'industria Faini venne definitivamente dismessa negli anni 60 e lasciò i capannoni ad un lento e progressivo degrado che portò al parziale crollo di alcuni di essi a cui seguono tre fasi di demolizione.

# 2

Tra il 1965 e il 1970 viene demolito il nucleo centrale e i due edifici posti a ridosso dell'oratorio oltre che della cortina di edifici a nord della Basilica, lasciando però integri quelli prospettanti sulla pubblica Via.

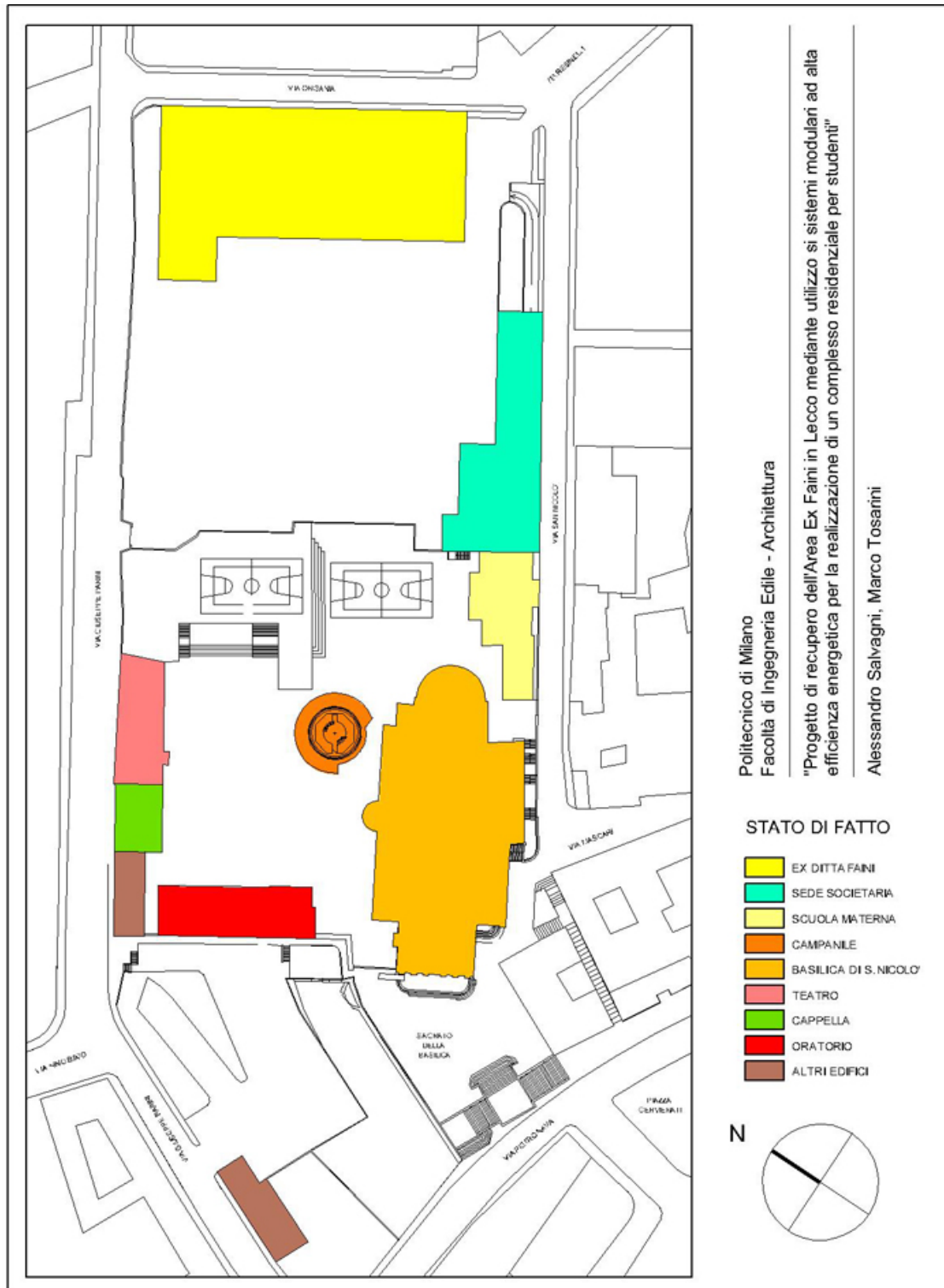
Nel 1996 avviene la demolizione di parte dei capannoni facenti parte del nucleo centrale.

Tra il 1972 e il 2000 , si hanno altre piccole demolizioni dovute essenzialmente alla pericolosità statica.

Allo stato attuale sono stati recuperati, e sopraelevati gli edifici a sud est oggi destinati a sedi societarie e a scuola materna.

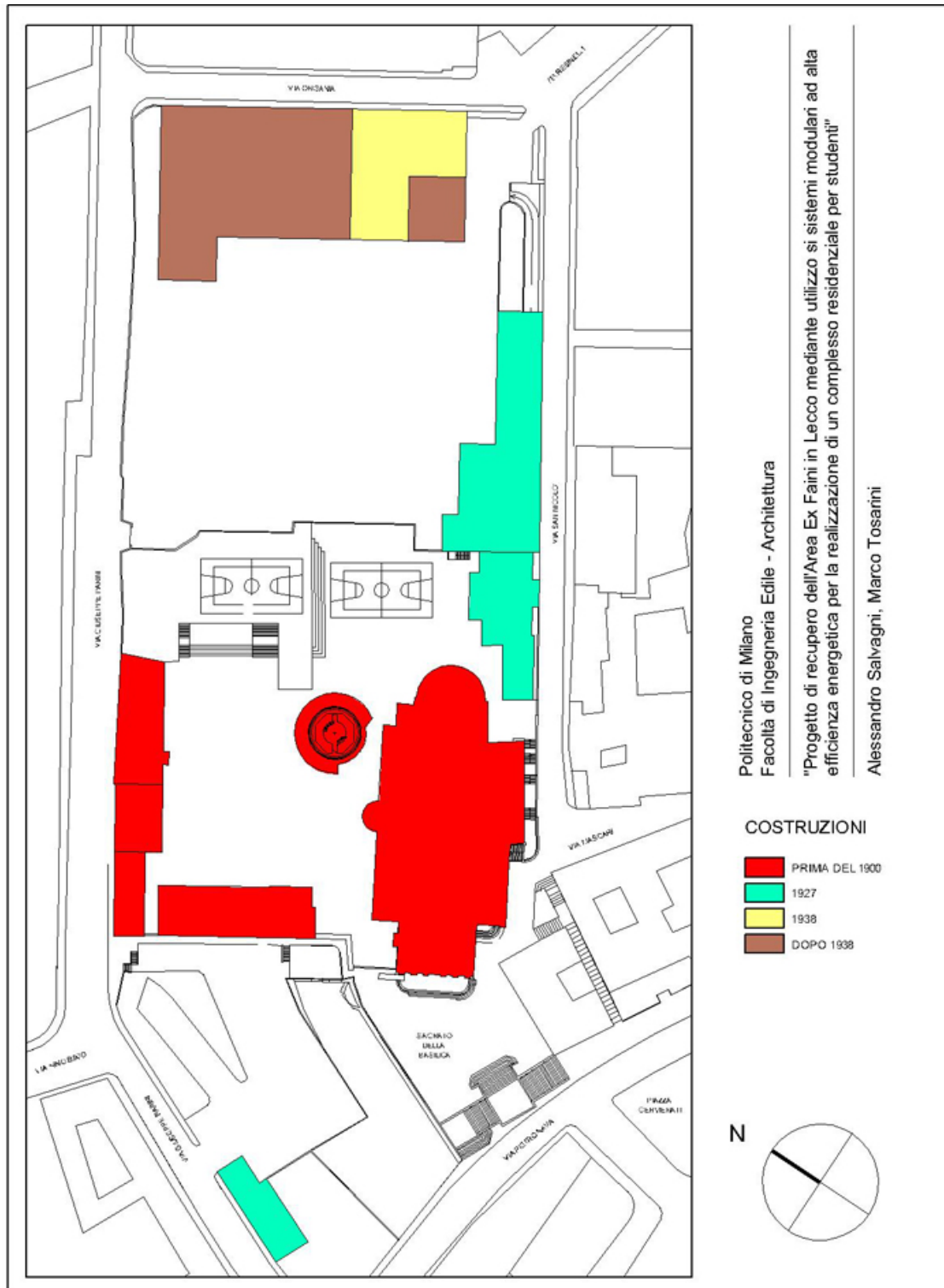
Gli edifici che andremo ad analizzare nella tesi sono quelli posti più a nord , esenti da gravi problemi strutturali e attualmente adibiti a magazzini.

2



(Tavola stato di fatto area di progetto nella situazione attuale: in questa restituzione grafica è possibile identificare le varie tipologie. L'ampia area libera a ovest dell'edificio ex ditta Faini deriva da recenti demolizioni di edifici industriali)

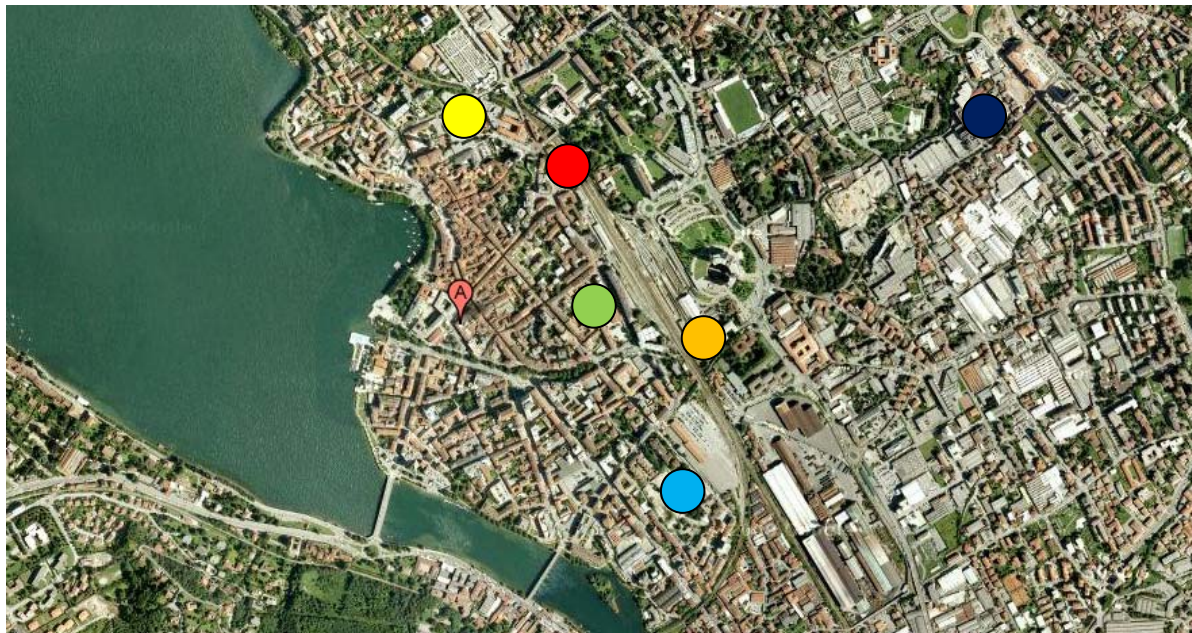
2



(Tavola stato di fatto area di progetto con cronologia di edificazione. Questa ricostruzione grafica delinea, sugli edifici esistenti la cronistoria di realizzazione. Si evince che gli edifici industriali oggi esistenti sono quelli più recenti e in miglior stato di conservazione. Saranno, insieme all'area lasciata libera dagli altri complessi quelli oggetto di intervento)

## 2

## DISLOCAZIONE DEL POLITECNICO DI MILANO IN LECCO



(Immagine satellitare città di Lecco - Google Map)

- Stazione ferroviaria di Lecco.
- Sede principale Politecnico di Milano, Polo di Lecco, Via Marco d'Oggiono.
- Politecnico di Milano, Polo di Lecco, Via Giovanni Amendola.
- Politecnico di Milano, Polo di Lecco, C.so Promessi Sposi.
- Nuovo Campus Politecnico di Milano (Anno 2010), Via Ghislanzoni.
- Complesso residenziale flessibile per studenti, Area ex. Faini

Allo stato attuale il Politecnico di Milano è presente nel territorio della città di Lecco con la sede principale in Via Marco d'Oggiono e le aule in Via Giovanni Amendola e Corso Promessi Sposi. Recente l'intervento nell'area Ghislanzoni con l'intervento

## 2

Campus Point e il successivo ampliamento che andrà ad occupare l'area dell'ex Ospedale.

L'intervento che si propone nell'ambito di Tesi è dislocato nell'area più prossima alla stazione ferroviaria e al centro storico della città, posizione "ideale" per la destinazione d'uso proposta e per la possibile futura flessibilità d'uso del complesso.

### **FORZE, DEBOLEZZE, OPPORTUNITA', MINACCE**

Definita anche più semplicemente analisi F.D.O.M. ci permette di meglio individuare le peculiarità dell'area in oggetto.

Possiamo considerare **FORZE** dell'area in questione:

- La centralità rispetto al nucleo storico di Lecco;
- La vicinanza alla stazione ferroviaria;
- La vicinanza alla biblioteca comunale;
- La vicinanza alle principali arterie di comunicazione stradale;
- La prossimità al lago;
- Legame alla tradizione religiosa del lotto e vicinanza al Battistero;
- Carattere essenzialmente aggregativo dell'area, vista la presenza di un oratorio, una scuola e sedi di associazioni;
- Prossimità a molteplici servizi "di quartiere".

Possiamo considerare **DEBOLEZZE** dell'area:

- Vicinanza alle zone più congestionate di traffico veicolare anche se limitatamente ad alcuni orari della giornata e della settimana;
- Mancanza di ampie zone a verde.

Le **OPPORTUNITA'** possono essere riassunte essenzialmente in:

- Possibilità di diventare un'ulteriore area di richiamo e di incontro per la città;

## 2

- Riqualficazione dell'area libera e possibile utilizzo quale zona a verde o a parco pubblico;
- Possibilità di diventare ulteriore percorso di collegamento tra il lago e il centro storico oltre che alla stazione dei treni.

Le **MINACCE** riscontrabili:

- Presenza e vicinanza a edifici che necessitano interventi strutturali anche importanti;
- Presenza della parte industriale pressochè abbandonata e lasciata al degrado.

*"L'originalità consiste nel tornare alle origini."*

*Antoni Gaudi*

---



Ω IL RILIEVO GEOMETRICO



# 3

L'operazione di rilievo geometrico consiste nella misurazione effettuata in loco della struttura e nella successiva restituzione grafica di piante, sezioni e prospetti del complesso in esame. Le misure devono tenere in considerazione la possibilità di errori (incertezze determinate dai sistemi, dagli strumenti di misurazione e dalla capacità tecnica degli operatori oltre alle irregolarità della geometria della struttura).

## I SISTEMI DI MISURAZIONE DIRETTA ED INDIRECTA

Nei sistemi di misurazione diretti viene instaurato un rapporto immediato con la fisicità dell'edificio e tramite il metro, la rotella metrica, le aste rigide graduate e i moderni distanziometri laser si misurano, toccandole materialmente, tutte le parti dell'edificio. La presa delle misure viene finalizzata non tanto alla rilevazione delle caratteristiche formali e figurative, ma a tutto ciò che è utile per l'elaborazione del progetto. Tecnicamente il rilievo diretto può procedere secondo il metodo della "trilaterazione" oppure secondo quello "delle ascisse ed ordinate". Ogni punto della trilaterazione dovrebbe essere oggetto di una livellazione preventiva, per evitare che venga lasciata alla discrezionalità dell'operatore la definizione della quota relativa del punto. Fattori quali la pendenza dei pavimenti, la presenza di scalini o rampe, possono far variare altimetricamente, anche di parecchie decine di centimetri, la quota di un punto rilevato. A volte la particolare conformazione della struttura da rilevare (superfici con andamento non rettilineo o di particolari strutture prive di spigoli) non consente l'impostazione di una trilaterazione corretta, per cui è necessario ricorrere ad un altro sistema di misurazione. E' necessario proiettare ortogonalmente su una retta di riferimento tutti i punti da rilevare e misurare poi la distanza progressiva dall'origine della retta di tutti i punti proiettati con il metodo chiamato "delle ascisse e delle ordinate" che meglio si adatta in genere ai rilevamenti di dettaglio, perché può produrre sensibili deformazioni nelle distanze maggiori.

Nei sistemi di misurazione indiretti non c'è invece il contatto materiale con l'edificio in quanto si interpone sempre lo strumento. A seconda poi del tipo e caratteristiche dello strumento il rilievo indiretto può essere topografico, fotogrammetrico o aerofotogrammetrico, o fotografico.

---

# 3

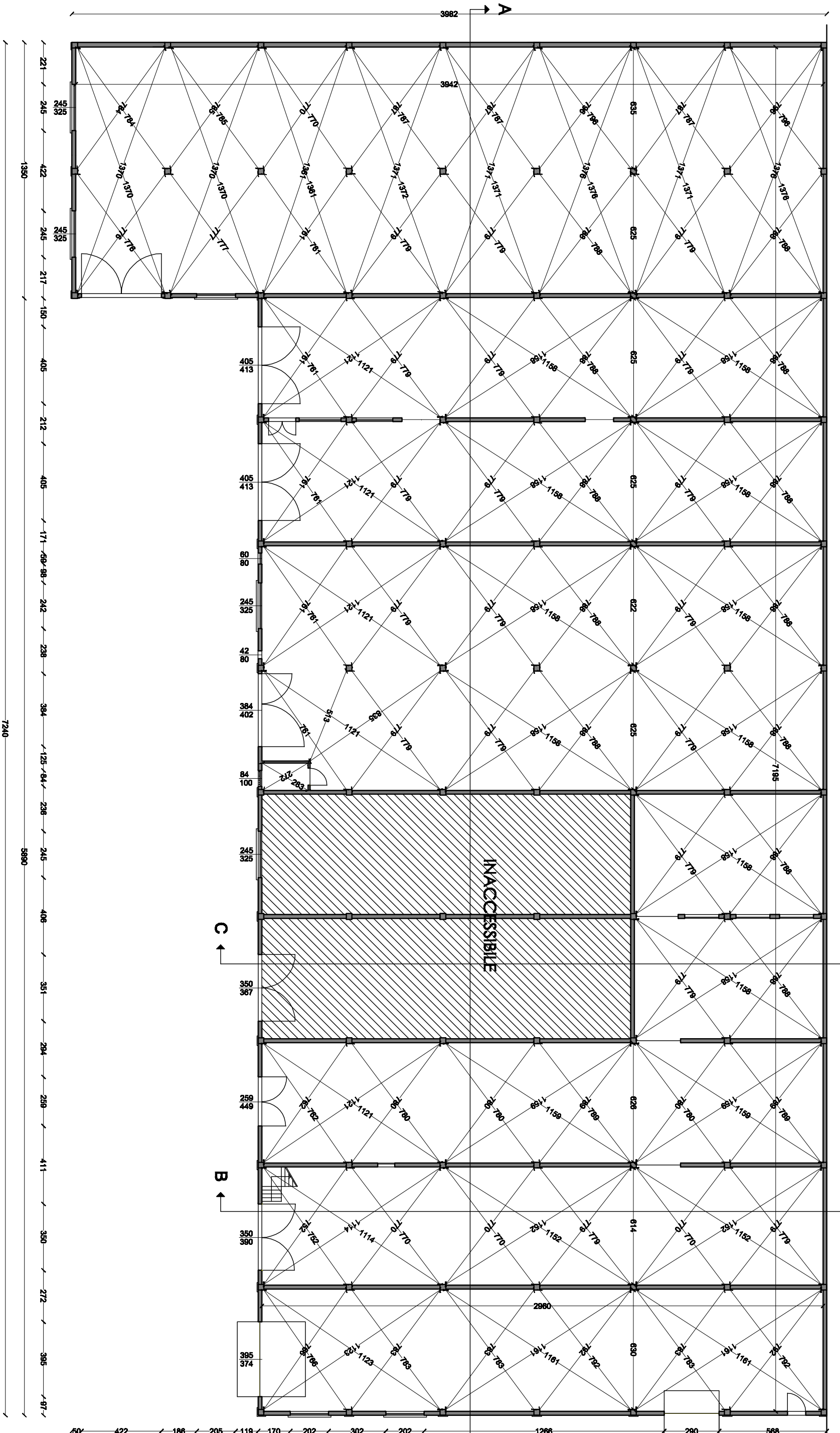
---

I sistemi di misurazione indiretti sono complementari e di supporto a quelli diretti e hanno lo scopo di fornire quei controlli e quelle verifiche a livello topografico che consentono di ottenere elevati livelli di scientificità e precisione.

Tra i modi di determinazione dei punti nello spazio si utilizzano quello degli "irradiamenti" e quello delle "intersezioni". Il primo si basa sull'uso delle coordinate polari che forniscono la distanza dal punto di stazione a quello battuto e l'angolo azimutale. Il metodo è di estrema praticità in quanto consente la rilevazione di più punti da un'unica stazione ma possiede alcune controindicazioni tra cui la scarsa precisione degli strumenti ottici nella rilevazione indiretta delle distanze (con strumenti tradizionali come teodolite e tacheometro è consigliabile non superare la distanza di un centinaio di metri, mentre con gli strumenti elettronici è possibile coprire distanze superiori al chilometro). Il metodo delle intersezioni consente di determinare un punto nello spazio nel caso questo non sia accessibile. Le intersezioni che possono essere eseguite secondo diverse metodologie si basano sulle proprietà dei triangoli per cui, dati degli angoli e dei lati, è possibile ricavare le incognite tramite semplici formule trigonometriche. Il metodo più in uso e più utile nel rilievo indiretto, consiste nella possibilità di determinare i 2 lati e l'angolo incognito compreso avendo noti gli altri 2 angoli e la loro distanza.

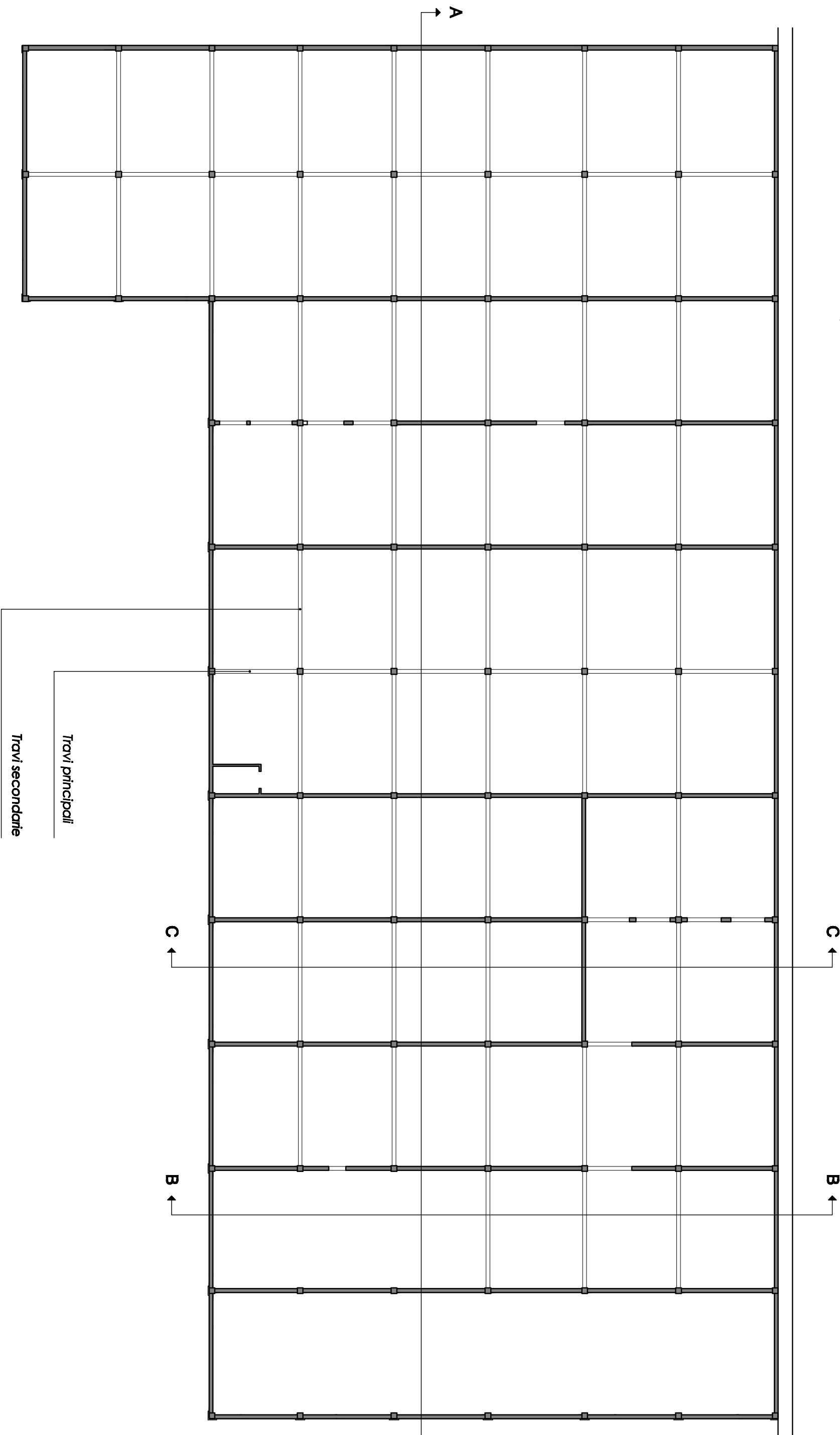
Nel nostro specifico si riporta di seguito la restituzione grafica dei rilievi metrici effettuati sul campo dell'edificio industriale Ex Faini.

3

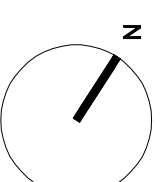


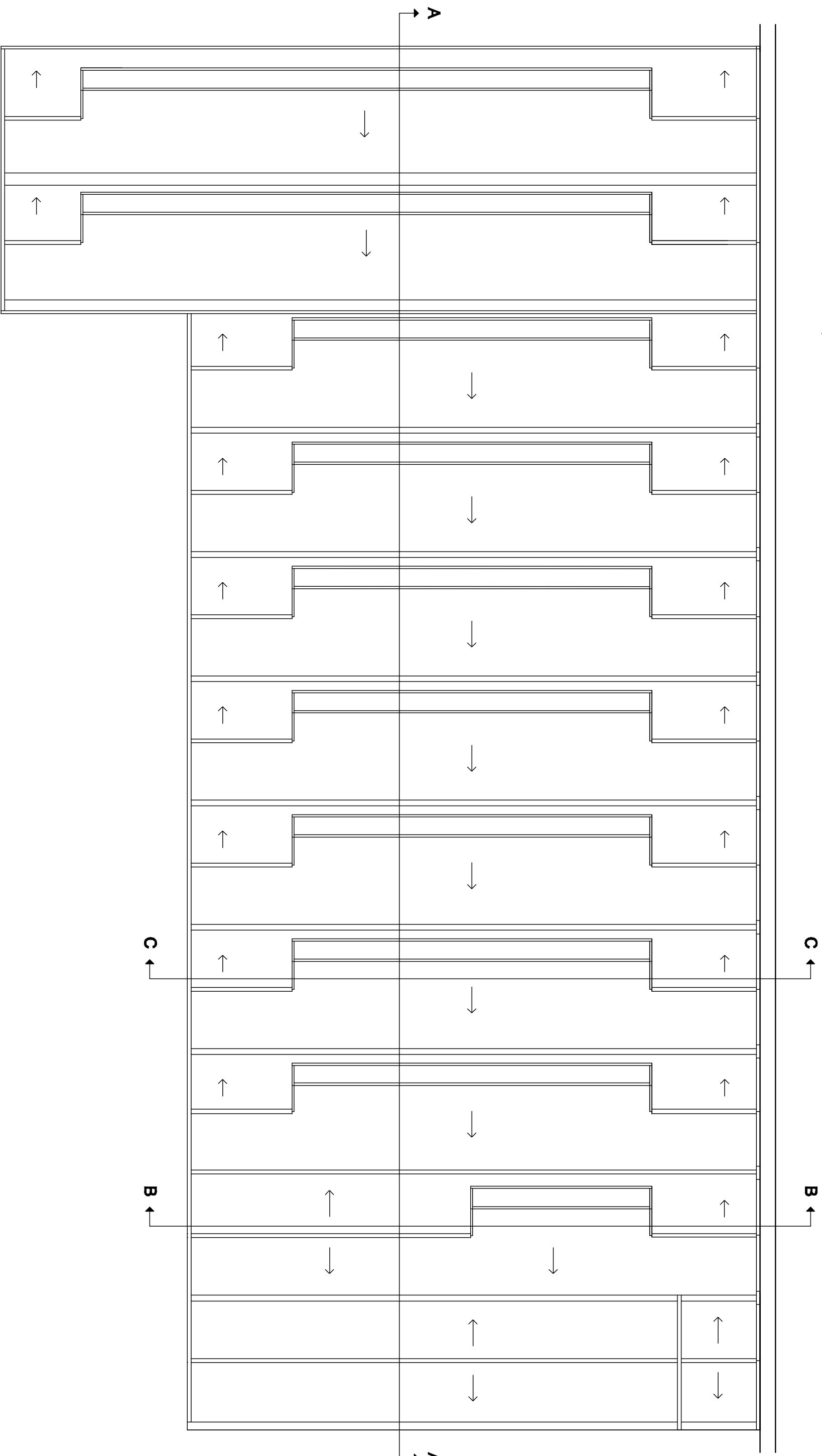
SEZIONE ORIZZONTALE QUOTATA PIANO TERRA

3



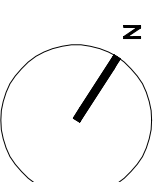
DISPOSIZIONE DELLE TRAVI PRINCIPALI E SECONDARIE



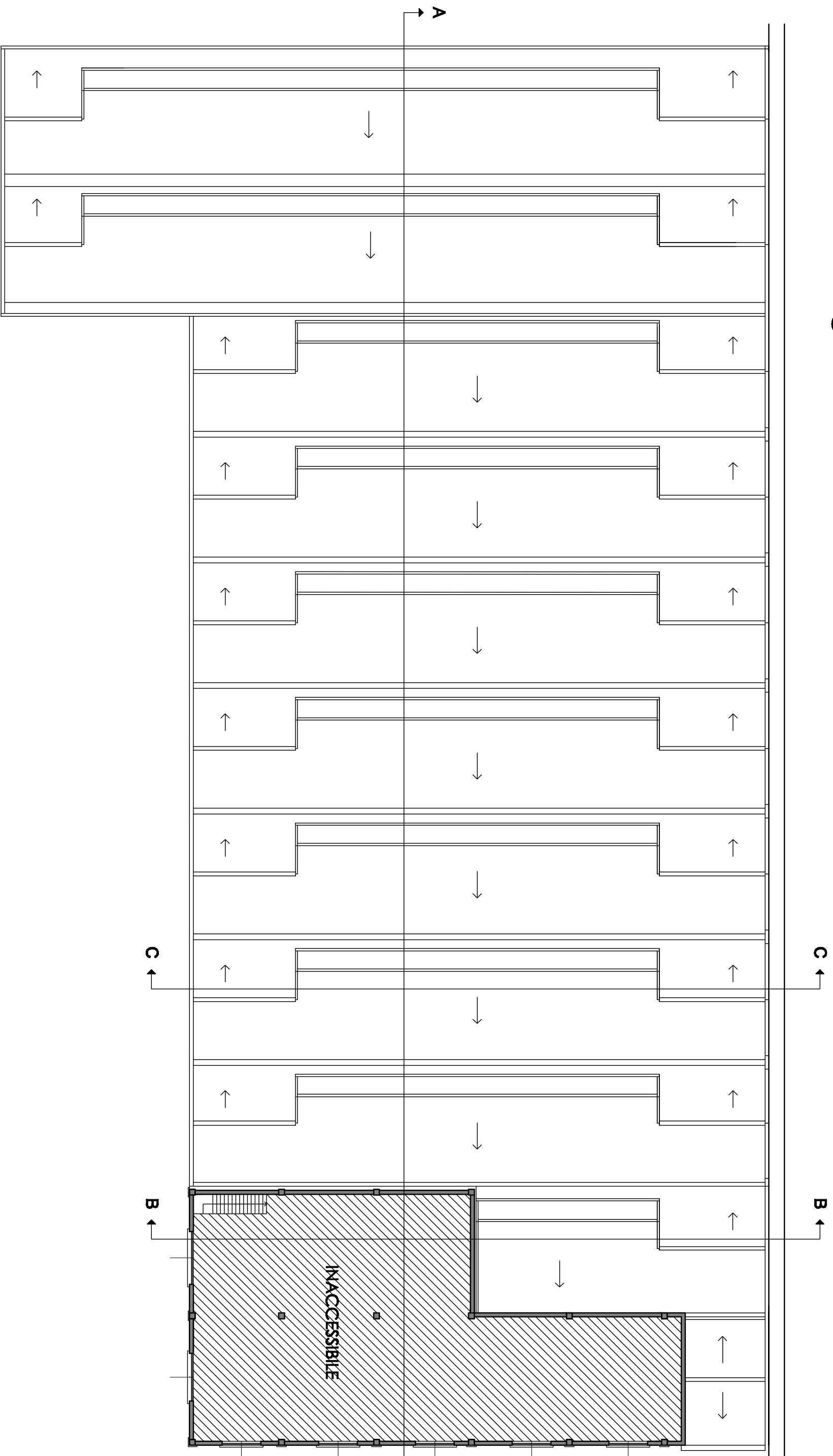


30

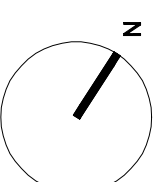
PIANTA DELLA COPERTURA



# 3

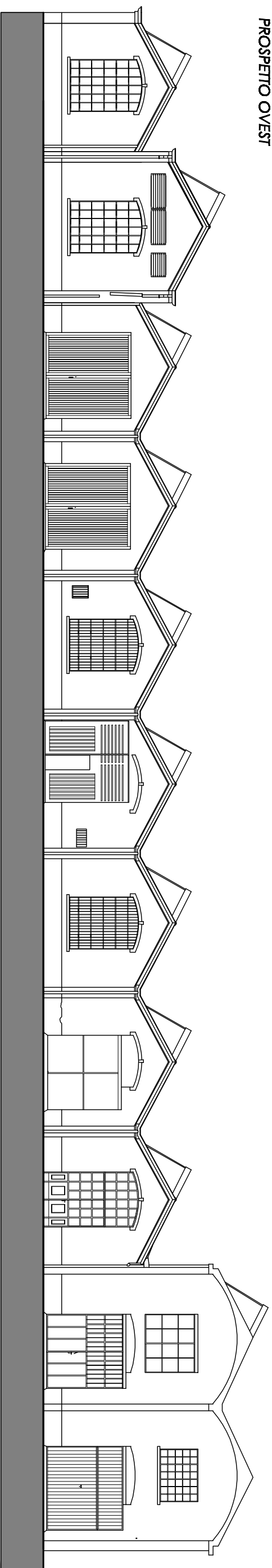


SEZIONE ORIZZONTALE QUOTATA PIANO PRIMO

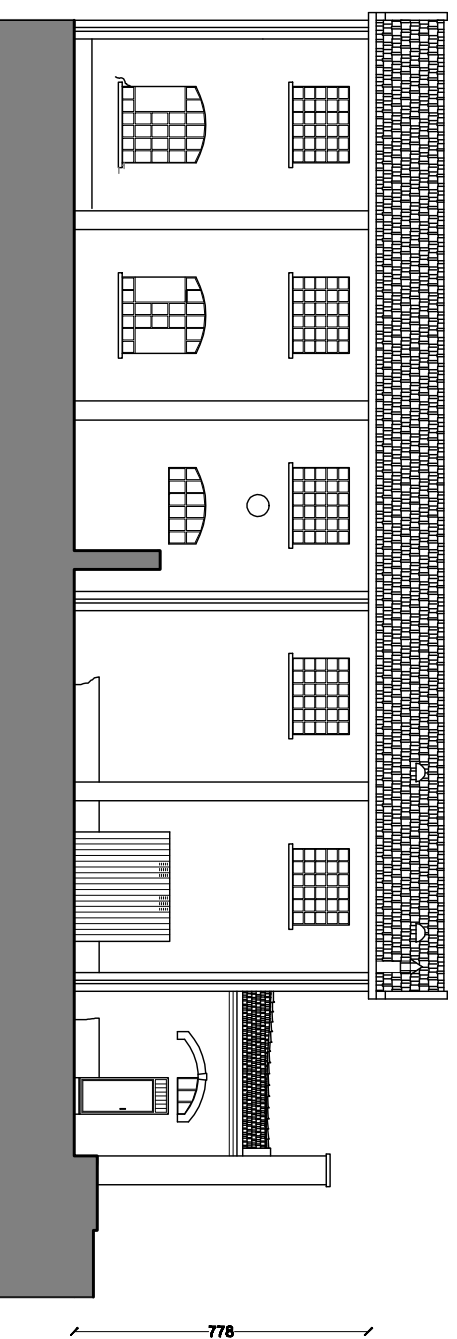


3

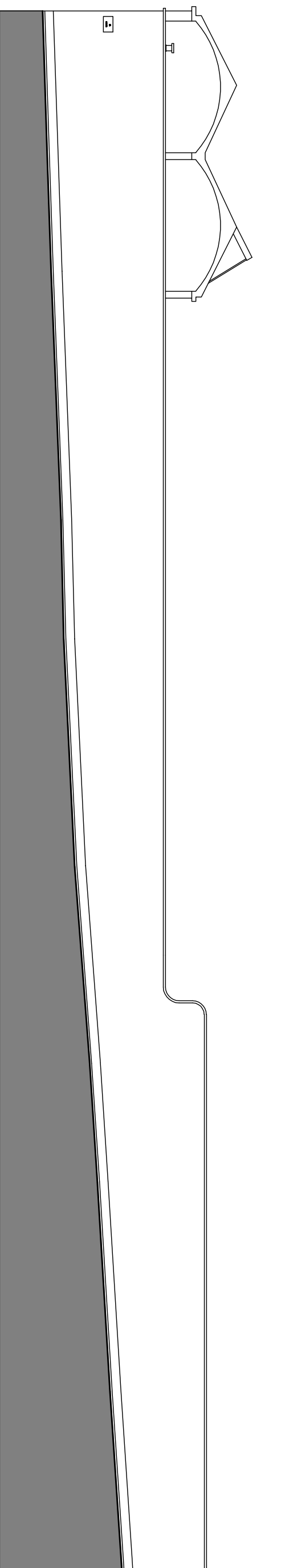
PROSPETTO OVEST



PROSPETTO SUD

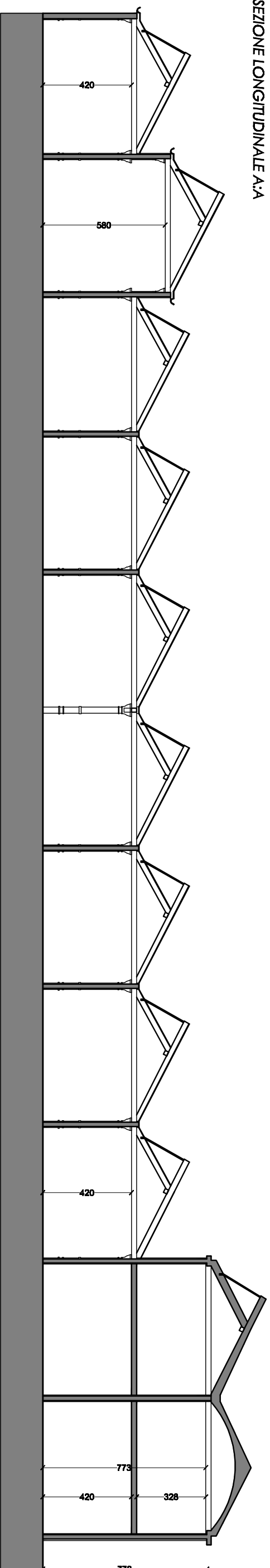


PROSPETTO EST

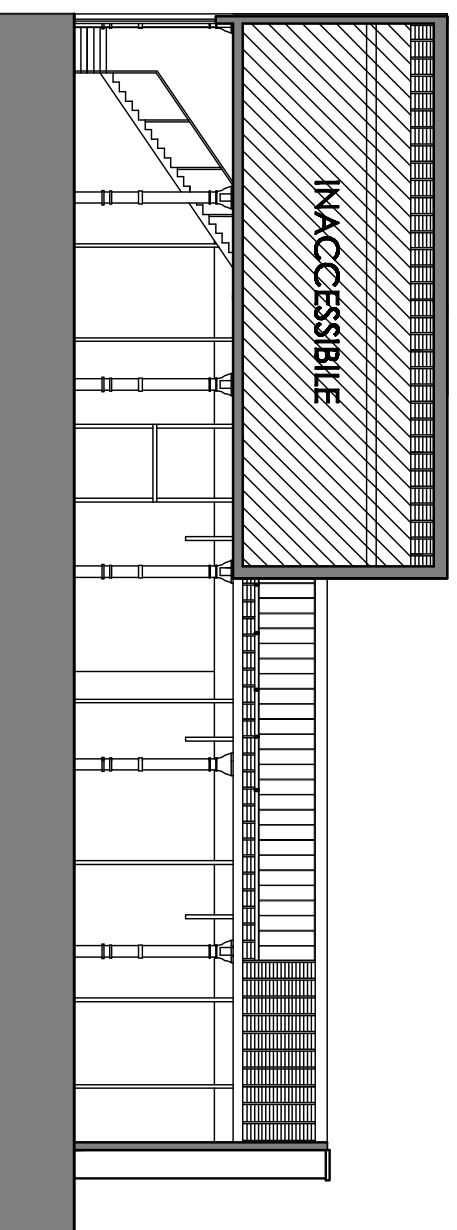


3

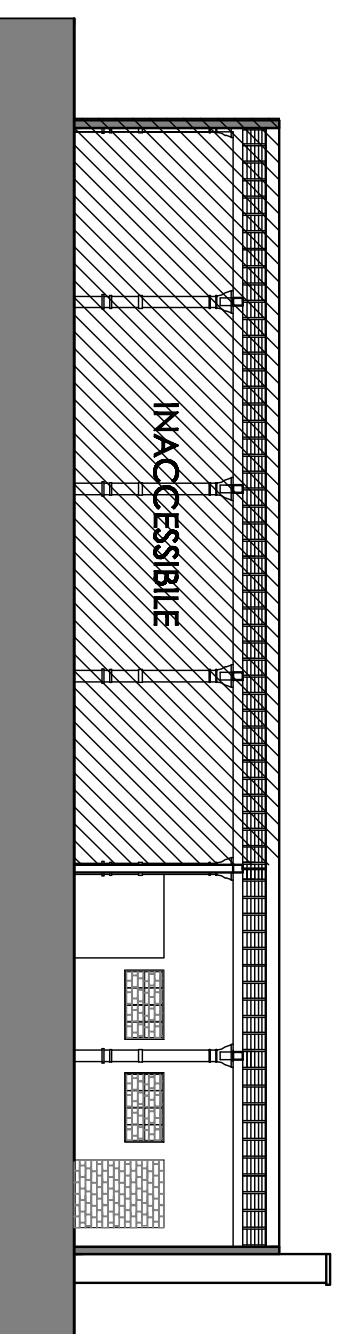
SEZIONE LONGITUDINALE A:A



SEZIONE LONGITUDINALE B:B



SEZIONE LONGITUDINALE C:C



SEZIONI ALLO STATO DI FATTO





*"Il giorno in cui il mattone ti parla, tu sarai architetto"*

*Santiago Calatrava*

---



# 4

## IL DEGRADO

Nel seguente capitolo si procede all'analisi e catalogazione delle patologie riscontrate sugli edifici oggetto di analisi. Verranno catalogati i principali materiali, le tipologie costruttive e i degradi in esse riscontrati.

Prima di ogni intervento di recupero, degno di essere denominato tale bisogna infatti procedere ad una sistematica indagine relativa ai fenomeni di degrado rilevati seguendo una precisa logica. Partendo dunque dalle manifestazioni di degrado, si individuano, mediante soluzioni logiche le soluzioni per il ripristino ritenute ottimali.

Abbiamo quattro fasi strettamente connesse tra loro:

- Indagine
- Pre-diagnosi
- Diagnosi
- Intervento

## L'INDAGINE

Il lavoro viene condotto in loco, registrando lo stato di degrado prestazionale, attraverso l'identificazione di anomalie visibili.

Il concetto di anomalia non è associato ad un giudizio e non è correlato a un preciso guasto o decadimento prestazionale; i rapporti causa-effetto saranno infatti evidenziati successivamente, nella fase diagnostica. In questa fase non si interpretano i dati, ma ci si limita a leggere l'edificio. Successivamente vengono redatte delle tavole d'insieme, in cui si evidenzia una mappatura completa della situazione esistente.

## PRE-DIAGNOSI

La fase di *pre-diagnosi* conduce all'individuazione dei meccanismi di alterazione che possono avere determinato le condizioni di degrado rilevate, formulando programmi per la fase di diagnosi.

# 4

## DIAGNOSI

La *diagnosi*, invece, consiste nell'approfondimento dell'indagine, mediante prove in opera o in laboratorio, da svilupparsi con tecniche e strumenti più o meno specialistici.

Nel caso in esame, sono stati analizzati gli elementi riferiti alle facciate e alle murature perimetrali; in fase diagnostica sono state fornite indicazioni teoriche su una molteplice gamma di tecniche di intervento. Questo elenco ci ha permesso di dare una visione più completa delle diverse modalità di intervento, per identificare il processo più corretto a fronte di ogni problema riscontrato.

## L'INTERVENTO

Il risultato finale del processo diagnostico si concretizza nella prescrizione dell'intervento, inteso come individuazione della soluzione, della tecnologia e dei materiali di ripristino.

La scelta finale dell'intervento deve essere effettuata in modo tale da non modificare il comportamento del sistema, inducendo alterazioni funzionali che possano compromettere subsistemi interagenti; da consentire successivi interventi manutentivi, sempre tenendo in debito conto la sua economicità intesa come rapporto tra qualità, costo e obiettivi funzionali.

## INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Gli interventi di manutenzione su un'opera edilizia possono essere suddivisi in:

- **Interventi conservativi:** finalizzati a confermare la soluzione principale esistente (consolidamento o ripristino parziale);
- **Interventi modificativi:** consistenti nell'alterazione di un intero subsistema o di una sua parte, per migliorarne il comportamento o per motivi tecnico-economici quali l'obsolescenza delle tecnologie di realizzazione originali;
- **Interventi integrativi:** riferiti ad interventi di riadeguamento funzionale o di riqualificazione a causa di un mutato quadro esigenziale o contestuale.

## 4

**CAUSE E PROCESSI DI DEGRADO**

Si intende con il termine "*degrado*" quella alterazione tipica degli agenti chimici, fisici e biologici, che provoca effetti distruttivi o modificativi nella composizione della materia.

Con "*dissesto*", invece, si intende quella serie di problemi legati sempre alle alterazioni degli equilibri statico-strutturali del modello costruttivo. Le deformazioni e le fessurazioni sono le manifestazioni visibili del dissesto; le prime sono fenomeni che rimangono nei limiti di elasticità e plasticità del materiale più rigido componente, mentre le altre sono interruzioni nella continuità della struttura reagente e, in molti casi, costituiscono il passo successivo dopo la deformazione.

Si propone quindi di distinguere le "**cause intrinseche**", legate alla fisicità delle strutture, ai materiali costruttivi, alle caratteristiche del sito, da quelle "**estrinseche**", dovute ad altri fattori scaturiti successivamente alla costruzione e indipendenti da essa, connessi principalmente all'aggressività ambientale, agli eventi provocati dall'uomo, alle mutazioni dell'ambiente circostante.

**CAUSE INTRINSECHE**

La cause intrinseche, precedenti o contemporanee alla nascita dell'edificio, comprendono un gruppo di fattori legati alle caratteristiche fisiche della costruzione, che è edificata ormai da decenni, e possono essere relative:

- **Al posizionamento:** generate dall'ambiente nel quale l'edificio è collocato e riferite, ad esempio alla natura del terreno; esse provocano nelle strutture in elevazione fenomeni di dissesto, in quanto sono legate a modificazioni degli equilibri statici del sistema di strutture.
- **Alla struttura:** cioè quelle dovute a deficienze nella composizione dei singoli materiali originate da errori nella concezione del progetto o relative al momento della realizzazione e quindi collegate ad errori costruttivi; anche se provocano alterazioni che generalmente hanno modesta entità, possono a volte squilibrare nel modo più vario intere parti di edificio.

## 4

## CAUSE ESTRINSECHE

Esse raggruppano tutte quelle problematiche nate successivamente alla costruzione dell'edificio e legate ad alterazioni fisiche chimiche o meccaniche, che sono dovute a fattori intervenuti dall'esterno.

Le cause estrinseche si suddividono in due sottogruppi:

- ***Dovute all'opera dell'uomo***: cioè legate all'uso dell'edificio nel tempo e nei casi di adeguamento tecnologico che possono modificare l'equilibrio statico generale.
- ***Rappresentate dagli agenti naturali***: cioè legate, da un lato ai macrofenomeni naturali come alluvioni e frane di breve durata ma con altissima intensità distruttiva, e dall'altro agli agenti fisico chimici e biologici che producono microdegradazioni con carattere continuato o progressivo. Gli agenti naturali ad azione occasionale (frane, eruzioni, terremoti, alluvioni) sono generalmente imprevedibili e di tale intensità distruttiva da comportare spesso conseguenze irreparabili e catastrofiche. Quelli ad azione prolungata invece, possono essere di origine fisico-meccanica, chimica oppure biologica. Nel gruppo dei fenomeni di origine fisica, il più importante è quello del *gelo* che provoca effetti come il decoesione degli strati superficiali e gli stacchi di materia più o meno consistenti, in superficie o anche in profondità. Altro fenomeno fisico è quello delle *dilatazioni differenziate*: nell'interfaccia tra la zona riscaldata e quella in cui non arrivano gli effetti delle radiazioni solari, si verificano sforzi meccanici che sottopongono il materiale a profonde sollecitazioni e che lo indeboliscono fino a provocarne la frantumazione. Tipicamente di origine fisico-meccanica sono tutte quelle manifestazioni originate da *acqua* e *aria* che possono agire singolarmente o associati. Un effetto assai grave, provocato dalla pioggia battente e il ruscellamento. Nell'ambito dei fenomeni di origine chimica, gli effetti distruttivi si possono fare risalire principalmente alla cristallizzazione salina ed agli inquinamenti chimici dell'ambiente. Il fenomeno di *cristallizzazione salina* segue un meccanismo analogo a quello del gelo-disgelo, infatti quando si formano dei cristalli di ghiaccio all'interno dei pori del materiale, creano, con

## 4

il loro aumento di volume, forze meccaniche che tendono a scalzare porzioni di materia. Tali forze saranno più forti quanto maggiore sarà la percentuale di sale nel liquido. Analizzando gli agenti di origine biologica, si individuano quelli *macroscopici* (animali o insetti), che possono produrre nocive conseguenze degradanti intaccando direttamente la materia oppure indirettamente tramite gli escrementi o l'accumulo di animali morti; quelli *microbiologici* che vengono suddivisi in autotrofi (le alghe, i licheni, i solfobatteri e i batteri) ed eterotrofi (i funghi e gli attinomiceti).

E' importante notare che, indipendentemente dalla natura del fenomeno e dal tipo di materiale, nella quasi generalità dei casi, tali cause sono sempre innescate dall'acqua presente nella costruzione. Se l'acqua si infiltra dall'esterno, umidità di invasione, allora potrà provenire dal sottosuolo (con risalita capillare), da alluvioni, dall'atmosfera esterna (dilavamento meccanico e infiltrazioni connesse al fenomeno della pioggia battente) ed all'atmosfera interna per effetto condensa. Se l'umidità proviene invece dall'interno delle strutture è detta di costruzione; in questo caso può essere provocata da materiali (per diversa conducibilità termica e porosità, che generano fenomeni di condensa isolata), dall'acqua di costruzione contenuta nelle malte e nei laterizi, da danni interni alla struttura come perdite di grondaia e pluviali, o dalla condensa di tubazioni sotto traccia.

## 4

## TIPOLOGIA SCHEDA TIPO INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO:

Scheda Fotografica <b>Orientamento</b>	Numerazione elemento in esame
---	-------------------------------------

<b>Rilievo Fotografico:</b>
-----------------------------

Presa fotografica effettuata
------------------------------

<b>Punto di presa:</b>	<b>Descrizione:</b>
------------------------	---------------------

Localizzazione in pianta del punto di presa	Specifiche tecniche della presa effettuata
---	---

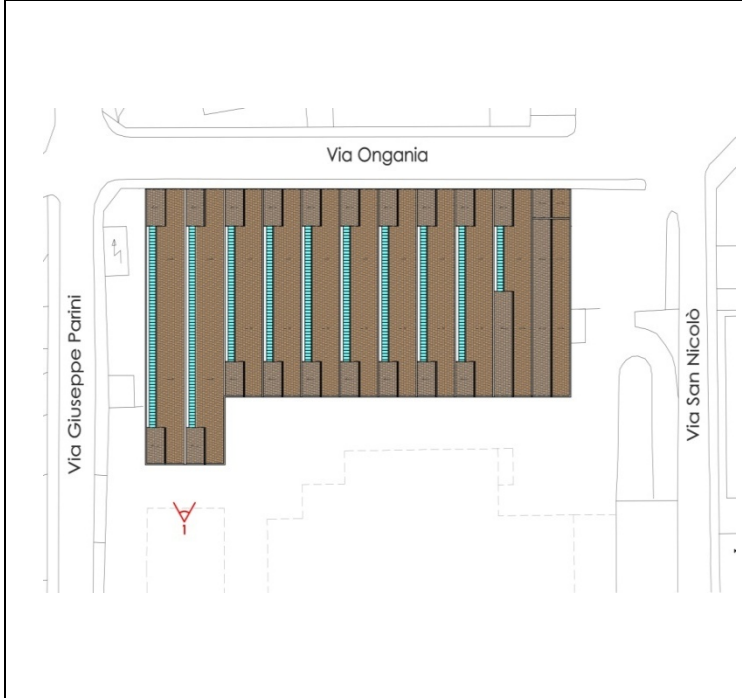
4

Scheda Fotografica SUD - OVEST	1
-----------------------------------	---

Rilievo Fotografico:



Punto di presa:	Descrizione:
-----------------	--------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.



## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

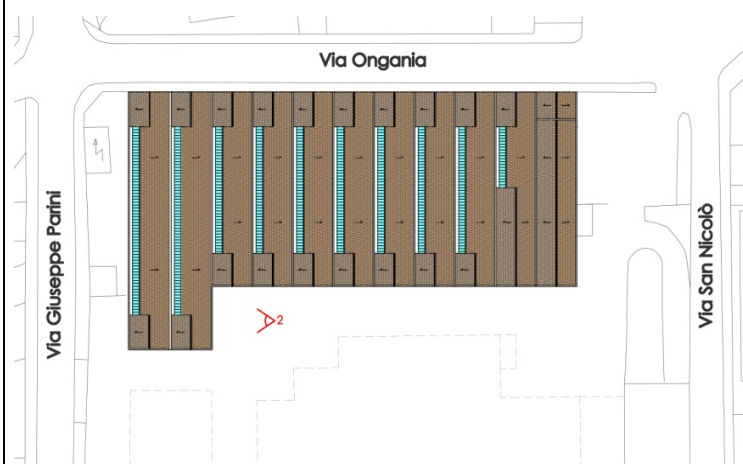
2

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

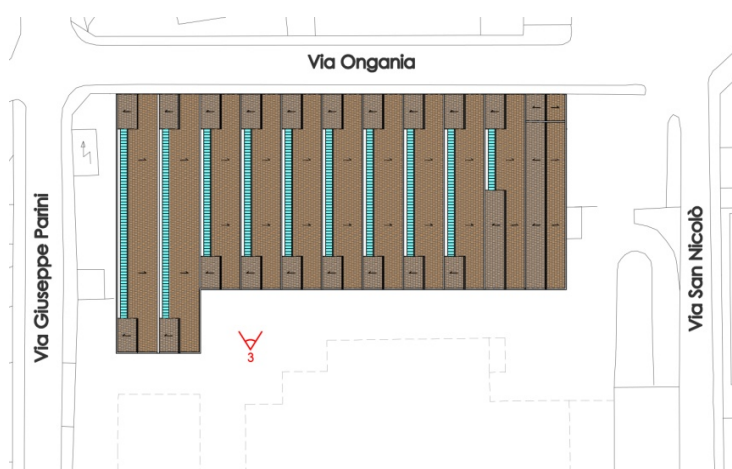
3

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

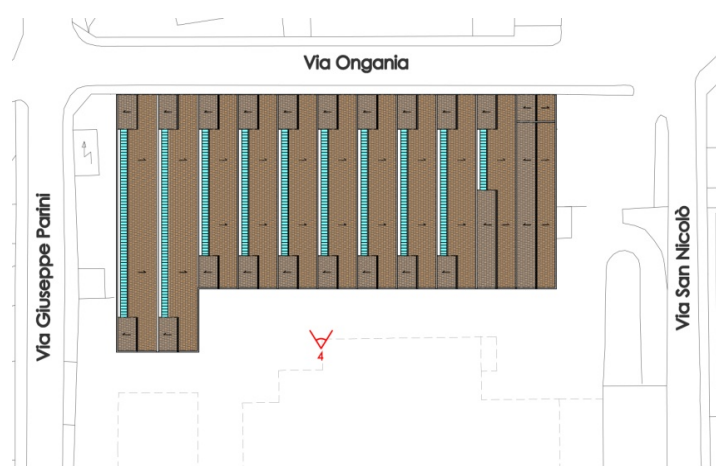
4

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

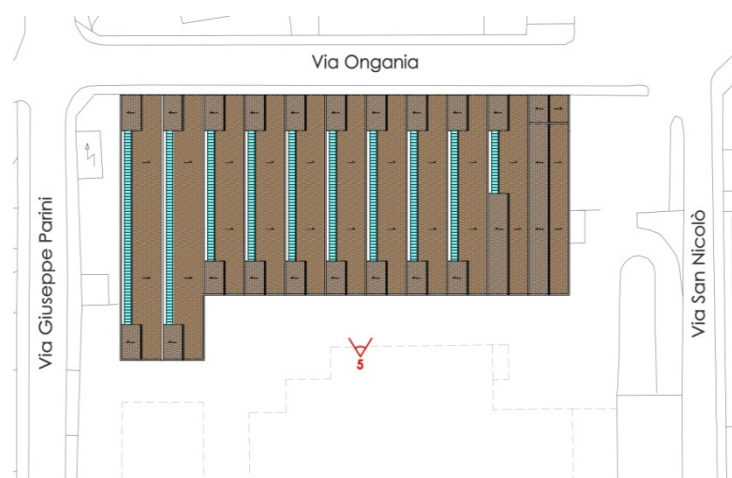
5

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

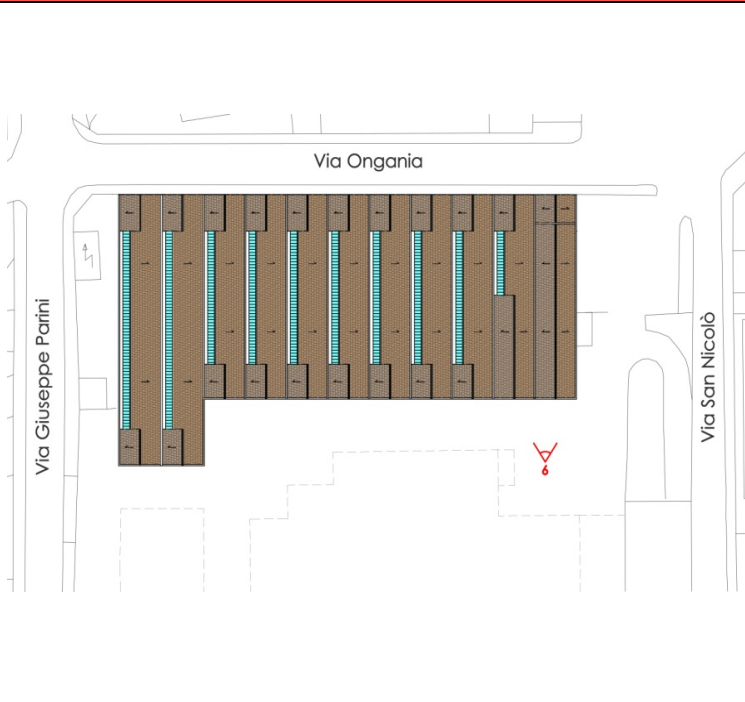
4

Scheda Fotografica SUD - OVEST	6
-----------------------------------	---

**Rilievo Fotografico:**



<b>Punto di presa:</b>	<b>Descrizione:</b>
------------------------	---------------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exlim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - EST

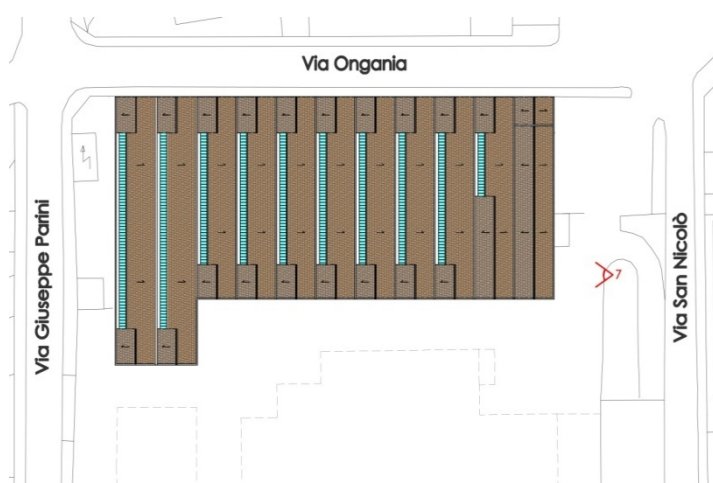
7

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - EST

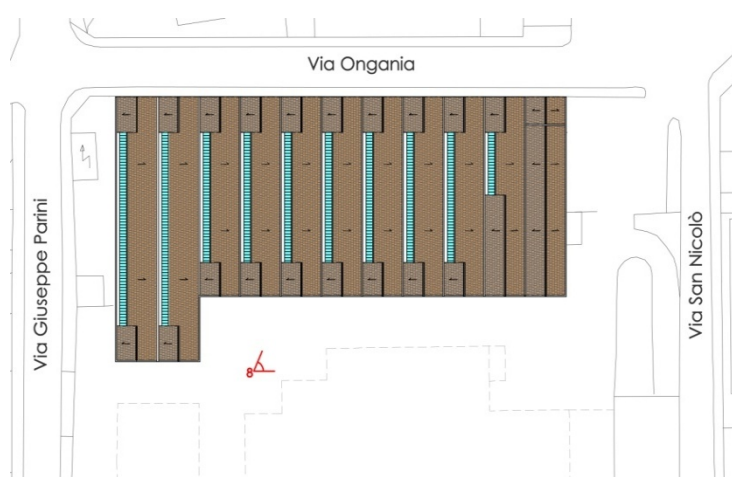
8

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - EST

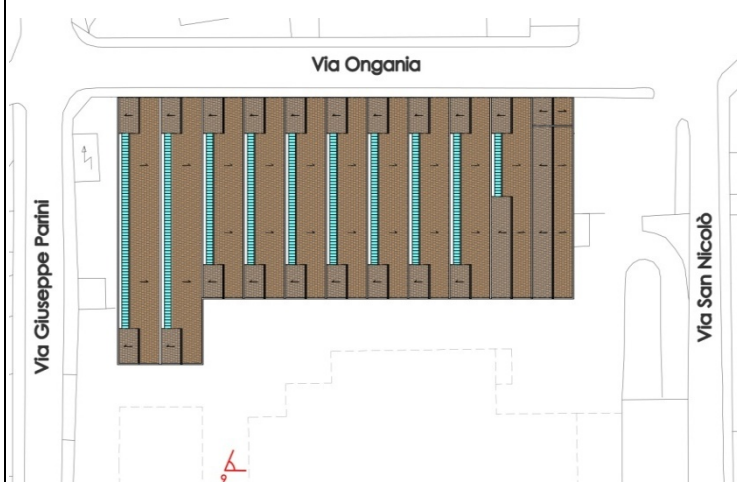
9

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.



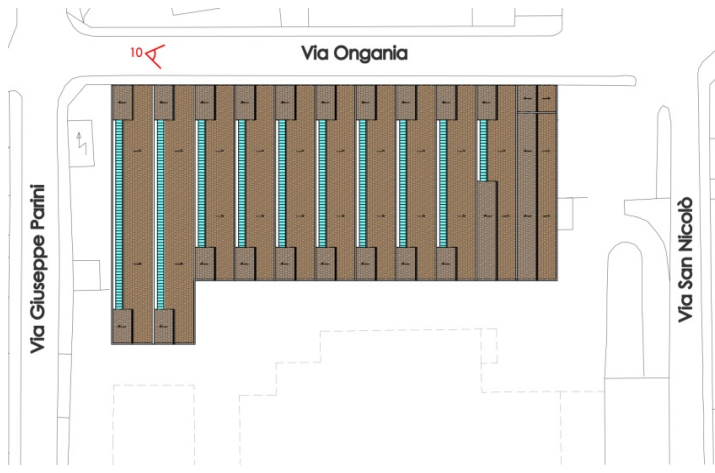
4

Scheda Fotografica NORD - EST	10
----------------------------------	----

**Rilievo Fotografico:**



Punto di presa:	Descrizione:
-----------------	--------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

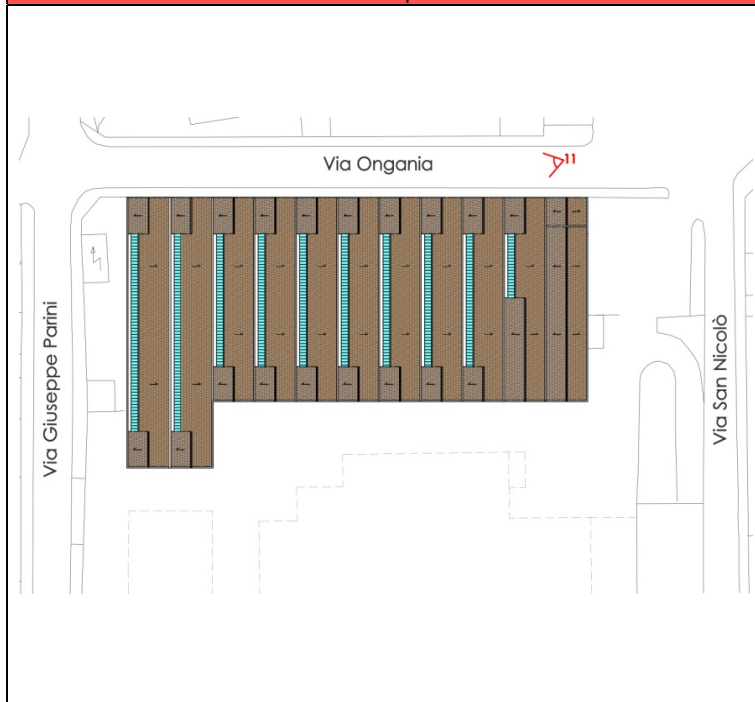
4

Scheda Fotografica NORD - EST	11
----------------------------------	----

**Rilievo Fotografico:**



Punto di presa:	Descrizione:
-----------------	--------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

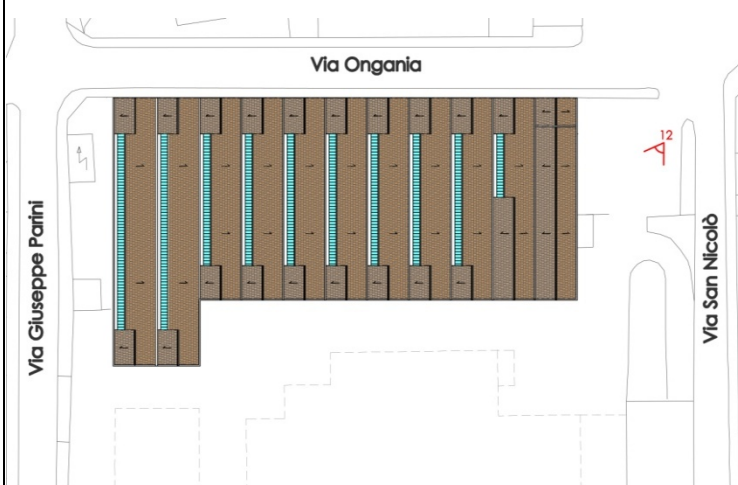
12

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

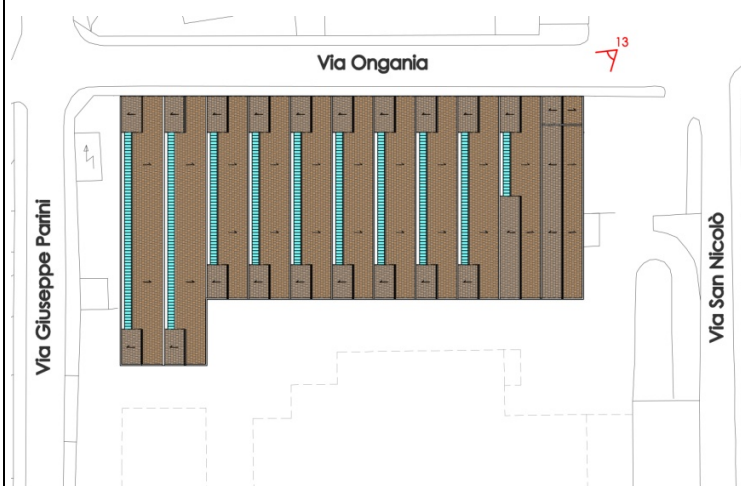
13

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

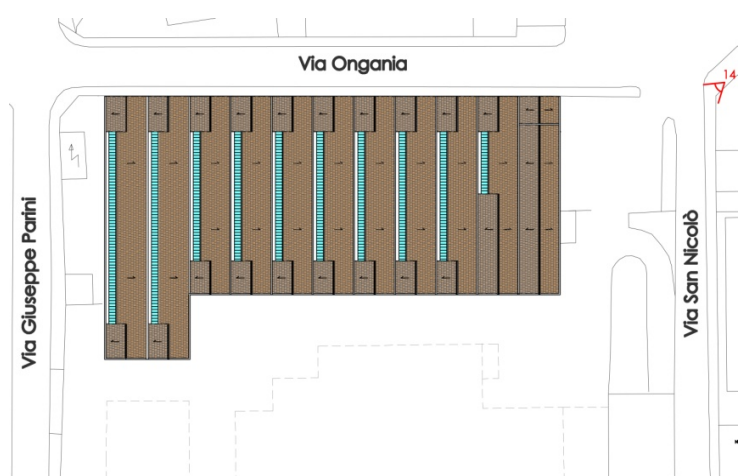
14

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

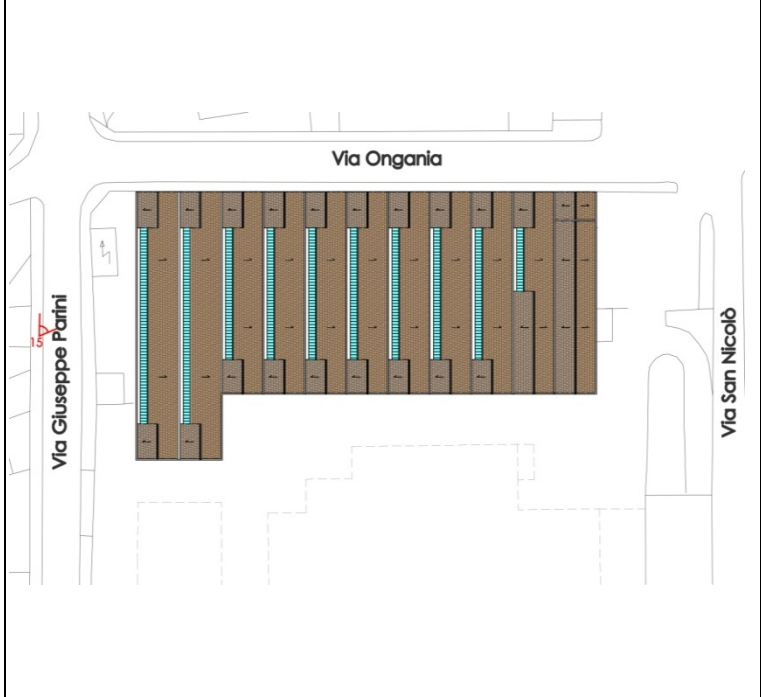
4

Scheda Fotografica SUD - OVEST	15
-----------------------------------	----

**Rilievo Fotografico:**



<b>Punto di presa:</b>	<b>Descrizione:</b>
------------------------	---------------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

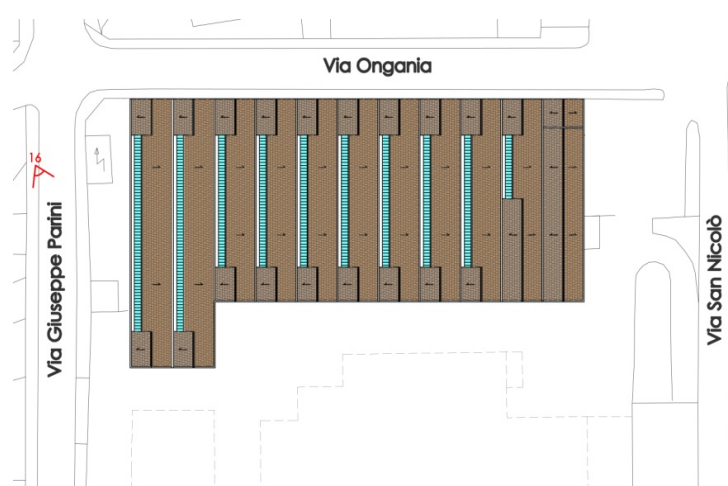
16

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

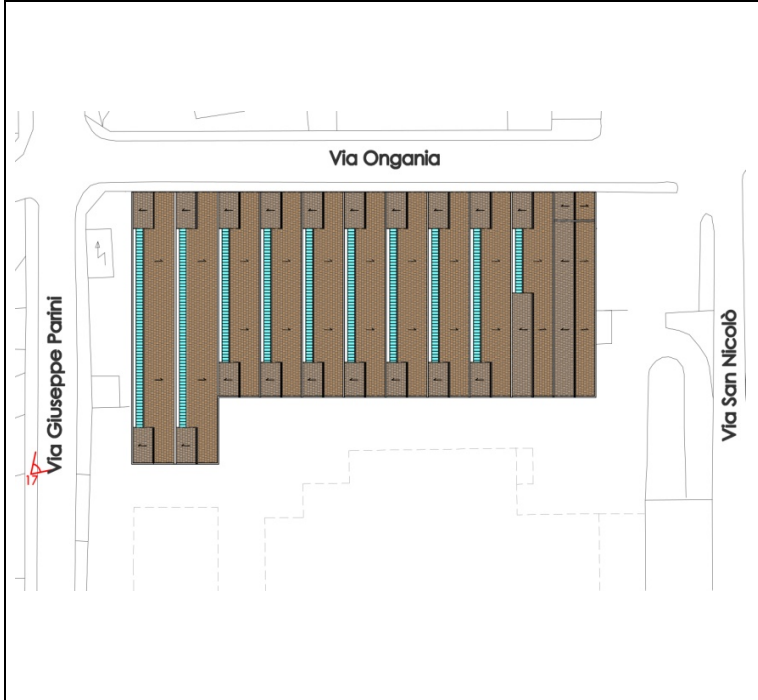
4

Scheda Fotografica SUD - OVEST	17
-----------------------------------	----

**Rilievo Fotografico:**



Punto di presa:	Descrizione:
-----------------	--------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.



## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

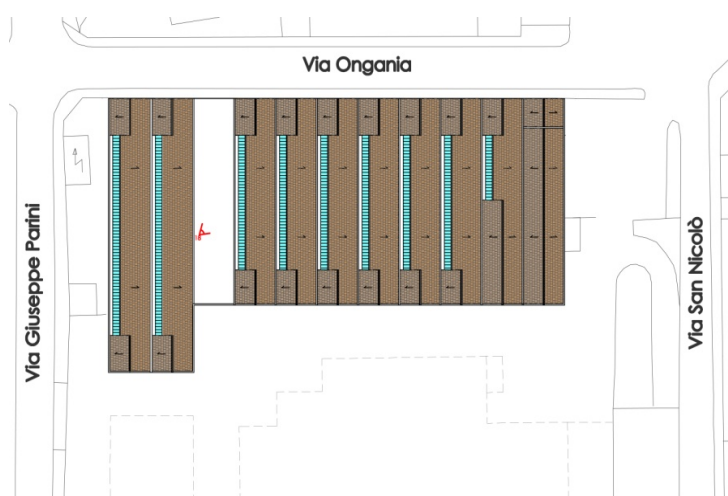
18

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**

Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

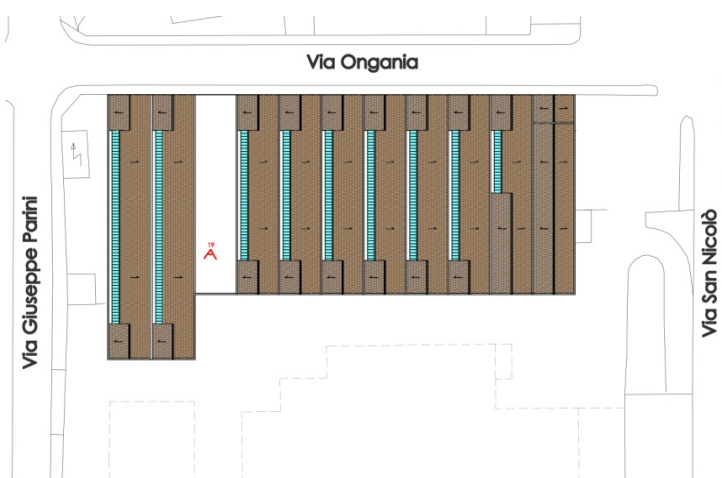
19

**Rilievo Fotografico:**



**Punto di presa:**

**Descrizione:**



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**

Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

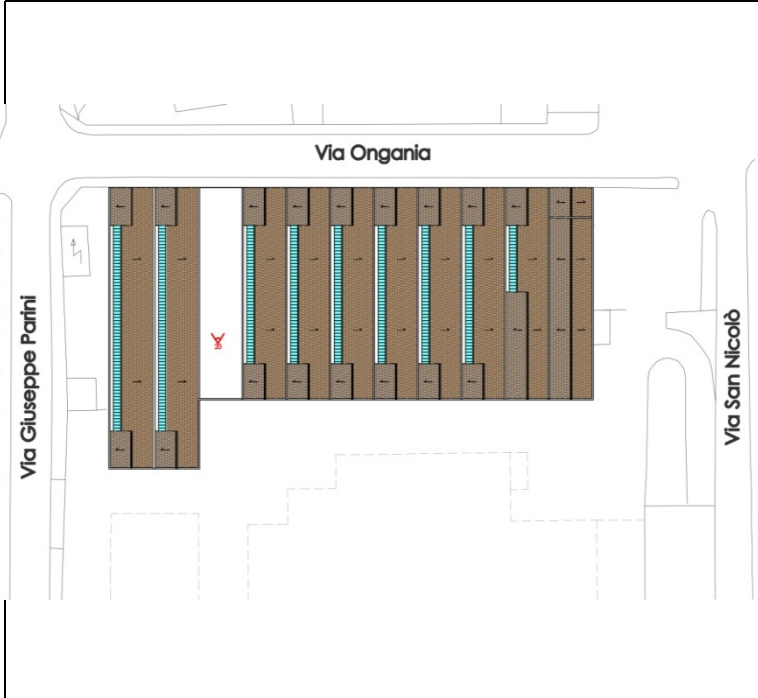
4

Scheda Fotografica SUD - OVEST	20
-----------------------------------	----

**Rilievo Fotografico:**



<b>Punto di presa:</b>	<b>Descrizione:</b>
------------------------	---------------------



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**  
Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

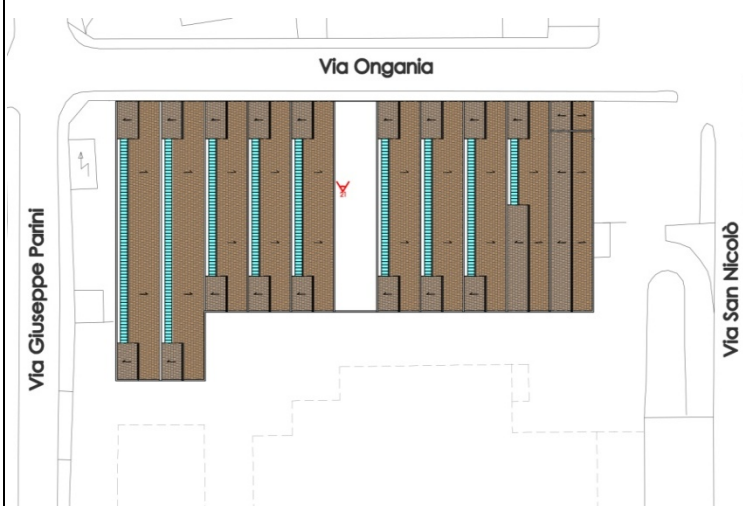
21

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

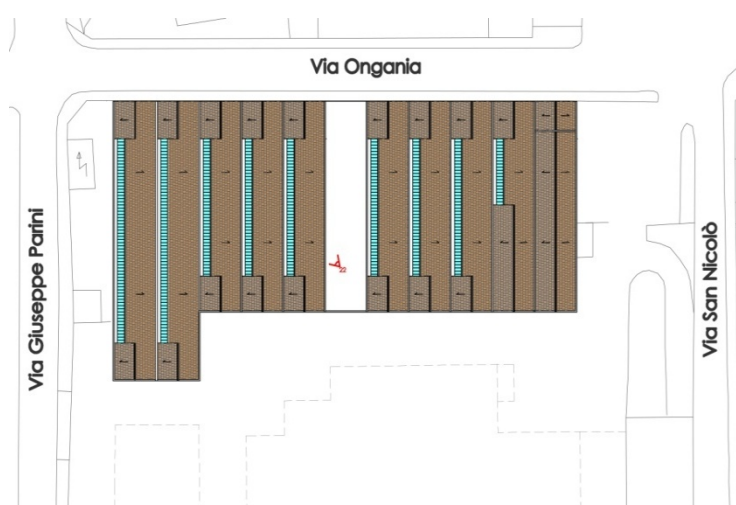
22

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

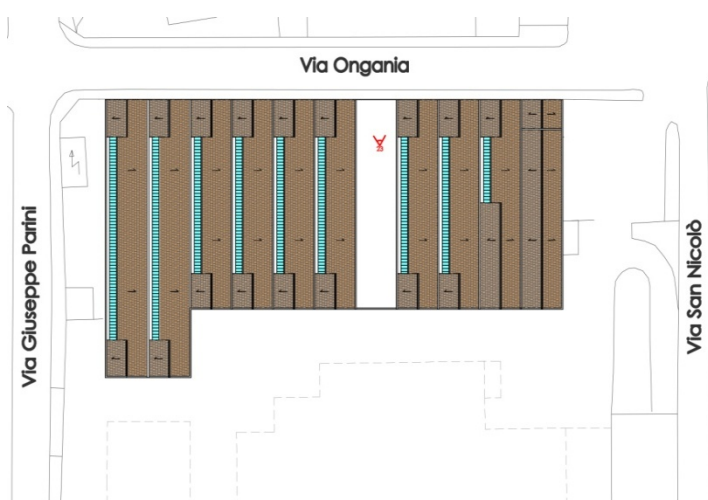
23

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:

**Data:** 20 febbraio 2008.**Apparecchiatura:**Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**La presa fotografica è avvenuta alla  
quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

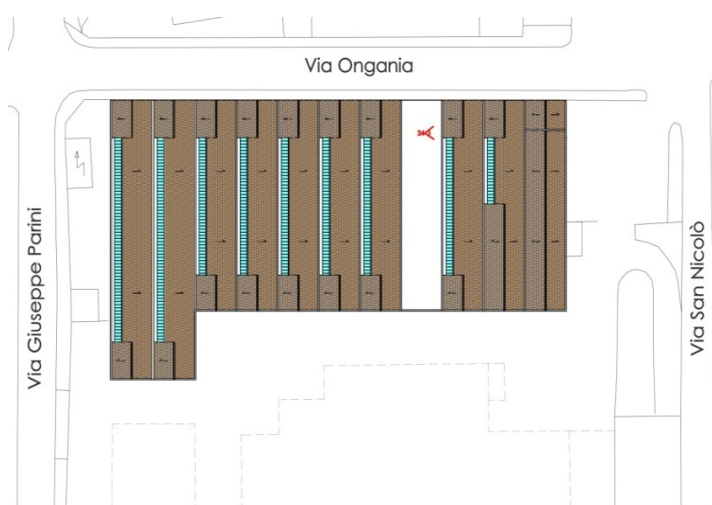
24

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**

Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.

## 4

Scheda Fotografica  
SUD - OVEST

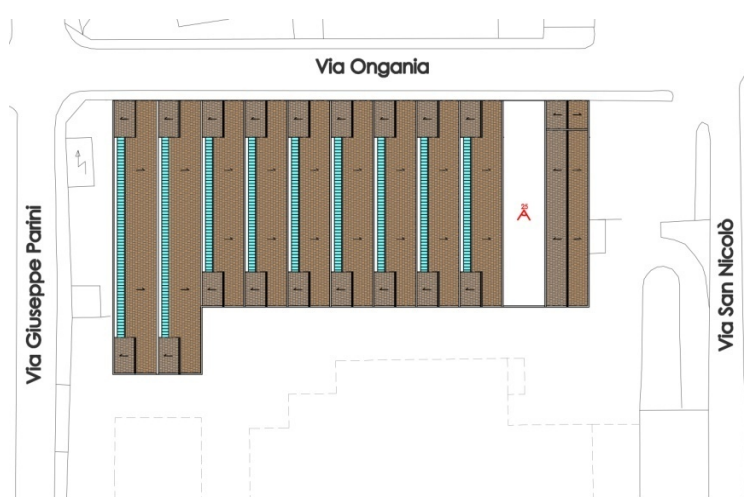
25

## Rilievo Fotografico:



Punto di presa:

Descrizione:



**Data:** 20 febbraio 2008.

**Apparecchiatura:**

Macchina fotografica digitale  
CASIO Exilim card EX-S10:

- Sensore: CCD
- Mega Pixel : 10,1
- Zoom Ottico: 3 X
- Zoom Digitale: 4 X
- Apertura: 2,8-5,2
- Grandangolo: 36 mm

**Quota di riferimento:**

La presa fotografica è avvenuta alla quota del piano di campagna.



# 4

## IL RILIEVO MATERICO

Il rilievo materico da noi condotto si è concentrato in modo dettagliato e specifico nell'edificio adibito a lavorazione industriale realizzato tra gli anni '30 e '40. Questo fabbricato è situato nella parte Nord del sito esaminato.

## ANALISI COSTRUTTIVA DELL'EDIFICIO

Il fabbricato in esame è suddiviso in undici campate realizzate tramite una struttura semplice portata da pilastri in cemento armato; la tipologia costruttiva della copertura è a capriata in legno con tipologia a shed.

Negli anni il fabbricato non ha subito alcun intervento di ristrutturazione e ampliamento, sono stati effettuati solamente degli interventi mirati di conservazione e manutenzione non molto invasivi, quindi non risulta difficoltoso capire dettagliatamente le modalità realizzative in quanto non ci sono state nel tempo delle sovrapposizioni lavorative. Procederemo ad analizzare ogni tipologia costruttiva esistente partendo dalle fasi lavorative per la realizzazione dell'edificio e quindi evidenziare le cause possibili che ne hanno condizionato la situazione attuale. Partendo dalle strutture esterne (pareti verticali esterne), quelle portanti per reggere la stabilità dell'edificio per poi infine analizzare le tipologie costruttive decorative. Questo tipo di osservazione e di analisi realizzata mediante l'utilizzo di schede di rilevamento esplica in modo chiaro ed esaustivo tutte le anomalie, le discontinuità degli strati murari e le alterazioni di ogni caratteristica costruttiva.

## IL TERRENO

Questa sezione è dedicata interamente al tipo di terreno nel quale poggiano le fondazioni del nostro fabbricato. Non avendo potuto effettuare delle indagini geologiche accurate e approfondite in sito, abbiamo preso i dati da un'altra analisi geologica e geognostica eseguita in un'area più a nord nelle vicinanze del nostro lotto; questi possono essere coincidenti con in quanto quest'area è situata al di sopra dei terreni limosi di deposito lacustre, si trova infatti fra due conoidi torrenziali, Gerenzane a Nord il quale dista circa 800 m. (direzione NE) e Caldene a Sud di 200

# 4

m. (direzione SW) dall'area interessata; questi rappresentano due assi di riferimento per il deflusso idrico superficiale superfluo, lo smaltimento a profondità più sostenute avviene grazie alla granulometria sempre maggiore dei materiali. Il terreno secondo l'analisi geologica è costituito da depositi alluvionali, costituiti da ghiaie, sabbie e ciotoli di matrice sabbiosa con una percentuale di essi variabile, questi si presentano saturi dal piano di campagna fino ad una profondità di circa 20 metri, con variabilità dell'altezza piezometrica nel tempo di circa 5 metri, questa variazione è vincolata da fattori meteorici e dalle variazioni climatiche nel corso dell'anno, quindi la più sfavorevole distanza rilevata fra il nostro piano di campagna e la falda acquifera sottostante è di 15 metri. Dall'analisi granulometrica sono stati definiti due importanti orizzonti stratigrafici, il primo strato eterogeneo superficiale si estende dal piano di calpestio fino ad una profondità variabile da 0.50 metri fino a 1.50 metri, il quale è costituito prevalentemente da materiale di riporto formato da detriti di varia natura con materiali ghiaiosi e sabbiosi, con granulometrie di matrice sabbiosa. ***Lo strato più profondo sottostante al primo strato, si prolunga fino al raggiungimento della falda, situata a circa 20 metri.*** Questo è composto da depositi alluvionali costituiti in prevalenza da materiali ghiaiosi, con la presenza in percentuali variabili di sabbie e ciotoli, con annesse al loro interno delle porzioni di materiale fine con matrice sabbiosa-limosa. I sedimenti più grossolani sempre omogenei, di forma prevalentemente arrotondata (tipica delle zone fluviali), si presentano di natura arenacea nel maggiore dei casi, ma anche metamorfici ed ignei con dimensioni variabili, da qualche centimetro fino a grandezze più rilevanti nell'ordine delle decine di centimetri.

## FONDAZIONI

La fondazione è un'opera strutturale che permette la realizzazione dell'edificio scaricando le sollecitazioni sviluppate sul terreno sottostante senza creare cedimenti e spostamenti dell'edificio.

Questa analisi ci porta a capire come molte anomalie che nel tempo hanno deteriorato l'edificio siano dovute ad una non corretta progettazione delle fondazioni. Si è potuto, non avendo elementi visibili per affermare la vera tipologia

# 4

costruttiva utilizzata, ipotizzare una realizzazione secondo le tecniche di quel periodo storico; si pensa dunque, che le fondazioni dei pilastri di dimensioni 35 cm x 35 cm siano realizzate in cemento armato, di 50 cm x 50 cm di spessore irrisorio, sprovviste totalmente di materiali impermeabilizzanti o protettivi; Si presume che, anche le pareti perimetrali, avendo uno schema costruttivo di 30 cm abbiano presumibilmente una fondazione di una decina di centimetri di scarto in più rispetto all'edificato. Si avverte comunque la mancanza totale o parziale di un adeguato sistema drenante per lo smaltimento dei liquidi in eccesso oltre alla posa di materiale isolante, impermeabilizzante e di protezione delle murature stesse. Un'analisi più approfondita ed esaustiva si potrà redigere nel momento in cui andremo fisicamente ad intervenire sull'opera con il progetto di recupero e riqualificazione.

## **PAVIMENTAZIONE**

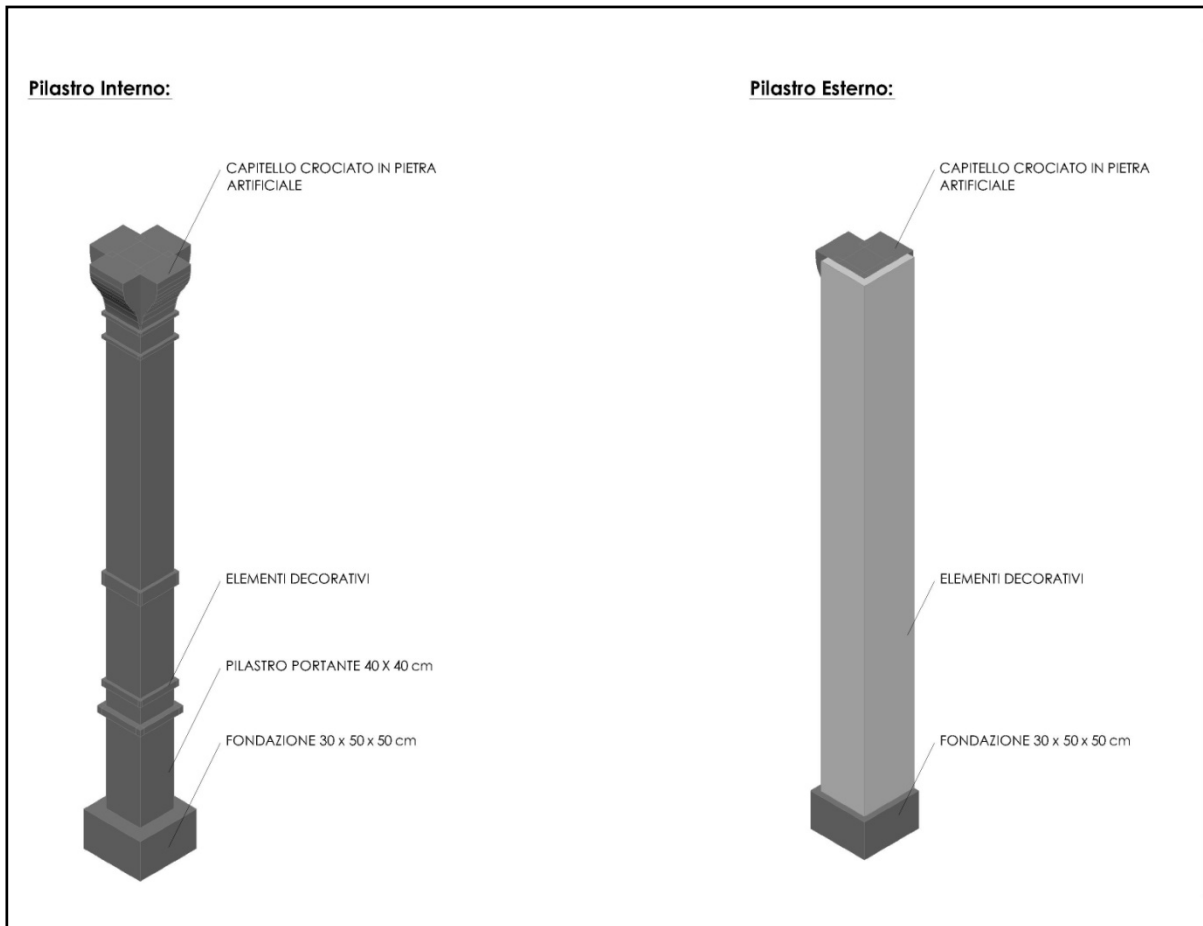
La pavimentazione rilevata all'interno del fabbricato è stata realizzata secondo una tipologia costruttiva mirata prettamente ad un'attività industriale, l'unico strato separatore orizzontale presente è stato realizzato mediante un getto di cemento senza altri accorgimenti tecnologici atti a garantire la salubrità dei locali.

## **STRUTTURA IN ELEVAZIONE**

L'edificio è eretto da pilastri di dimensione 35 cm x 35 cm, disposti secondo una maglia rettangolare di 6.50 metri x 5.00 metri circa. Presentano al loro apice un capitello crociato realizzato in pietra artificiale; si è potuta effettuare un'accurata analisi visiva di esso in quanto, all'esterno dell'edificio sono tuttora presenti dei pilastri parzialmente demoliti. Abbiamo potuto constatare che la tipologia costruttiva è in calcestruzzo armato con 4 barre longitudinali di diametro di 16 mm, aventi un copriferro di 2 cm e delle staffe, il cui passo non è stato rilevato, con un diametro di 6 mm. Valutando il buono stato conservativo di essi, abbiamo deciso di mantenere e recuperare la maggior parte di essi in quanto sufficientemente dimensionati per i carichi propri e accidentali agenti sulla struttura.

## 4

Particolare costruttivo della struttura:



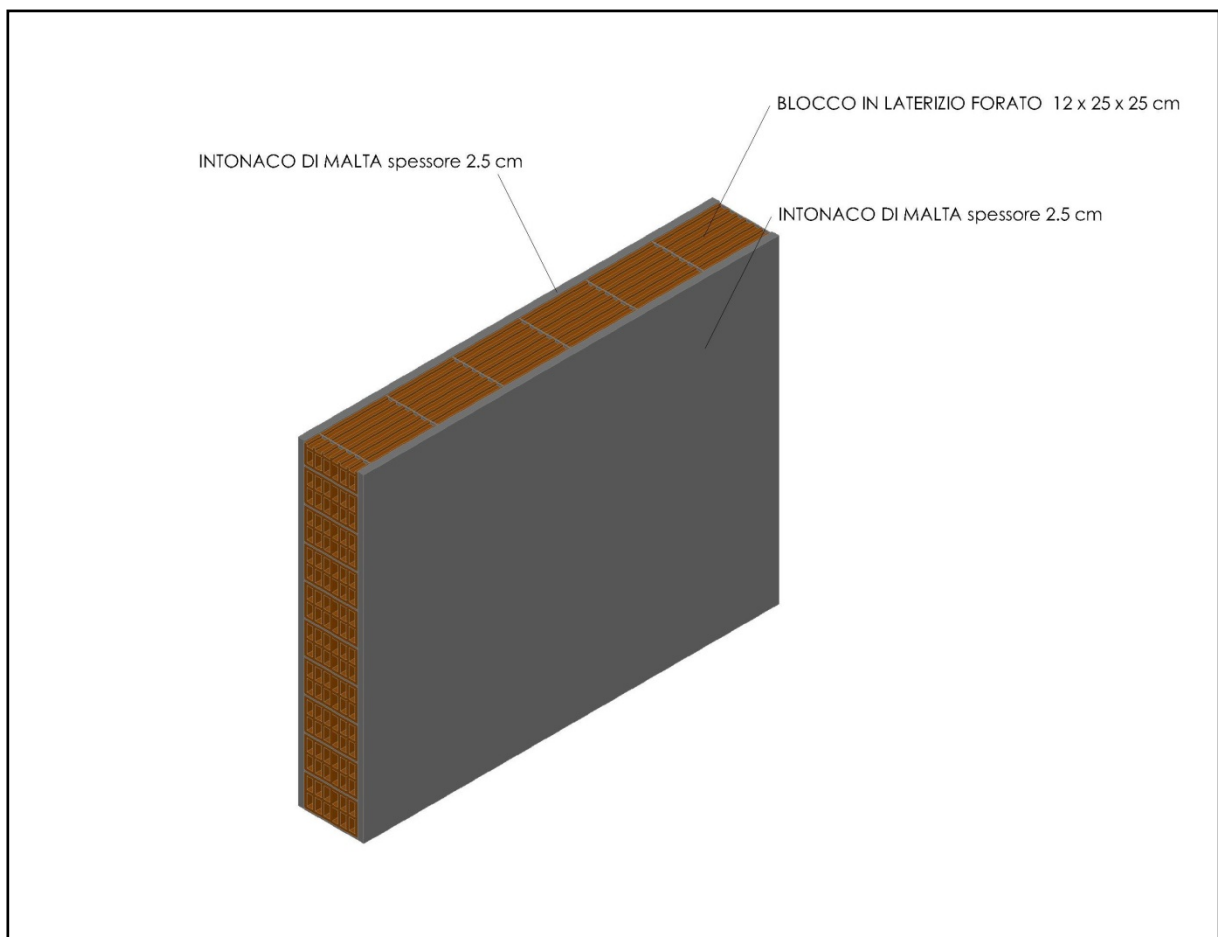
### CHIUSURE VERTICALI PERIMETRALI ESTERNE

La tipologia costruttiva delle chiusure verticali esterne perimetrali è stata eseguita con due tipologie; la prima è stata utilizzata per l'edificazione di una parete continua perimetrale, in parte contro terra, su tutta la facciata del lato esposto in direzione Nord, di spessore pari a 40 cm. Presenta un primo strato esterno di intonaco di malta tirato a civile di 2.5 cm di spessore, uno strato interno di 35 cm formato dalla posatura di materiali inerti con granulometrie differenti uniti fra loro mediante l'utilizzo di malta cementizia, per poi avere l'intonaco che rappresenta il rivestimento interno del fabbricato, di spessore 2.5 cm, realizzato in malta cementizia tirata a civile tinteggiata di colorazione bianca.

## 4

La seconda tipologia costruttiva, lungo il lato Est, Sud e Ovest, avente uno spessore complessivo di 30 cm è formata da 3 strati; partendo dallo strato esterno vi è l'intonaco in malta cementizia tirato a civile avente 2.5 cm di spessore, uno strato interno realizzato con blocchi di laterizio forato di dimensioni 12 cm x 25 cm x 25 cm, e l'intonaco di spessore 2.5 cm realizzato in malta cementizia tirata a civile tinteggiata di colorazione bianca.

Particolare costruttivo della chiusura verticale esterna:



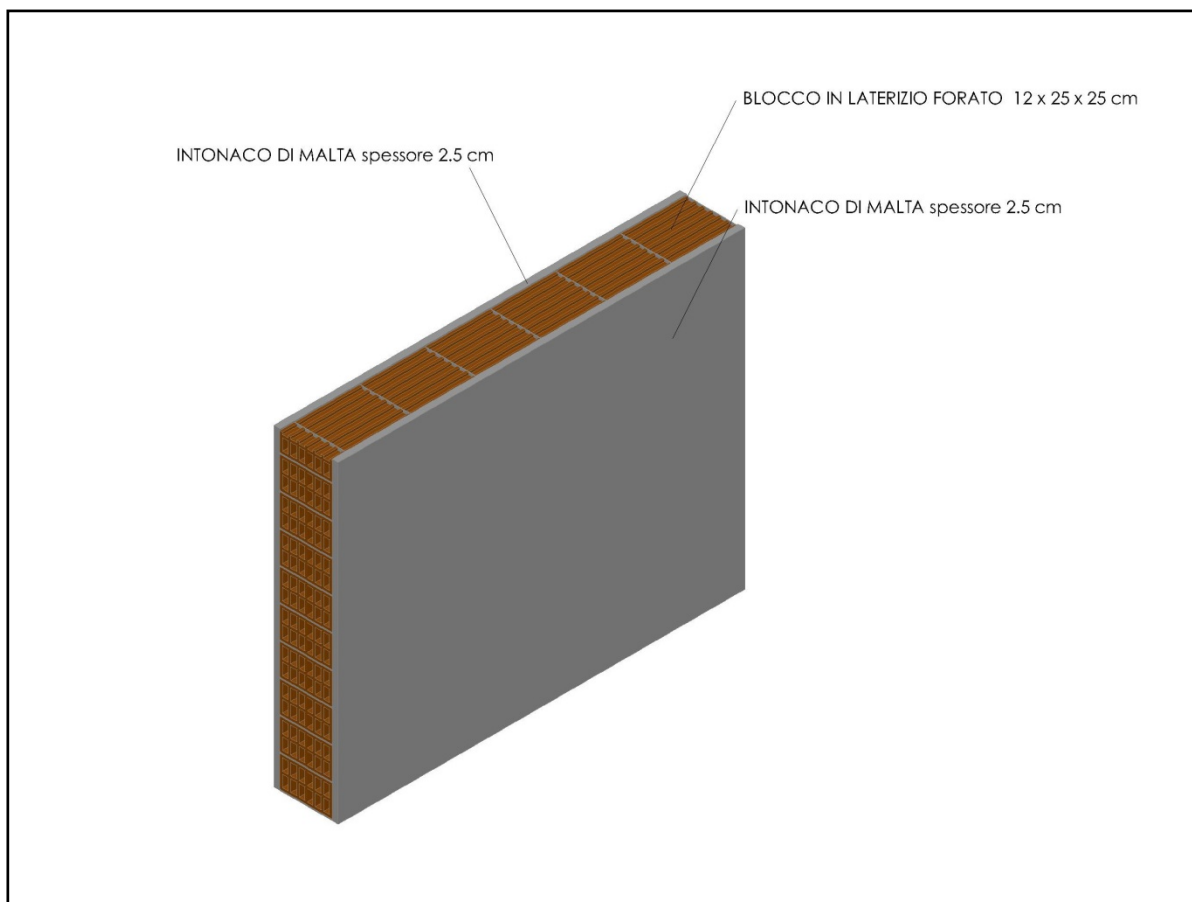
### CHIUSURE VERTICALI PERIMETRALI INTERNE

I tamponamenti interni che suddividono l'edificio in più campate possono essere suddivisi in due tipologie costruttive; la prima, utilizzata all'interno dei nove

## 4

capannoni a partire dal lato Est, è stata realizzata secondo le caratteristiche costruttive delle chiusure esterne dei prospetti Est, Sud e Ovest; anche in questo caso lo spessore totale del tamponamento è di 30 cm. Lo strato interno realizzato in blocchi di laterizio forato di dimensioni 12 cm x 25 cm x 25 cm, e l'intonaco di spessore 2.5 cm realizzato in malta cementizia tirata a civile, tinteggiata di colorazione bianca.

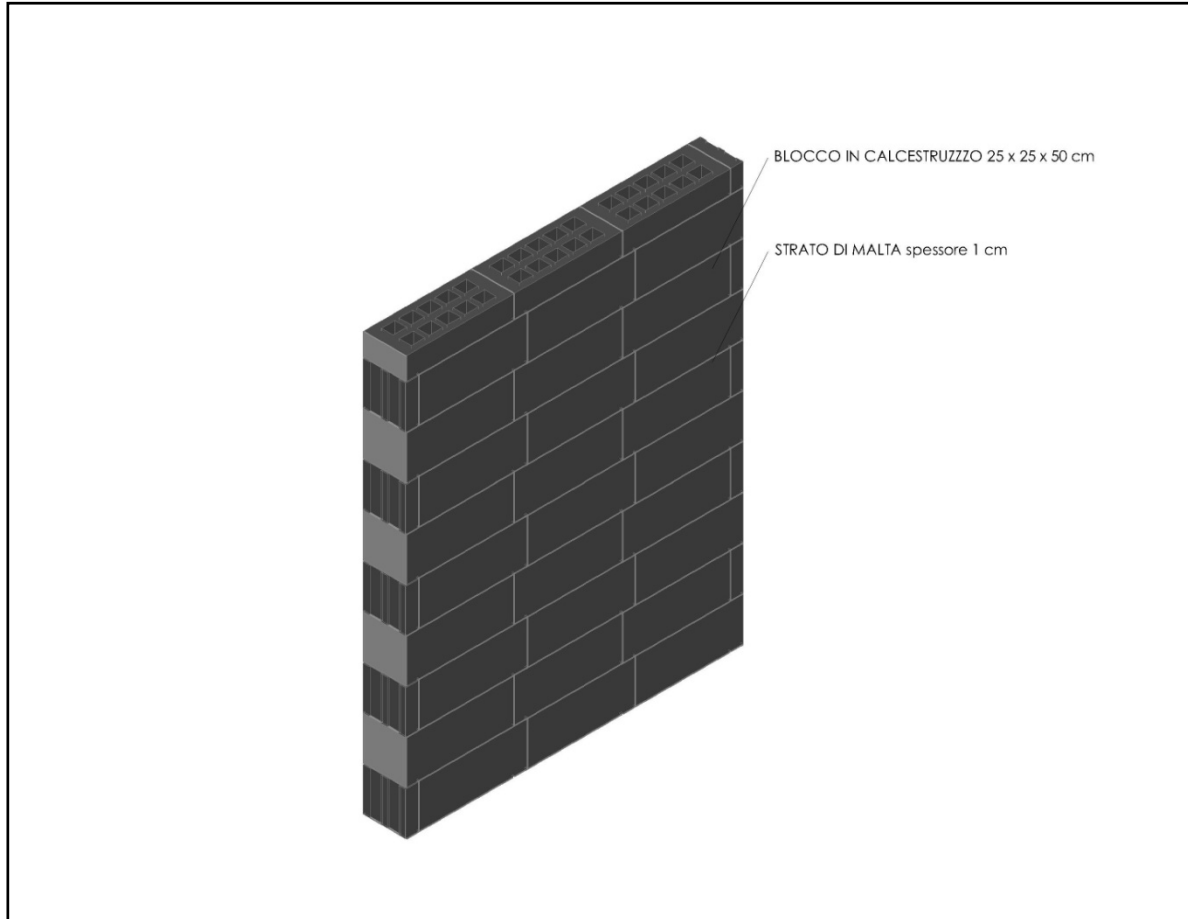
Particolare costruttivo della chiusura verticale interna:



La seconda tipologia costruttiva riguardante la suddivisione interna delle prime due campate partendo dal lato Ovest è realizzata utilizzando dei blocchi di calcestruzzo alleggerito di dimensioni 25 cm x 25 cm x 50 cm, legati fra loro con malta cementizia. Non è presente su questa tipologia lo strato di intonaco per la finitura a civile.

## 4

Particolare costruttivo della chiusura verticale in CLS:



## LA COPERTURA

L'edificio presenta una copertura strutturata e realizzata interamente in legno d'abete utilizzando una tipologia costruttiva modificata rispetto a quella più tradizionale a capriata; si è potuto utilizzare una struttura di questo tipo grazie anche ai modesti carichi agenti, generati esclusivamente dall'orditura secondaria e dal manto di copertura realizzato in tegole marsigliesi. Per poter realizzare il sistema a shed proposto si è dovuto intervenire sulla ripartizione dei carichi facendoli gravare sui puntoni e relative travi di bordo, mentre tutte le azioni agenti sulla copertura vengono assorbite dai tiranti. Tutte le azioni verticali vengono ripartite sulle travi di bordo, le quali scaricano sui pilastri che trasferiscono al terreno i carichi.

## 4

La stabilità orizzontale viene garantita dalla presenza di travi catena posate con l'interasse pari a quello dei pilastri ed unite alle travi di bordo mediante piastre in metallo fissate all'orditura con viti mordenti. La struttura inclinata è costituita da travetti con dimensioni 5 cm x 25 cm posati ad un interasse di 0.60 metri di lunghezza differente; nella parte di copertura dove sono presenti gli shed si sviluppano con una luce di 0.80 metri per terminare nella trave da cui partirà la posa dello shed. In corrispondenza di questi ma sull'altro lato avremo sempre la posa di suddetti travetti con luce di 5.50 metri. Nella parte terminale, dove si riprende la copertura tradizionale a due falde, questi, hanno una luce di 1.80 metri.

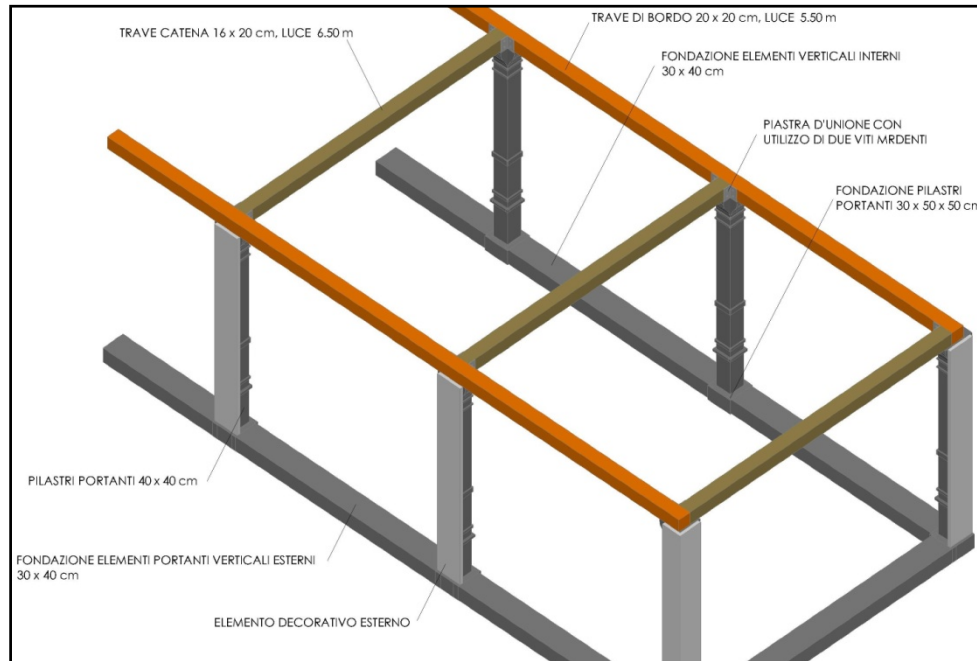
La tipologia costruttiva con luce variabile è presente su 10 campate, in quanto, sia la campata iniziale che terminale del fabbricato presentano una tipologia costruttiva a due falde simmetriche con travetti secondari aventi luce di 3.40 metri con termine nella trave di colmo con sezione 10 cm x 10 cm ed una luce anch'essa variabile estesa a tutta la lunghezza del fabbricato. Le strutture con sviluppo orizzontale presenti sono le travi di bordo aventi sezione di 20 cm x 20 cm e luce pari alla posa dei pilastri di 5.00 m; le travi catena presentano uno sviluppo di 16 cm x 20 cm in sezione, con luce di 6.50 m ed interasse di 5.00 m.

Dall'analisi visiva della copertura si evince un pessimo stato conservativo globale, l'interno un tempo tingeggiato completamente di tintura bianca, ora, vista la mancanza di un'adeguata azione conservativa si presenta con diverse anomalie cromatiche e materiche dovute al degrado dei materiali e all'utilizzo di tecniche costruttive poco efficienti.

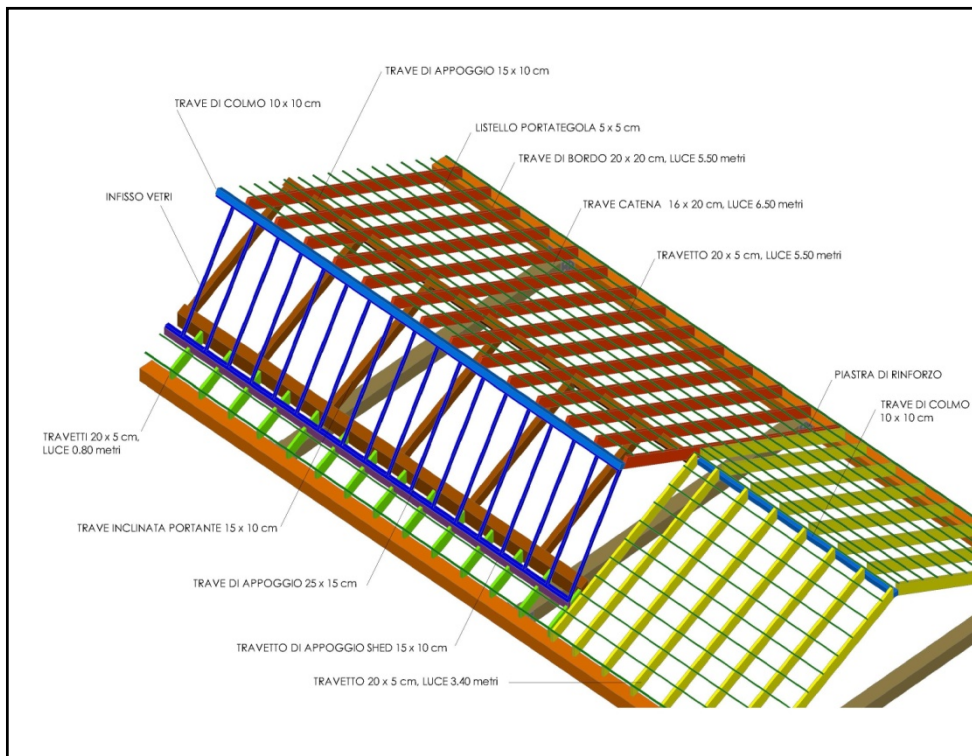


## 4

Particolare costruttivo della struttura:

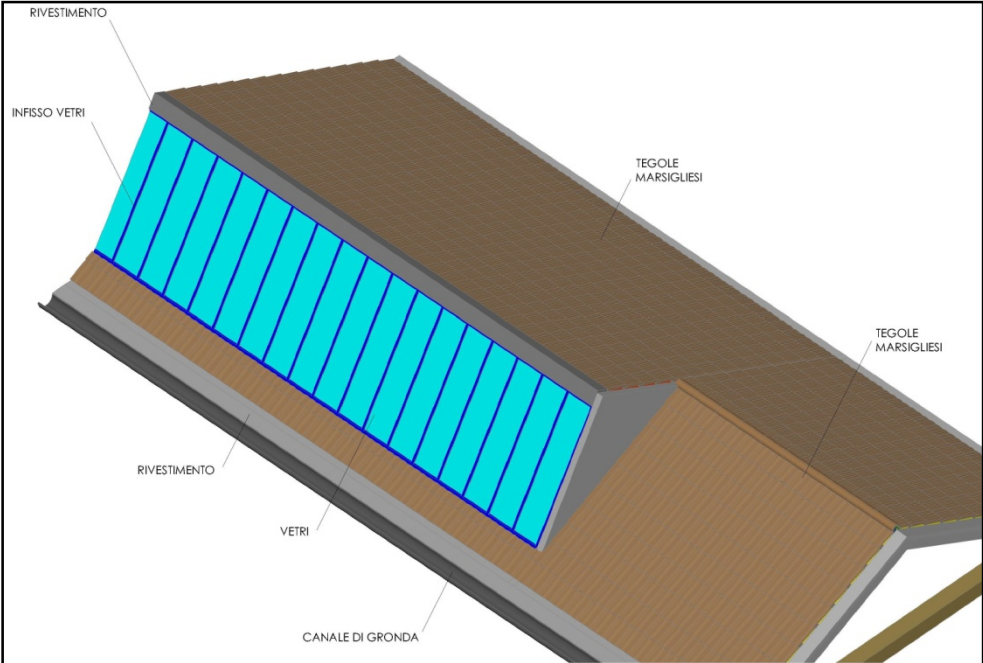


Particolare costruttivo della copertura:



4

Particolare costruttivo manto di copertura:



## 4

## TIPOLOGIA SCHEDA TIPO DEI DEGRADI:

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>Tipologia Anomalia Visibile</b>		Num. elemento in esame
<b>ELEMENTO TECNICO</b>	Porzione di edificio interessato dall'anomalia	
<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
Inquadramento fotografico dell'anomalia in esame	Ubicazione dettagliata dell'elemento in esame all'interno del progetto	
<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>	
Tipologia di anomala agente.	Stato dell'avanzamento della patologia riscontrata.	
<b>Descrizione:</b>		
Descrizione dettagliata e approfondita dell'anomalia visibile correlata con le altre tipologie di degrado presenti.		
<b>Cause possibili:</b>		
Individuazione della causa o le possibili cause scatenanti dell'alterazione.		
<b>Errori progettuali correlati:</b>		
Elenco delle concause relative alla patologia riscontrata in fase di progettazione o manutenzione del fabbricato.		

# 4

## INDICE DEI DEGRADI RILEVATI

### Degradi rilevati esternamente all'edificio

- E.1 – Alterazione cromatica della tinteggiatura esterna
- E.2 – Efflorescenza della tinteggiatura
- E.3 – Esfoliazione della tinteggiatura
- E.4 – Fessurazioni delle pareti perimetrali
- E.5 – Macchie di ruggine presenti sull'intonaco
- E.6 – Macchie dovute alla presenza di patologie estranee
- E.7 – Macchie provocate da incrostazioni di colorazione nera
- E.8 – Distacco Materico
- E.9 – Distacco Materico
- E.10 – Presenza di Patina Vegetativa
- E.11 – Presenza di Patina Vegetativa
- E.12 – Distacco e mancanza copri ferro
- E.13 – Corrosione infissi metallici

### Degradi rilevati internamente all'edificio

- I.14 – Distacco Materico
- I.15 – Fessurazioni
- I.16 – Fessurazioni
- I.17 – Macchie di ruggine e Imbibizione intonaco
- I.18 – Presenza di macchie
- I.19 – Esfoliazione tinteggiatura
- I.20 – Esfoliazione tinteggiatura
- I.21 – Degrado Copertura
- I.22 – Distacco, mancanza tavelle
- I.23 – Degrado Shed
- I.24 – Fessurazioni travi in legno
- I.25 – Perdita tinteggiatura del legno

# 4

**I.26** – Macchie Pavimentazione

**I.27** – Rigonfiamento intonaco

**I.28** – Imbibizione blocchi CLS


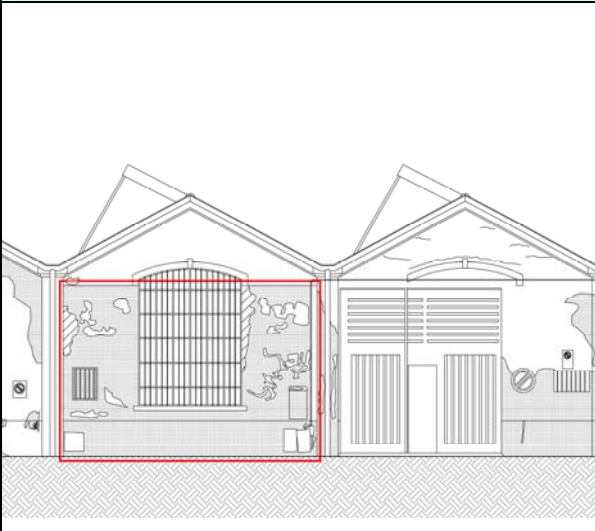
**I.29** – Tracce di pittura sull'intonaco

**I.30** – Ripari effettuati con malta

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>ALTERAZIONE CROMATICA TINTEGGIATURA</b>	<b>E.1</b>
--	------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE
------------------	--------------------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

## RILEVAMENTO VISIBILE

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Alterazione cromatica della tinteggiatura con distacco dell'intonaco, la suddetta alterazione si manifesta in zone localizzate o più ampie dovuta al tipo di causa.	In atto in più zone distribuite su tutto il perimetro verticale dell'edificio.

<b>Descrizione:</b>
Alterazione cromatica dei colori che rappresentano lo stato di finitura esterno dell'intonaco, accentuata in prossimità o nelle zone in cui sono state eseguite tinteggiature precedenti.


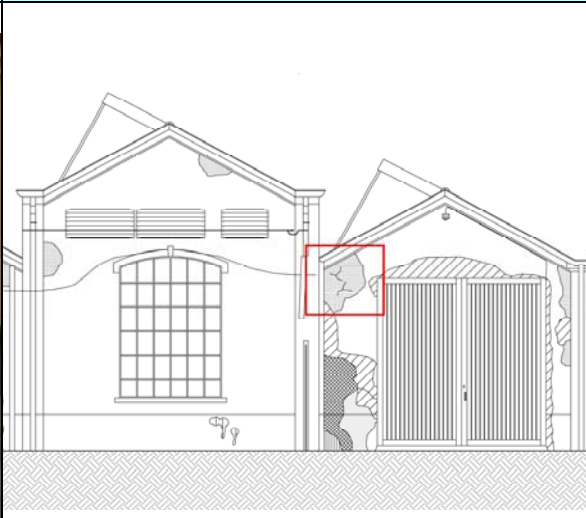
<b>Cause possibili:</b>
Invecchiamento precoce dell'intonaco con evidente distacco di esso dovuto all'erosione dello strato superficiale con relativa tinteggiatura. Tipologia di tinteggiatura non idonea in queste condizioni ambientali esterne. Dilavamento intenso della parete.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
Inefficace profondità della gronda, la quale dovrebbe riparare in parte la facciata dall'azione degli agenti atmosferici. Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato funzionale dei materiali utilizzati.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>EFFLORESCENZA DELLA TINTEGGIATURA</b>	<b>E.2</b>
--	------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------


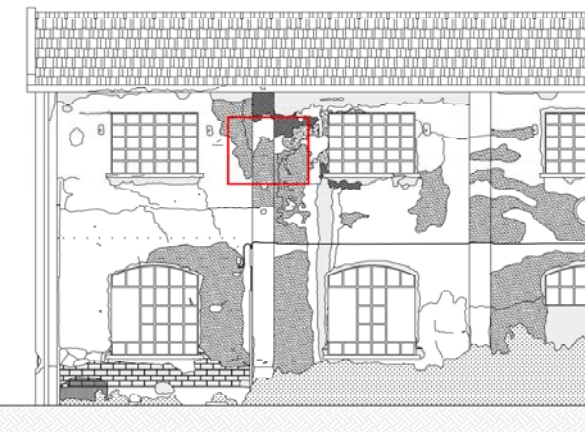
<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Efflorescenza della tinteggiatura, presente anche distacco dell'intonaco.	In atto in più zone distribuite su tutto il perimetro verticale dell'edificio.

<b>Descrizione:</b>
Presenza e formazione di sostanze con forme cristalline o filamentose di colore pressochè biancastro sulla superficie verticale esterna in questione. Se si presentano dei rigonfiamenti del materiale esterno che portano al distacco di esso siamo in presenza di criptoefflorescenza o subefflorescenza.
<b>Cause possibili:</b>
Dilavamento intenso della parete con conseguente rilascio di sostanze saline presenti nei materiali utilizzati. Invecchiamento precoce dell'intonaco con evidente distacco di esso dovuto all'erosione dello strato superficiale con relativa tinteggiatura.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Inefficace profondità della gronda, la quale dovrebbe riparare in parte la facciata dall'azione degli agenti atmosferici. Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato dei materiali.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>ESFOLIAZIONE DELLA TINTEGGIATURA</b>	<b>E.3</b>
---	------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Distacco di uno o più strati superficiali. Presenza di macchie, esfoliazione, efflorescenza, alterazioni cromatiche molto evidenti.	In atto in più zone distribuite su tutto il perimetro verticale dell'edificio.

<b>Descrizione:</b>
Esfoliazione della tinteggiatura con distacco di uno o più strati superficiali. Presenza contemporanea di altre anomalie quali macchie, efflorescenza, alterazioni cromatiche molto evidenti.

<b>Cause possibili:</b>
Anomalia dovuta principalmente al dilavamento della parete, concomitante con l'effetto del gelo-disgelo ha portato l'intonaco e la tinteggiatura progressivamente ad un peggioramento delle proprie prestazioni di utilizzo.



<b>Errori progettuali correlati:</b>
Inefficace profondità della gronda, la quale dovrebbe riparare in parte la facciata dall'azione degli agenti atmosferici. Errata tipologia di intonaco utilizzato per questi strati. Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato dei materiali.



## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>FESSURAZIONI</b>	<b>E.4</b>
---	------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------


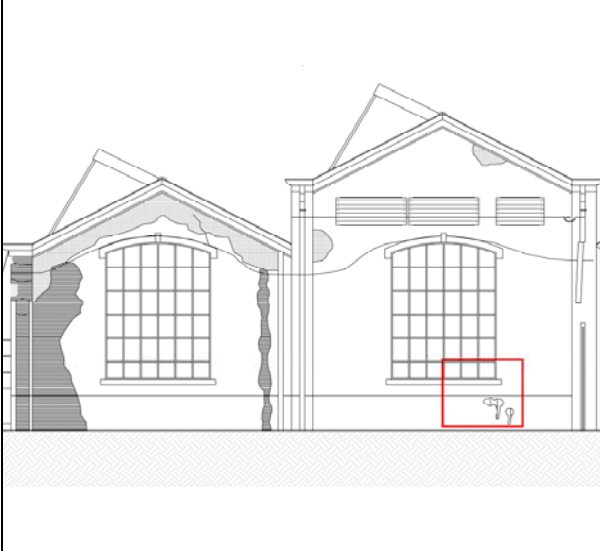
<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Presenza di fessurazioni, cause dissesti strutturali, cedimenti di porzioni di fabbricato con distacco di gronde, scossaline.	In atto, presenza di alcune parti dell'edificio che presentano questo tipo di fenomeno in punti critici fra differenti sistemi di unione.

<b>Descrizione:</b>
Anomalia visiva, formazione di fessure e macrofessure nei punti di discontinuità fra materiali diversi o riprese di lavorazioni con lo stesso materiale in tempi successivi. Anomalia dovuta allo spostamento reciproco di due o più parti continue.
<b>Cause possibili:</b>
Presenza di macrofessure dovute a dissesti strutturali e cedimenti della struttura, presenza di fessure meno evidenti nei diversi strati di intonaco causate da azioni atmosferiche, azione gelo-disgelo.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato dei materiali per le fessure meno evidenti, problemi strutturali o di sovrapposizione tra i diversi sistemi tecnologici utilizzati con errata progettazione delle fondazioni.

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>MACCHIE DI RUGGINE</b>	<b>E.5</b>
---	------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE
------------------	--------------------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

**RILEVAMENTO VISIBILE**


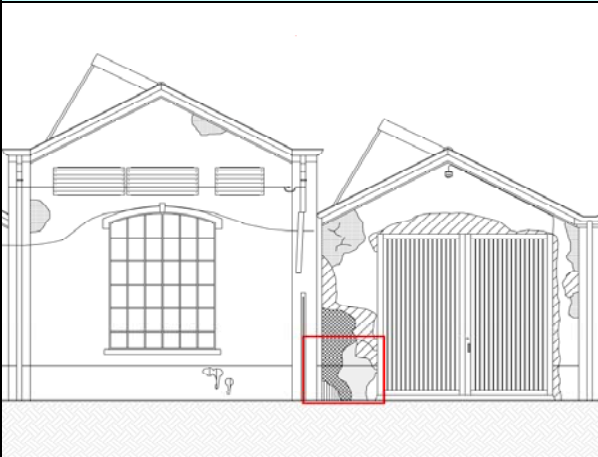
<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia cromatica e materica su superfici realizzate in ferro. Presenza di materiale estraneo al substrato, dovuta all'ossidazione del materiale. Corrosione delle parti metalliche con esfoliazione dell'intonaco e della tinteggiatura circostante.	In atto, presente in quasi tutti i materiali realizzati in lega ferrosa.

<b>Descrizione:</b>
Anomalia localizzata e accidentale della superficie dei materiali in ferro utilizzati. Presente su parte dei serramenti, gronde, pluviali e sugli elementi verticali di chiusura.
<b>Cause possibili:</b>
Ossidazione protratta nel tempo dovuta ad un assiduo e continuo dilavamento dei materiali ferrosi, con assorbimento delle sostanze rilasciate da essi dal substrato d'intonaco della parete verticale.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato dei materiali, inefficiente sistema di raccolta e smaltimento delle azioni meteoriche agenti sulle pareti verticali.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PRESENZA DI MACCHIE</b>	<b>E.6</b>
--	------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia cromatica e materica presente in maggior entità ai bordi inferiori della parete verticale, in prossimità degli scarichi dei pluviali. Presenza estranea di materiale al substrato. Efflorescenza, esfoliazione con distacco dell'intonaco.	In atto, presente su tutta la parete verticale in presenza dei pluviali, accentuazione del fenomeno nella parte limitrofa al piano di campagna, nelle zone non esposte alla radiazione solare.

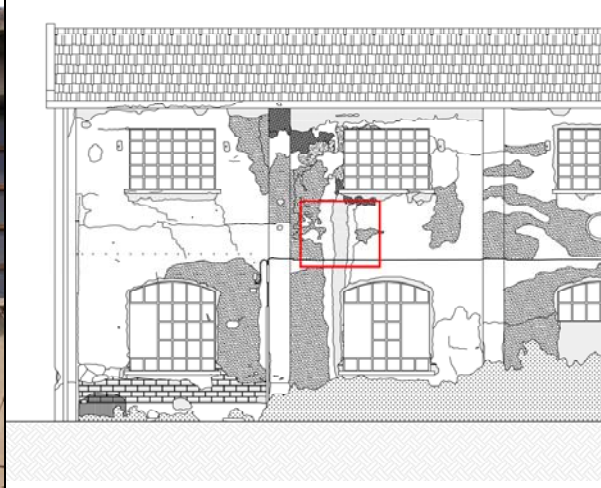
<b>Descrizione:</b>
Pigmentazione localizzata e accidentale della superficie e dei materiali utilizzati. Alterazione che si presenta sotto forma di macchie prevalentemente di colore verde nelle zone con maggiore intensità del fenomeno, interagendo sullo stato conservativo e funzionale della tinteggiatura, dell'intonaco e del substrato.
<b>Cause possibili:</b>
Ossidazione che per dilavamento interferisce e viene assorbita dagli strati della parete sottostante ai pluviali, malfunzionamento, parziale rottura, o spostamento nel tempo dell'impiantistica per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato funzionale del sistema di raccolta e smaltimento delle azioni meteoriche agenti sulle pareti verticali. Probabile sottodimensionamento degli scarichi interrati per l'allontanamento delle acque dall'edificio.

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PRESENZA DI MACCHIE</b>	<b>E.7</b>
--	------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
----------------------------	-----------------------



## RILEVAMENTO VISIBILE

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia cromatica e materica presente in maggior entità ai bordi inferiori dei davanzali delle finestre. Ossidazione dei serramenti in ferro delle aperture. Presenza estranea di materiale al substrato. Efflorescenze, esfoliazione con distacco dell'intonaco.	In atto, presenza del fenomeno con maggior entità nel lato Sud-Est dell'edificio.

### Descrizione:

Pigmentazione localizzata della superficie e dei materiali utilizzati, dovuta al deposito e successivo assorbimento di polveri provenienti da materiali ossidati. Alterazione che si presenta sotto forma di macchie prevalentemente di colore nero nelle zone con maggiore intensità del fenomeno, interagendo sullo stato conservativo e funzionale della tinteggiatura, dell'intonaco e del substrato.

### Cause possibili:

Ossidazioni parziali o totali dei serramenti che per dilavamento interferiscono e vengono assorbiti dai davanzali e dagli strati della parete sottostante ad essi.

### Errori progettuali correlati:

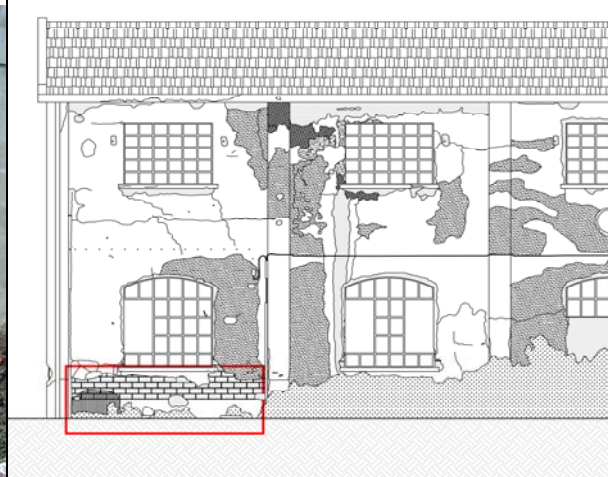
Presenza inesistente di protezione e di impiantistica adeguata per la raccolta e lo smaltimento dell'acqua meteorica agente sulle aperture della parete interessata.

4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>DISTACCO MATERICO</b>	<b>E.8</b>
--	------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE
------------------	--------------------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
---------------------	----------------



<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Distacco e mancanza di uno più strati superficiali di materiale interessando più porzioni di muratura verticale, con presenza di fessurazioni dello strato di intonaco, causando possibili infiltrazioni nella parte interna dell'edificio.	In atto, presenza del fenomeno con maggior entità nel lato Sud, Nord e Ovest del fabbricato.

<b>Descrizione:</b>
---------------------

Parti di discontinuità materica tra uno o più strati superficiali del materiale, con conseguente distacco e mancanza totale o parziale di essi. Nelle parti più colpite da questo fenomeno si può scorgere la struttura realizzata in laterizio. Dove invece vi è la ripresa della parete verticale integra si nota com'è avvenuto il distacco del substrato, dell'intonaco e della relativa tinteggiatura.

<b>Cause possibili:</b>
-------------------------

Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici che a seguito della formazione di fessure hanno nel tempo portato i materiali utilizzati alla realizzazione della parete al loro parziale distacco. Il dilavamento della parete, l'effetto gelo/disgelo e altre aggressioni esterne hanno provocato il peggioramento precoce delle prestazioni visive e funzionali degli strati.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
--------------------------------------

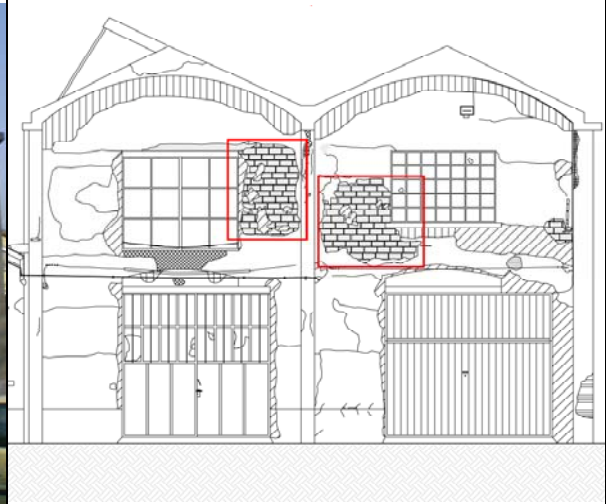
Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato. Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona controterra.

4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>DISTACCO MATERICO</b>	<b>E.9</b>
--	------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
----------------------------	-----------------------



<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
<p>Distacco e mancanza di uno più strati superficiali di materiale interessando più porzioni di muratura verticale nelle vicinanze al piano di campagna, con presenza di fessurazioni dello strato di intonaco, causando possibili infiltrazioni nella parte interna dell'edificio.</p>	<p>In atto, presenza del fenomeno con maggior entità nel lato Sud, Nord e Ovest del fabbricato.</p>

<b>Descrizione:</b>
---------------------

Parti di discontinuità materica tra uno o più strati superficiali del materiale, con conseguente distacco e mancanza totale o parziale di essi nella zona limitrofa al piano di campagna. Nelle parti più colpite da questo fenomeno si può scorgere la struttura realizzata in mattoni. Dove invece vi è la ripresa della parete verticale integra si nota com'è avvenuto il distacco del substrato, dell'intonaco e della relativa tinteggiatura.

<b>Cause possibili:</b>
-------------------------

Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici e della risalita capillare dell'umidità del terreno con conseguente formazione di rigonfiamenti e fessurazioni che nel tempo hanno portato i materiali utilizzati alla realizzazione della parete alla perdita di coesione tra loro provocando parziale o totale distacco tra le parti. Il dilavamento della parete, l'effetto gelo/disgelo e altre aggressioni esterne hanno provocato il peggioramento precoce delle prestazioni visive, funzionali degli strati.


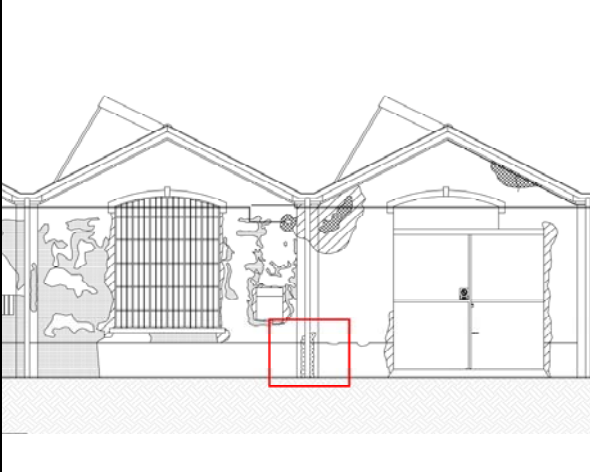
<b>Errori progettuali correlati:</b>
--------------------------------------

Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PATINA VEGETATIVA</b>	<b>E.10</b>
--	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Presenza di anomalia cromatica e materica, composta da uno strato di natura biologica di impercettibile spessore situato alla base della parete verticale del nostro edificio. Presenza di muschi, muffe, funghi.	In atto, presenza del fenomeno in forma omogenea su tutta la lunghezza del perimetro del nostro edificio.



<b>Descrizione:</b>
Formazione di uno strato uniforme e aderente lungo tutto il perimetro dell'edificio, si presenta con colorazioni tendenti al verde, costituito prevalentemente da microrganismi e altri materiali presenti nel terreno (terra, polvere, ecc...).
<b>Cause possibili:</b>
Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla risalita capillare dell'umidità del terreno, e dalle perdite degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche. La possibile proliferazione del fenomeno può essere dovuta alla presenza e alla formazione di sali presenti nei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, oltre alle condizioni chimiche e ambientali del sito. Un'ulteriore agevolazione alla propagazione dell'anomalia è da accollare alla tipologia costruttiva, la quale non presenta delle soluzioni tecnologiche atte a prevenire questo tipo di patologia.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona controterra. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti.

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PATINA VEGETATIVA</b>	<b>E.11</b>
--	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
----------------------------	-----------------------

	
--	--

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Presenza di anomalia cromatica e materica, composta da uno strato di natura biologica di impercettibile spessore situato alla base della parete verticale del nostro edificio. Presenza di muschi, muffe, funghi.	In atto, presenza del fenomeno in forma omogenea su tutta la lunghezza del perimetro della chiusura verticale di confine del nostro edificio.

<b>Descrizione:</b>
---------------------

Formazione di uno strato uniforme e aderente lungo tutto il perimetro dell'edificio, si presenta con colorazioni tendenti al verde, costituito prevalentemente da microrganismi e altri materiali presenti nel terreno (terra, polvere, ecc...).

<b>Cause possibili:</b>
-------------------------

Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla risalita capillare dell'umidità del terreno, e dalle perdite degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche. La possibile proliferazione del fenomeno può essere dovuta alla presenza e alla formazione di sali presenti nei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, oltre alle condizioni chimiche e ambientali del sito. Un'ulteriore agevolazione alla propagazione dell'anomalia è da accollare alla tipologia costruttiva, la quale non presenta delle soluzioni tecnologiche atte a prevenire questo tipo di avvenimento.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
--------------------------------------


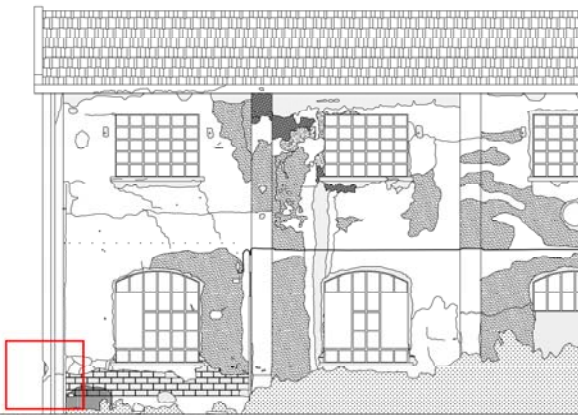
Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona controterra. Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato funzionale dei materiali utilizzati.



4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>DISTACCO E MANCANZA DEL COPRIFERRO</b>	<b>E.12</b>
---	-------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE
------------------	--------------------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

**RILEVAMENTO VISIBILE**

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Distacco o mancanza di porzioni di CLS di protezione all'armatura longitudinale. Presenza di macchie di ruggine sul metallo, con efflorescenze sul calcestruzzo.	In atto, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza sui pilastri.

**Descrizione:**

Distacco o mancanza materica tra il calcestruzzo e le barre d'armatura presenti all'interno del pilastro stesso.

**Cause possibili:**

La causa di questo tipo di patologia è dovuta alla formazione della corrosione del metallo d'armatura, il quale aumentando le proprie dimensioni all'interno del conglomerato cementizio, creando delle fessure e dei cedimenti nello stesso essendo quest'ultimo meno duttile. Un'ulteriore causa potrebbe essere la poca quantità di legante introdotta all'interno dell'impasto per la realizzazione della struttura. Altre cause concatenanti sono gli attacchi chimici al materiale, effetto gelo/disgelo, presenza di umidità capillare o di risalita, dissesti statici o interventi di manutenzione non appropriati effettuati nel tempo.


**Errori progettuali correlati:**

Mancanza di un'adeguata manutenzione dei manufatti.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile  
**CORROSIONE INFISSI METALLICI**

E.13

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE
RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

## RILEVAMENTO VISIBILE

Anomalia visibile:	Stato di progressione:
<p>Corrosione degli infissi metallici, alterazione cromatica e materica dovuta alla presenza di una patina composta da idrati di ferro sulla parte vetrata delle aperture.</p>	<p>In atto, presenza del fenomeno nella totalità degli elementi realizzati in metallo atti alla chiusura verticale dell'edificio.</p>

## Descrizione:

Anomalia che si presenta come una degradazione materica dell'elemento in metallo utilizzato, di colorazione tendente all'arancione scuro. Questo fenomeno comporta il rilascio dovuto al dilavamento delle acque meteoriche di patine di idrati di ferro con conseguente assorbimento nel tempo delle partizioni verticali vetrate rendendole opache, facendo perdere parzialmente o completamente la loro trasparenza.

## Cause possibili:

Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla risalita capillare dell'umidità e dalle perdite degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche. La possibile proliferazione del fenomeno può essere dovuta alla presenza e alla formazione di sali presenti nei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, oltre alle condizioni chimiche e ambientali del sito. Un'ulteriore agevolazione alla propagazione dell'anomalia è da accollare alla tipologia costruttiva, la quale non presenta delle soluzioni tecnologiche atte a prevenire questo tipo di avvenimento.

## Errori progettuali correlati:

Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Mancata o inefficiente predisposizione di prodotti protettivi sul materiale. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>DISTACCO MATERICO</b>	<b>I.14</b>
--	-------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE
RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

RILEVAMENTO VISIBILE
----------------------

Anomalia visibile:	Stato di progressione:
Distacco e mancanza di uno più strati superficiali di materiale interessando più porzioni di muratura verticale nelle vicinanze al piano di campagna e nella zona di posa della copertura. con presenza di fessurazioni, infiltrazioni d'acqua verso l'ambiente interno con conseguente esfoliazione dell'intonaco e relativa tinteggiatura.	In atto, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza in prossimità dei nodi strutturali fra la parete, i tamponamenti interni e la copertura .

Descrizione:
Parti di discontinuità materica tra uno o più strati superficiali del materiale, con conseguente distacco e mancanza totale o parziale di essi nella zona limitrofa al piano di campagna e di posa della copertura. Si possono notare parti di parete con distacco e mancanza dell'intonaco e della relativa tinteggiatura.
Cause possibili:
Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla risalita capillare dell'umidità del terreno, e dalle perdite degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche. La possibile proliferazione del fenomeno può essere dovuta alla presenza e alla formazione di sali presenti nei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, oltre alle condizioni chimiche e ambientali del sito. Un'ulteriore agevolazione alla propagazione dell'anomalia è da accollare alla tipologia costruttiva, la quale non presenta delle soluzioni tecnologiche atte a prevenire questo tipo di avvenimento.

## 4


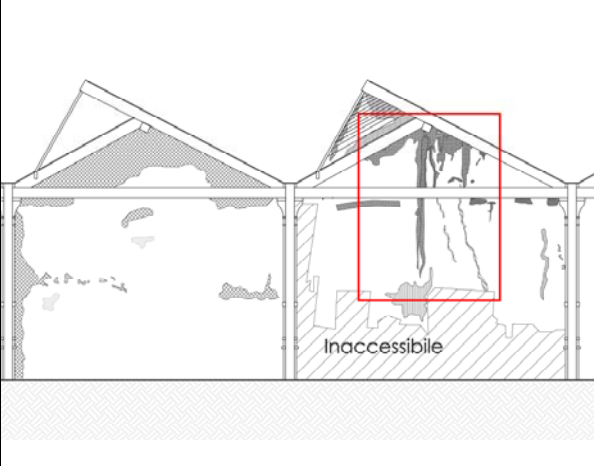
**Errori progettuali correlati:**

Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona controterra e della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>FESSURAZIONI</b>	<b>I.15</b>
---	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------


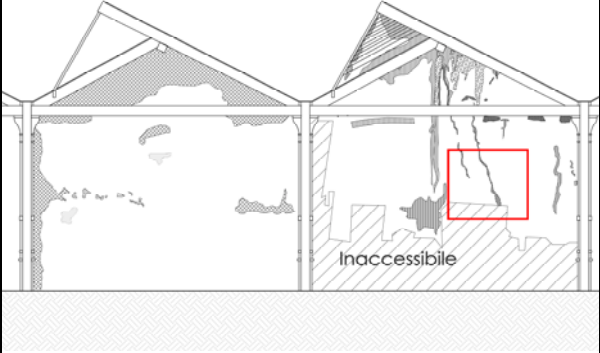
<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Fessurazioni create dallo spostamento dei materiali, dovute all'assestamento della struttura, presenza di esfoliazione, distacco dell'intonaco, efflorescenze e macchie dovute alle infiltrazioni di umidità capillare dal terreno e dalla copertura verso l'interno.	In atto, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza in prossimità dei nodi strutturali fra la parete, i tamponamenti interni e la copertura .

<b>Descrizione:</b>
Fessurazioni all'interno dell'edificio create dalla discontinuità e dall'assestamento dei materiali. Ad aggravare la situazione ed avere anche un'anomalia cromatica e materica si ha la presenza di macchie dovute alla risalita capillare dell'umidità del terreno e dall'infiltrazione dall'alto dal manto di copertura.
<b>Cause possibili:</b>
Cedimenti e assestamenti strutturali avvenuti nel tempo degli elementi portanti della struttura i quali hanno causato ai paramenti verticali interni e esterni degli stati tensionali di sforzo non attuabili.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona controterra e della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Struttura con un grado di duttilità poco elevato, eccessiva rigidità, quindi molto fragile. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti.

4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>FESSURAZIONI</b>	<b>I.16</b>
---	-------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE
------------------	--------------------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

**RILEVAMENTO VISIBILE**

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Fessurazioni create dallo spostamento dei materiali, dovute all'assestamento della struttura, presenza di esfoliazione, distacco dell'intonaco, efflorescenze e macchie dovute alle infiltrazioni di umidità capillare dal terreno e dalla copertura verso l'interno.	In fase di avanzamento, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza in prossimità dei nodi strutturali fra la parete, i tamponamenti interni e la copertura.

**Descrizione:**

Fessurazioni all'interno dell'edificio create dalla discontinuità e dall'assestamento dei materiali. Ad aggravare la situazione ed avere anche un'anomalia cromatica e materica si ha la presenza di macchie dovute alla risalita capillare dell'umidità del terreno e dall'infiltrazione dall'alto dal manto di copertura.

**Cause possibili:**

Cedimenti e assestamenti strutturali avvenuti nel tempo degli elementi portanti della struttura i quali hanno causato ai paramenti verticali interni e esterni degli stati tensionali di sforzo non assorbiti.


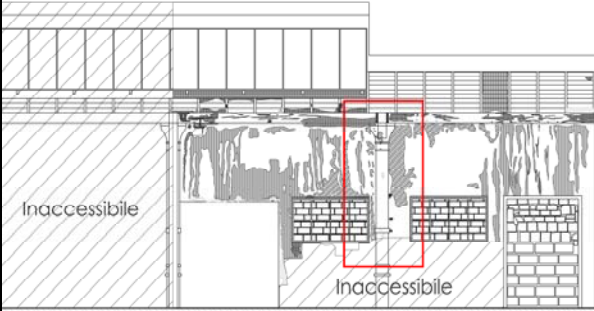
**Errori progettuali correlati:**

Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona controterra e della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Struttura con un grado di duttilità poco elevato, eccessiva rigidità, quindi molto fragile. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti.

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>MACCHIE DI RUGGINE E IMBIBIZIONE</b>	<b>I.17</b>
---	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE</b>
-------------------------	--------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	


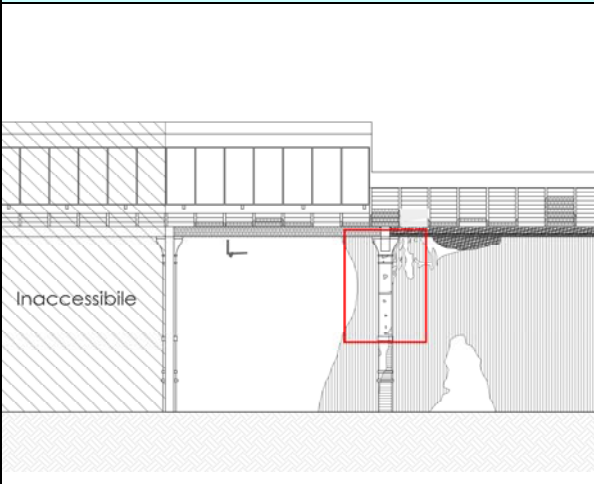
**RILEVAMENTO VISIBILE**

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Alterazione cromatica situata in zone localizzate dell'edificio. Presenza di ossido di ferro dovuto alla corrosione dei canali di scolo delle acque meteoriche e di altri materiali estranei al substrato. Presenza di imbibizione, esfoliazione e distacco dell'intonaco e relativa tinteggiatura.	In atto, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza in prossimità della muratura in corrispondenza di gronde e canali per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche.

<b>Descrizione:</b>
Pigmentazione localizzata e accidentale della superficie e dei materiali utilizzati. Alterazione che si presenta sotto forma di macchie dovute all'azione delle polveri d'ossidazione del ferro nelle zone con maggiore intensità del fenomeno, interagendo sullo stato conservativo e funzionale della tinteggiatura, dell'intonaco e del substrato. Infiltrazione d'acqua con conseguente imbibizione dei materiali in base alla loro porosità.
<b>Cause possibili:</b>
Infiltrazione di ossido di ferro dal manto di copertura o dai punti critici di giunzione tra parete verticale e copertura prodotta dall'azione aggressiva degli agenti atmosferici, quali, dilavamento, effetto gelo-disgelo.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Errata isolazione e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato funzionale dei materiali utilizzati.

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PRESENZA DI MACCHIE</b>	<b>I.18</b>
--	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE</b>
<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	 <p>Inaccessibile</p>

**RILEVAMENTO VISIBILE**

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia cromatica e materica presente in maggior entità ai bordi superiori della parete verticale, in prossimità degli scarichi dei pluviali, con corrosione degli stessi. Presenza estranea di materiale al substrato. Efflorescenza, esfoliazione con distacco dell'intonaco.	In atto, presente su tutta la parete verticale in presenza dei canali di raccolta delle acque meteoriche, accentuazione del fenomeno nella zone limitrofe alle pareti superiori.


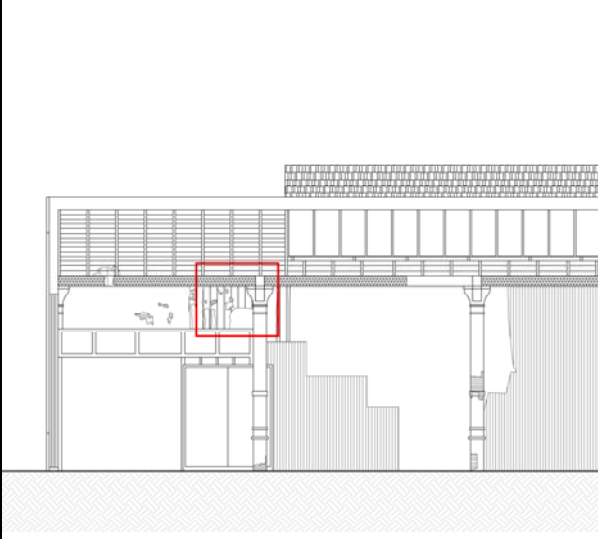
<b>Descrizione:</b>
Alterazione localizzata e accidentale della superficie e dei materiali utilizzati. Si presenta sotto forma di cambiamenti cromatici e materici dovute all'azione all'ossidazione e successivamente corrosione dei materiali ferrosi nelle zone con maggiore intensità del fenomeno, interagendo sullo stato conservativo e funzionale della tinteggiatura, dell'intonaco e del substrato.
<b>Cause possibili:</b>
Ossidazione che per dilavamento interferisce e viene assorbita dagli strati della parete sottostante ai pluviali, malfunzionamento, parziale rottura, o spostamento nel tempo dell'impiantistica per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato funzionale dei materiali utilizzati.



## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile  
**ESFOLIAZIONE DELLA TINTEGGIATURA**

**I.19**

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE
RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

**RILEVAMENTO VISIBILE**

Anomalia visibile:	Stato di progressione:
<p>Anomalia cromatica e materica presente in maggior entità ai bordi superiori della parete verticale, in prossimità degli scarichi dei pluviali, con corrosione degli stessi.            Presenza estranea di materiale al substrato.            Efflorescenza, esfoliazione con distacco dell'intonaco. Presenza di muffe nelle prossimità delle fessure.</p>	<p>In atto, presente su tutta la parete verticale in presenza dei canali di raccolta delle acque meteoriche, accentuazione del fenomeno nella zone limitrofe alla struttura portante dell'edificio.</p>

**Descrizione:**

Alterazione localizzata e accidentale della superficie e dei materiali utilizzati. Si presenta sotto forma di cambiamenti cromatici e materici dovute all'ossidazione e successivamente corrosione dei materiali ferrosi nelle zone con maggiore intensità del fenomeno, interagendo sullo stato conservativo e funzionale della tinteggiatura, dell'intonaco e del substrato.

## 4

**Cause possibili:**

Ossidazione e corrosione che per dilavamento interferisce e viene assorbita dagli strati della parete interna, malfunzionamento, parziale rottura, o spostamento nel tempo dell'impiantistica per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche.

**Errori progettuali correlati:**


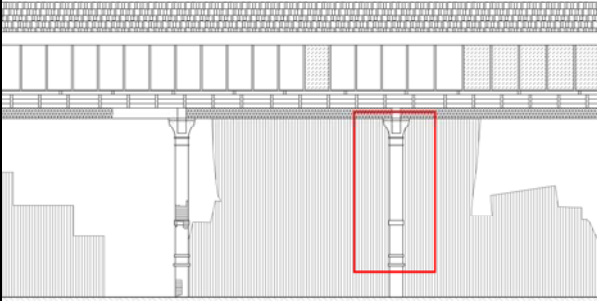
Errata isolazione e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura.

Mancanza nel tempo di un'adeguata manutenzione e controllo dello stato funzionale dei materiali utilizzati. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti.

4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>ESFOLIAZIONE DELLA TINTEGGIATURA</b>	<b>1.20</b>
---	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE</b>
-------------------------	--------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

**RILEVAMENTO VISIBILE**

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Distacco e mancanza di uno più strati superficiali di materiale interessando più porzioni di muratura verticale nelle vicinanze della zona di posa della copertura. con presenza di fessurazioni, infiltrazioni d'acqua verso l'ambiente interno con conseguente esfoliazione dell'intonaco e relativa tinteggiatura.	In atto, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza in prossimità dei nodi strutturali fra la parete, i tamponamenti interni e la copertura.

<b>Descrizione:</b>
Parti di discontinuità materica tra uno o più strati superficiali del materiale, con conseguente distacco e mancanza totale o parziale di essi nella zona limitrofa al piano di campagna e di posa della copertura. Si possono notare parti di parete con distacco e mancanza dell'intonaco e della relativa tinteggiatura.
<b>Cause possibili:</b>
Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla risalita capillare dell'umidità e dalle perdite degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche. La possibile proliferazione del fenomeno può essere dovuta alla presenza e alla formazione di sali presenti nei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, oltre alle condizioni chimiche e ambientali del sito.



## 4

**Errori progettuali correlati:**

Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti. Un'ulteriore agevolazione alla propagazione dell'anomalia è da accollare alla tipologia costruttiva, la quale non presenta delle soluzioni tecnologiche atte a prevenire questo tipo di avvenimento.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>DEGRADO COPERTURA</b>	<b>I.21</b>
--	-------------

ELEMENTO TECNICO	COPERTURA
RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

Anomalia visibile:	Stato di progressione:
L'anomalia è rappresentata da uno strato di patina biologica aderente alla superficie del materiale, sono presenti efflorescenze ed incrostazioni.	In atto, presenza del fenomeno in modo diffuso su tutta la copertura con zone accentuate nelle vicinanze dei canali di gronda.

Descrizione:
Presenza di microrganismi che ricoprono il materiale usato per la copertura con uno strato sottile di patina biologica dalla colorazione tendente al verde. Presenza inoltre di detriti dovuti alla fratturazione del materiale.


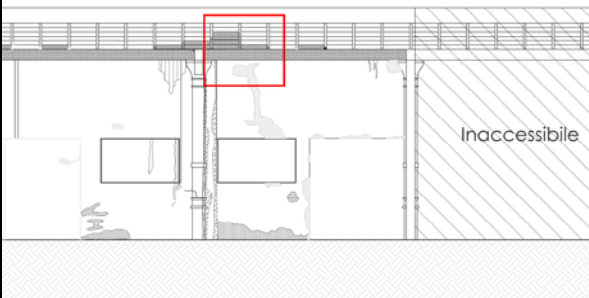
Cause possibili:
Problema causato principalmente dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla presenza di sostanze chimiche aggressive che essi possono portare. Inoltre la presenza di polvere nell'aria provoca depositi di materiale estranei, i quali in presenza di umidità favoriscono lo sviluppo e la propagazione incontrastata di azioni biologiche, formazione di muschi e licheni.

Errori progettuali correlati:
Manutenzione e trattamenti dei materiali utilizzati per la copertura (tegole marsigliesi) non efficienti, tardivi e errati.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile  
**DISTACCO E MANCANZA TAVELLE**

I.22

ELEMENTO TECNICO	COPERTURA
RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

## RILEVAMENTO VISIBILE

Anomalia visibile:	Stato di progressione:
<p>Distacco e mancanza delle tavelle di rivestimento della copertura. Presenza di fratturazioni evidenti del manto di copertura, perdita di verniciatura degli elementi in legno.</p>	<p>Stabile, presenza del fenomeno in zone localizzate, in prevalenza in prossimità dei nodi strutturali fra la parete.</p>

## Descrizione:

Visibilità della tipologia costruttiva della copertura dovuta alla mancanza parziale delle tavelle di tamponamento, con conseguente infiltrazione di umidità localizzata causante il deterioramento e la perdita della verniciatura dei travetti e delle travi in legno.

## Cause possibili:

Anomalia causata dall'infiltrazione degli agenti meteorici. Da questa la presenza di umidità di dilavamento o infiltrazione nelle varie parti costruttive realizzate in legno della copertura attivano delle tensioni interne al materiale portandolo al ritiro o al rigonfiamento in base all'umidità presente al loro interno conseguentemente la loro rottura e/o caduta.


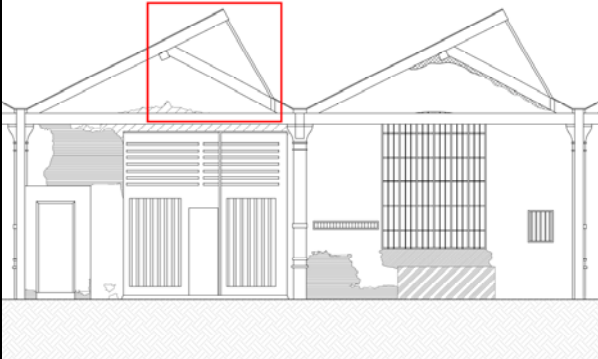
## Errori progettuali correlati:

Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Manutenzione e trattamento anti umidità errata o inesistente, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>DEGRADO SHED</b>	<b>I.23</b>
---	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE TRASPARENTE</b>
-------------------------	---

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------



<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia presente con distacco, mancanza, fratturazioni del vetro. Presenza di corrosione degli infissi metallici, con conseguente alterazione cromatica dei materiali.	In atto, è presente in modo diffuso sulla totalità delle chiusure perimetrali trasparenti.

<b>Descrizione:</b>
Patologia con fratturazioni, distacchi e alterazioni cromatiche dovute allo spostamento dei materiali utilizzati per la realizzazione della chiusura trasparente, quali il vetro e gli infissi metallici annessi. Presenza di una patina dovuta alla corrosione di colorazione tendente all'arancione scuro.
<b>Cause possibili:</b>
Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, con conseguente infiltrazione d'acqua. Quest'ultima nel tempo ha creato l'ossidazione e conseguentemente la corrosione degli infissi in metallo portando per dilavamento gli ossidi di ferro sulla parete vetrata.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato. Mancanza di un'adeguata impermeabilizzazione del sistema costruttivo adottato.

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>FESSURAZIONI TRAVI IN LEGNO</b>	<b>I.24</b>
--	-------------

ELEMENTO TECNICO	COPERTURA PERIMETRALE
------------------	-----------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

### RILEVAMENTO VISIBILE

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Fessurazioni nel legno, alterazione cromatica e presenza di macchie con patina biologica.	In atto, presenza del fenomeno in modo diffuso su tutti gli elementi in legno.

**Descrizione:**

Anomalia caratterizzata dalla fessurazione delle parti portanti in legno con perdita della tinteggiatura di colore bianco e con la presenza di macchie e patina biologica dovute all'umidità e all'infiltrazione dell'acqua.

**Cause possibili:**

La causa principale di questo fenomeno è dovuta alle differenti umidità presenti negli strati del materiale. Il repentino cambiamento climatico provoca al proprio interno dei ritiri o rigonfiamenti che provocano all'interno degli strati delle tensioni che portano il materiale alla fessurazione.

**Errori progettuali correlati:**


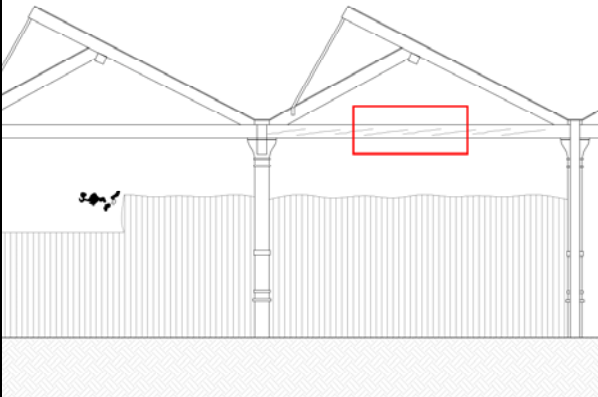
Errata manutenzione e trattamenti dei materiali, utilizzo di materiali con prestazioni e requisiti non idonei al nostro caso. Mancanza di un'adeguata impermeabilizzazione del sistema costruttivo adottato. Errato predimensionamento della struttura.



## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PERDITA TINTEGGIATURA LEGNO</b>	<b>I.25</b>
--	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PERIMETRALE VERTICALE</b>
-------------------------	---------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia cromatica e materica visibile che si manifesta sulle parti in legno, dovuta al distacco e conseguentemente dalla caduta di parti della verniciatura da essi. Presenza di muffe e macchie dovute all'infiltrazione.	In atto, presenza del fenomeno in zone diffuse su tutta la parte della struttura realizzata in legno.

<b>Descrizione:</b>
Fenomeno che si presenta come un'alterazione cromatica e materica delle parti realizzate interamente in legno. Questa patologia è caratterizzata dalla non linearità della stasura della tinteggiatura di colorazione tendente al bianco. Sono presenti inoltre nelle parti in cui è avvenuto il completo distacco di essa delle macchie dovute alle infiltrazioni di acqua meteorica delle macchie e delle muffe di colorazione tendenti al verde.
<b>Cause possibili:</b>
Questa tipologia di anomalia è dovuta alle caratteristiche del materiale utilizzato, infatti la variazione di umidità contenuta nei vari strati presenti nel legno provocano delle deformazioni quali ritiri, rigonfiamenti, causando delle tensioni interne che differiscono in modo non costante negli strati presenti nel materiale, formazione di esse vengono manifestate esternamente con fessurazioni e distacchi di tinteggiatura in modo non uniforme.
<b>Errori progettuali correlati:</b>
Tipologia costruttiva non idonea ad arginare la forte presenza di umidità dovuta alle infiltrazioni e condensazione, errata predisposizione di prodotti protettivi sul materiale atti ad evitare attacchi patogeni quali muffe, incrostazioni e la proliferazione di insetti nocivi al materiale. Mancanza di un'adeguata manutenzione ordinaria periodica nel tempo del manufatto. Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>MACCHIE PAVIMENTAZIONE</b>	<b>I.26</b>
---	-------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA ORIZZONTALE
RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

### RILEVAMENTO VISIBILE


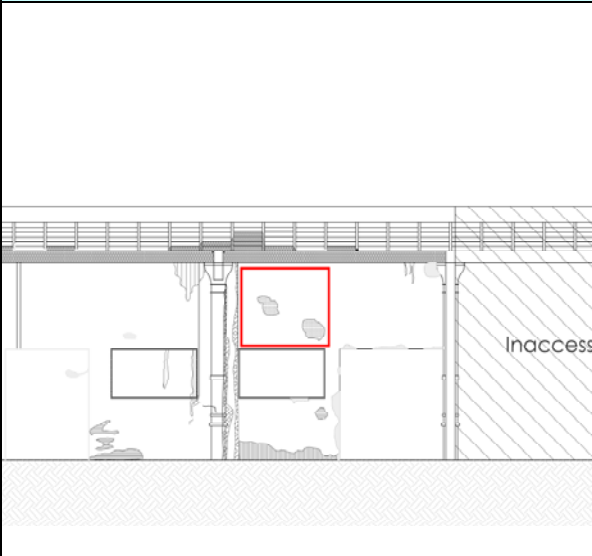
Anomalia visibile:	Stato di progressione:
<p>Formazione di macchie dovute alla perdita di sostanze lubrificanti e combustibili dai mezzi meccanici presenti all'interno dell'edificio. Presenza inoltre di fessurazioni e rappezzi cementizi.</p>	<p>In atto, presenza del fenomeno in zone localizzate della pavimentazione interna, dove avviene l'arresto degli automezzi.</p>

Descrizione:
<p>Alterazione presente che si manifesta con colorazioni tendenti al nero dovuta alla presenza di materiale estraneo composto da grassi, olii e combustibile sulla superficie della pavimentazione interna. Degrado della pavimentazione con presenza di fessurazioni e distacchi di porzioni di essa dovuti all'azione degli agenti chimici presenti nelle sostanze utilizzate per il mantenimento degli organi meccanici delle autovetture.</p>
Cause possibili:
<p>Problema causato dall'attacco di sostanze chimiche presenti nelle sostanze rilasciate dalle autovetture e dagli agenti dannosi e inquinanti presenti nell'atmosfera che vengono trasferiti e accumulati sulla pavimentazione dai pneumatici degli automezzi.</p>
Errori progettuali correlati:
<p>Errata isolamento e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della pavimentazione. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi o non sufficienti, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato.</p>

# 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>RIGONFIAMENTO INTONACO</b>	<b>1.27</b>
---	-------------

ELEMENTO TECNICO	CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE
------------------	-------------------------------

RILIEVO FOTOGRAFICO	LOCALIZZAZIONE
	

## RILEVAMENTO VISIBILE

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Rigonfiamento più o meno accentuato della parte di intonaco. Si sviluppa in presenza di altri tipi di anomalie quali esfoliazioni e distacchi, con presenza di macchie dovute all'umidità.	In atto, presenza in modo discontinuo sia sulle murature interne sia su quelle esterne.

<b>Descrizione:</b>
Rigonfiamento della parte d'intonaco dovuto al sollevamento del materiale, può essere in forma localizzata od estesa in funzione delle anomalie correlate o dalla locazione del degrado.


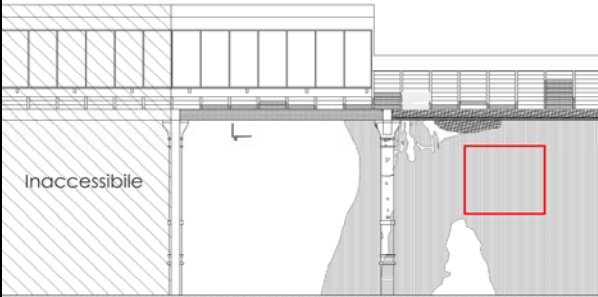
<b>Cause possibili:</b>
Problema causato dall'attacco degli agenti atmosferici, dalla risalita capillare dell'umidità e dalle perdite degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche. La possibile proliferazione del fenomeno può essere dovuta alla presenza e alla formazione di sali presenti nei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera i quali cristallizzandosi internamente allo strato aumentano di volume provocando rigonfiamenti e fessurazioni. Un'ulteriore causa è l'effetto gelo/disgelo il quale dopo ripetuti cicli provoca all'interno del materiale ulteriori tensioni di sforzo.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
Errata isolazione e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della controterra. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato. Utilizzo di un'intonaco e di tinteggiatura con requisiti tecnici non soddisfacenti, traspirazione e capacità di assorbimento insufficienti. Presenza di perdite, rotture, mancanze sia delle canalizzazioni di gronda o di elementi che costituiscono la copertura.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>IMBIBIZIONE BLOCCHI C.L.S</b>	<b>I.28</b>
--	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE</b>
-------------------------	--------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Anomalia cromatica con presenza di efflorescenze, patina vegetativa e incrostazioni.	In atto, presenza della patologia in modo discontinuo riguardante i blocchi di CLS con intonaco e a vista.

<b>Descrizione:</b>
---------------------

Degrado dovuto all'imbibizione da parte del materiale, presenza di anomalia cromatica causata dalla presenza di liquido all'interno dei pori del materiale con formazione di incrostazioni, muffe e patina biologica sulla superficie del materiale.

<b>Cause possibili:</b>
-------------------------

Le cause possibili per questa tipologia di anomalia possono essere varie, la principale è sicuramente dipendente dalla quantità delle precipitazioni meteoriche che si abbattano sull'edificio. La mancanza inoltre di una buona tipologia costruttiva della copertura può portare all'infiltrazione capillare dell'acqua provocando l'imbibizione dei materiali sottostanti dipendendo dalla loro porosità.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
--------------------------------------

Errata isolazione e impermeabilizzazione della zona riguardante la tipologia costruttiva della copertura. Mancanza di un'impianto di smaltimento delle acque meteoriche inadeguato. Inadeguati sistemi di areazione presenti all'interno dell'edificio. Manutenzione e trattamenti degli elementi tardivi e errati, utilizzo di materiali con prestazioni non idonee al caso specifico analizzato.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>PITTURA INTONACO</b>	<b>1.29</b>
---	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE</b>
-------------------------	--------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Presenza di anomalia cromatica dovuta all'azione dell'uomo. Nessun'altra anomalia correlata presente.	Esaurito, patologia esistente in zone localizzate, situate in porzioni di murature interne ed esterne.

<b>Descrizione:</b>
Alterazione cromatica della tinteggiatura dell'intonaco e dei blocchi di CLS posizionati a vista, situata nella parte interna ed esterna all'edificio. Si presenta con tipologie cromatiche differenti in base al tipo di vernice/pittura utilizzata. E' da considerarsi come un'anomalia estetica e non un'azione di degrado.



<b>Cause possibili:</b>
La principale causa di questo fenomeno è da attribuire all'azione umana, in quanto questa anomalia è rappresentata da una stesura di vernice o tinteggiatura non idonea e fuori luogo non rispettando la tipologia di tinteggiatura utilizzata per la totalità dell'edificio. Si manifesta in porzioni vistose di dubbioso gusto.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
Nessuna.

## 4

Scheda rilevamento anomalia visibile <b>RIPARI EFFETTUATI CON MALTA</b>	<b>I.30</b>
--	-------------

<b>ELEMENTO TECNICO</b>	<b>CHIUSURA PARTIZIONE VERTICALE</b>
-------------------------	--------------------------------------

<b>RILIEVO FOTOGRAFICO</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>
	

<b>RILEVAMENTO VISIBILE</b>
-----------------------------

<b>Anomalia visibile:</b>	<b>Stato di progressione:</b>
Alterazione di tipo cromatica e materica dovuta alla presenza di materiale differente applicato successivamente al manufatto, presenza e formazioni di fessurazioni, distacchi e macchie.	Esaurito, presenza del fenomeno in zone localizzate dell'edificio, situate in prossimità delle aperture interne ed esterne.

<b>Descrizione:</b>
---------------------

Fenomeno che si manifesta nelle vicinanze delle aperture ed è causato dall'utilizzo per effettuare dei rattoppi delle finiture, sopperire a delle mancanze, con materiale (malta cementizia) non conforme al preesistente. Ulteriore presenza di fessurazioni e macchie nelle parti di contatto tra i vari tipi di materiali utilizzati. L'anomalia cromatica si presenta con una colorazione tendente al grigio.

<b>Cause possibili:</b>
-------------------------

Problema causato dalla necessità di ampliamento, di tamponamento, di rifinitura delle aperture interne ed esterne preesistenti. L'utilizzo improprio di materiali con proprietà differenti e non conformi ha causato la formazione di fessure e alterazioni oggettive presenti anche in zone dove era necessario effettuare una manutenzione non ordinaria. Effetto gelo/disgelo, azione degli agenti atmosferici, presenza di umidità d'infiltrazione e risalita capillare dell'acqua.

<b>Errori progettuali correlati:</b>
--------------------------------------

Utilizzo improprio di materiali non compatibili con differenti proprietà elastiche. Tipologia costruttiva non idonea ad arginare la forte presenza di umidità dovuta alle infiltrazioni, assente o inadeguata impermeabilizzazione e coibentazione della zona controterra atta ad arginare il fenomeno della risalita capillare dell'acqua.

## 4

**Glossario delle definizioni e delle forme di alterazione riscontrate sui materiali esaminati dal CNR-ICR 1990:**

***Alterazione Cromatica:*** Alterazione che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore quali: tinta, chiarezza, saturazione. Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie o localizzate.

***Efflorescenza:*** Depositi di sali solubili, che si formano sulla superficie delle murature a seguito dell'evaporazione dell'acqua nella quale sono disciolti. Le forme più comuni di efflorescenze sono costituite da depositi biancastri e aspetto cristallino e/o pulverulento.

***Esfoliazione:*** Anomalia che si manifesta su uno o più strati superficiali tra loro paralleli, o su uno o più strati filmogeni applicati in precedenti restauri. L'esfoliazione è considerata tale se lo spessore della "sfoglia" o "scaglia" sollevata, si aggira intorno al decimo di millimetro e comunque mai oltre al mezzo millimetro, altrimenti è da considerarsi come perdita di adesione. L'esfoliazione può evidenziare i vari strati storici delle differenti intonacature e cromie.

***Patina:*** Alterazione strettamente limitata a quelle modificazioni naturali della superficie dei materiali non collegabili a manifesti fenomeni di degradazione o percepibili come una variazione del colore originario del materiale.

***Patina artificiale:*** Alterazioni indotte artificialmente

***Patina Biologica:*** Strato sottile morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, perlopiù verde. Questa

---

# 4

---

patina è costituita prevalentemente da microorganismi cui possono aderire polvere, terriccio, ecc.

***Distacco:*** Sollevamento del rivestimento dal supporto murario o di uno strato rispetto a quello sottostante. Peggioramento dell'effetto detto precedentemente fino alla caduta dell'area interessata al distacco o di tutto l'intonaco. Nei materiali lapidei naturali le parti distaccate assumono spesso forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali (crosta, scagliatura, esfoliazione).

***Corrosione:*** Parziale o totale degradazione di una sostanza a seguito di una reazione chimica (nel nostro caso), determinata da agenti presenti nell'ambiente quali l'aria o l'acqua salata, su materiali metallici, con la formazione dei loro ossidi (ruggine), i quali mantengono le caratteristiche del ferro diventando però friabili, porosi e piuttosto fragili.

***Macchia:*** Alterazione cromatica che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata della superficie; è correlata alla presenza di materiale estraneo al substrato ( ruggine, sali di rame, sostanze organiche, vernici).

***Fratturazione o fessurazione:*** Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.



## 4

## TIPOLOGIA SCHEDA TIPO D' INTERVENTO SUI SISTEMI TECNOLOGICI:

Scheda Tecnologia <b>Tipologia strutturale</b>		Numerazione elemento in esame
<b>Rilievo fotografico</b>		
<b>PARTICOLARE</b>	<b>PARTICOLARE</b>	
Foto di dettaglio dell'elemento in esame all'interno del progetto	Foto di dettaglio dell'elemento in esame all'interno del progetto	
<b>Particolare Tridimensionale:</b>		
Vista tridimensionale particolareggiata della struttura esaminata		
<b>Descrizione:</b>		
Descrizione dettagliata e approfondita del particolare costruttivo in esame		

# 4

## INDICE DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI ANALIZZATI

**P.1** – Analisi struttura Portante: Pilastrini

**P.2** – Analisi struttura Portante: Travi

**P.3** – Analisi struttura Portante: Copertura

**P.4** – Analisi struttura Portante: Shed

**P.5** – Partizione verticale in blocchi di CLS

**P.6** – Partizione verticale in laterizio

**P.7** – Partizione vetrata verticale rettangolare

**P.8** – Partizione vetrata verticale ad arco a sesto ribassato

## 4

Scheda Tecnologia  
STRUTTURA PORTANTE: PILASTRI

P.1

## Rilievo fotografico

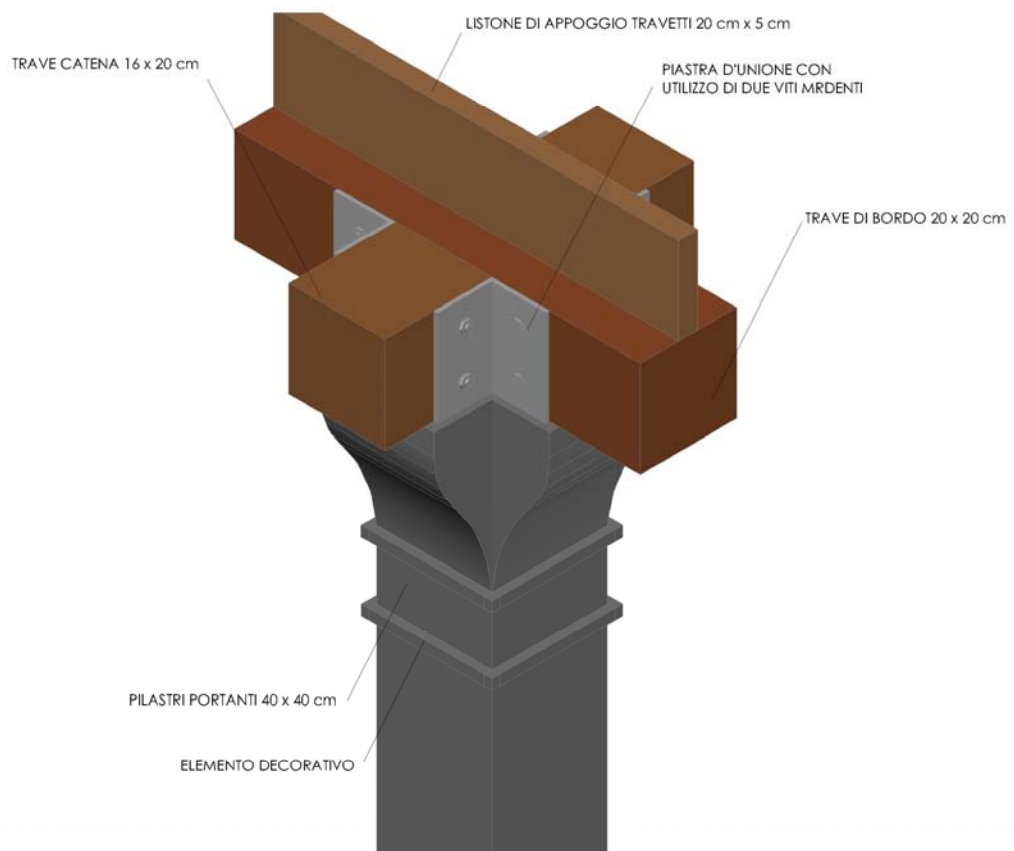
PARTICOLARE



PARTICOLARE



## Particolare Tridimensionale:



## 4

**Descrizione:**

La struttura portante dell'intero fabbricato, ad eccezione dei due capannoni a doppia altezza, è realizzata con pilastri di calcestruzzo armato e travi catena che appoggiano su di essi. I pilastri 35 cm x 35 cm, tinteggiati di colorazione bianca, sono sagomati sulla testa in modo da formare delle mensole d'appoggio per le travi: quelle disposte longitudinalmente rispetto al capannone sono accostate di testa, mentre quelle trasversali sono collegate alle precedenti mediante piastre metalliche imbullonate con viti mordenti.

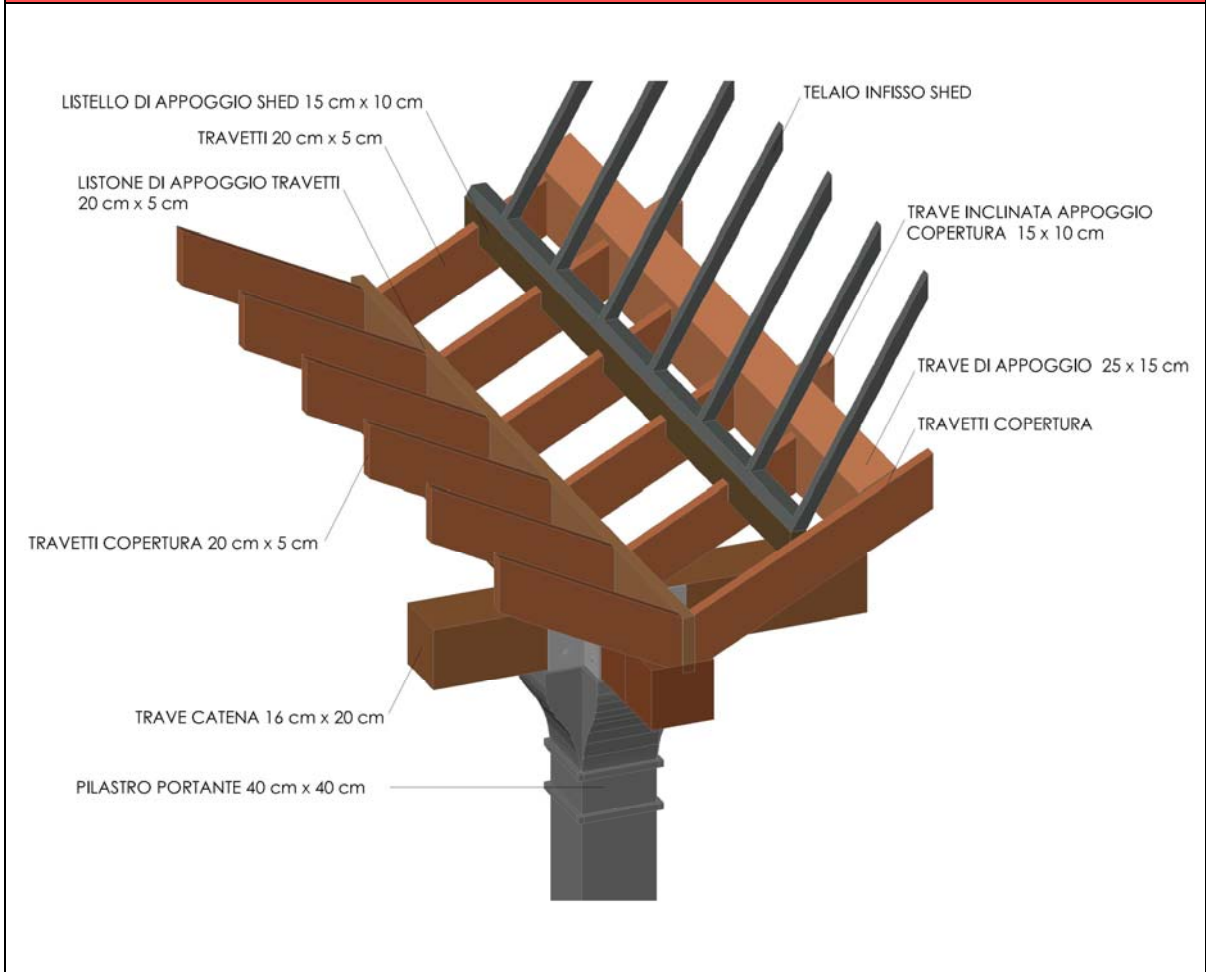
4

Scheda Tecnologia <b>STRUTTURA PORTANTE: TRAVI</b>	<b>P.2</b>
---	------------

Rilievo fotografico



Particolare Tridimensionale:



## 4

**Descrizione:**

La struttura portante dell'intero fabbricato, ad eccezione dei due capannoni a doppia altezza, è realizzata con pilastri di calcestruzzo armato e travi catena che appoggiano su di essi. I pilastri 35 cm x 35 cm, tinteggiati di colorazione bianca, sono sagomati sulla testa in modo da formare delle mensole d'appoggio per le travi: quelle disposte longitudinalmente rispetto al capannone sono accostate di testa, mentre quelle trasversali sono collegate alle precedenti mediante piastre metalliche imbullonate con viti mordenti. I pilastri presentano delle sagomature decorative lungo l'intero corpo. Le travi sono presumibilmente di abete, verniciate di colore bianco e hanno una sezione di 20 cm x 20 cm.

Sopra quelle longitudinali è stato disposto, in asse, un listone di appoggio, necessario per evitare lo sfalsamento dei travetti che sorreggono il pacchetto di copertura. I travetti portanti sono quelli continui posti ogni 1,20 m.

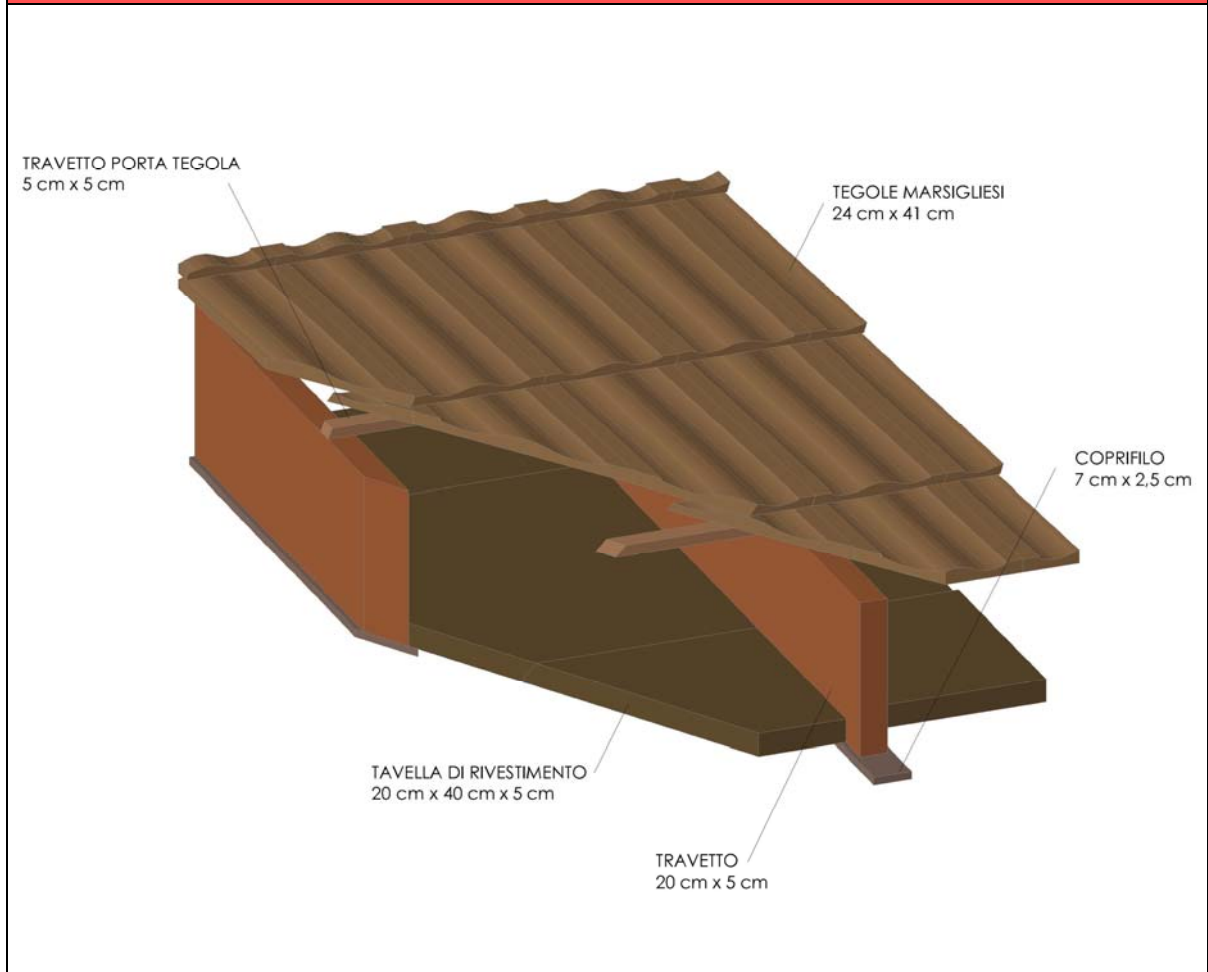
4

Scheda Tecnologia <b>STRUTTURA PORTANTE: COPERTURA</b>	<b>P.3</b>
---	------------

Rilievo fotografico



Particolare Tridimensionale:



## 4

**Descrizione:**

La struttura che sorregge la copertura è costituita da travetti di sezione 20 cm x 5 cm posti, l'uno dall'altro, ad un interasse di circa 40cm. Tra questi sono posizionate delle tavole 20 cm x 40 cm x 5 cm, tinteggiate di colore bianco, che costituiscono il controsoffitto dei capannoni. Queste sono sorrette da listelli coprifilo chiodati ai travetti e verniciati di colore bianco aventi dimensioni 2,5 cm x 7 cm. Sull'estradosso dei travetti sono posizionati dei travetti di sezione 5 cm x 5 cm, posti ad un interasse di circa 35 cm sui quali è stato posato il manto di copertura, realizzato in tegole marsigliesi di dimensione 41 cm x 24 cm.



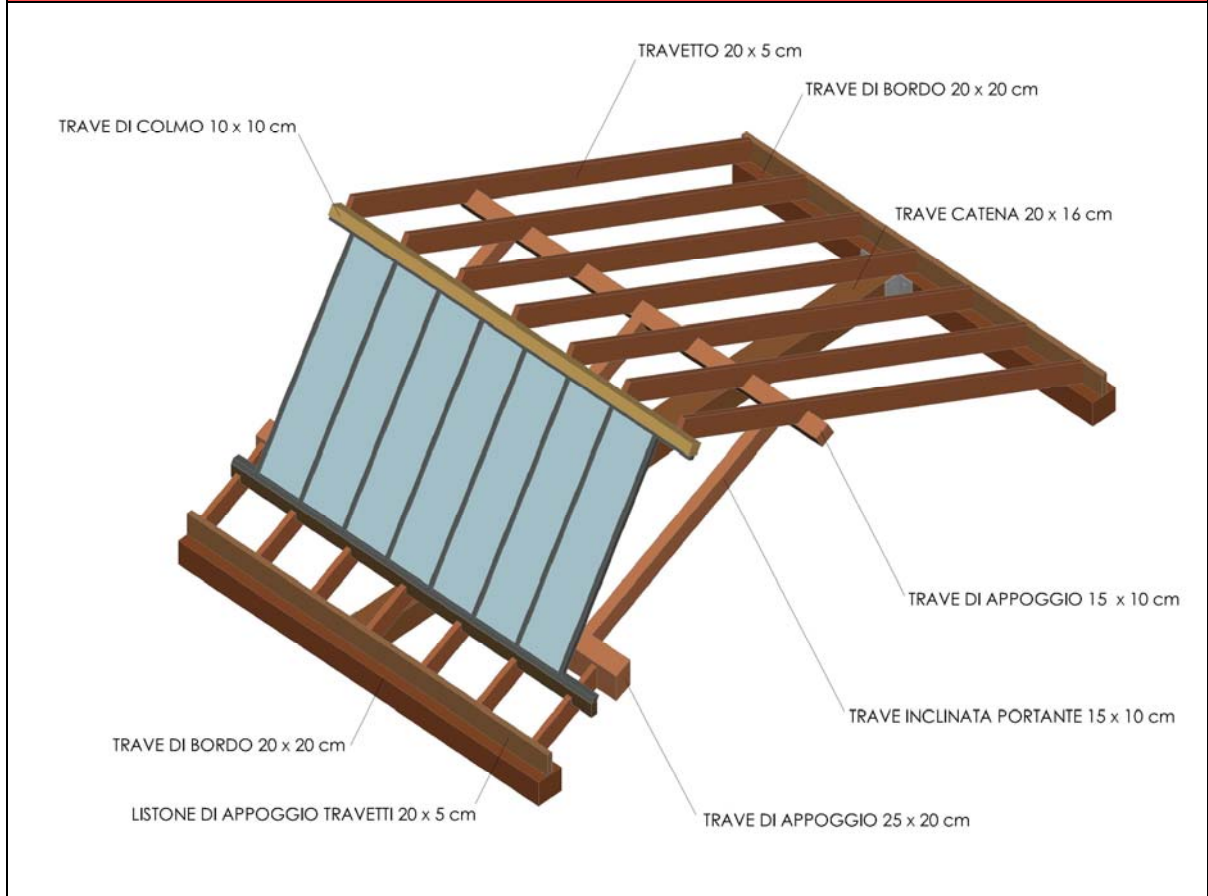
4

Scheda Tecnologia <b>STRUTTURA PORTANTE: SHED</b>	<b>P.4</b>
--	------------

Rilievo fotografico

LOCALIZZAZIONE	PARTICOLARE
	

Particolare Tridimensionale:



## 4

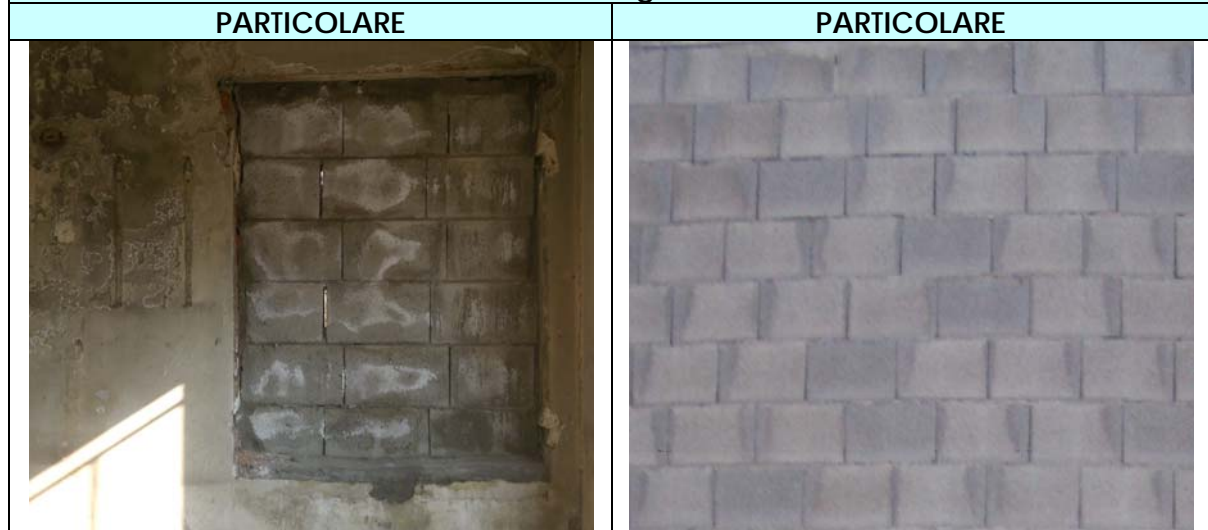
**Descrizione:**

Si tratta di finestrate che hanno lo scopo di consentire l'ingresso a grandi porzioni di luce e generalmente sono rivolte a nord per evitare fenomeni di abbagliamento. Queste aperture a shed occupano quasi l'intera falda nord di tutti i capannoni ad unica altezza e sono inclinate di circa 60° rispetto all'orizzontale, tranne l'ultima porzione di edificio su due livelli che presenta la copertura interamente rivestita con tegole marsigliesi. Hanno l'intelaiatura realizzata interamente in legno e infissi metallici con maglia regolare di circa 40 cm x 200 cm.

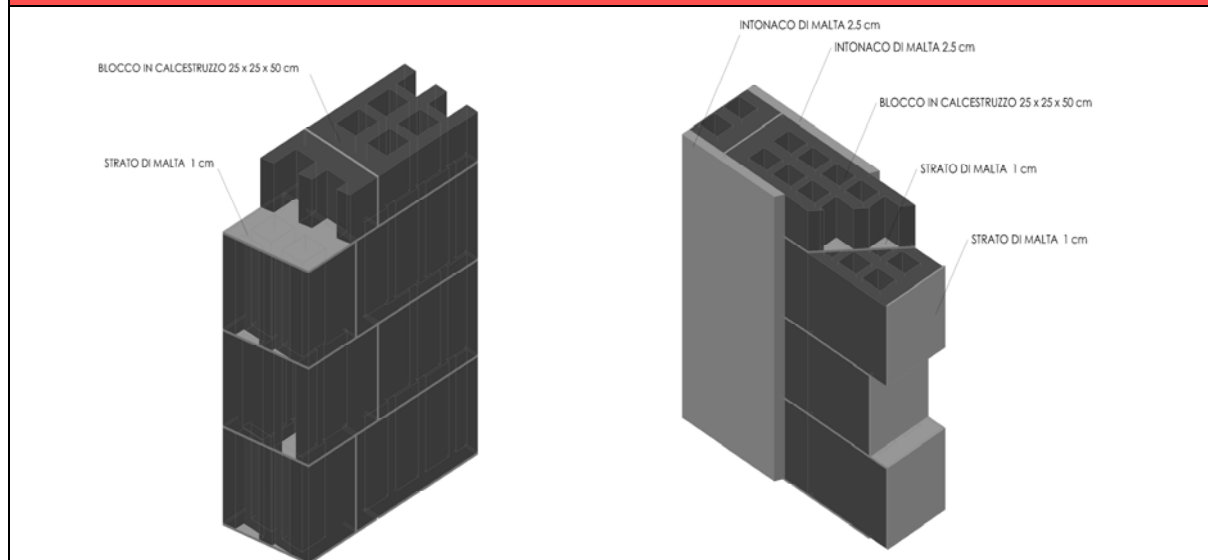
## 4

Scheda Tecnologia <b>PARTIZIONE VERTICALE IN BLOCCHI DI CL.S</b>	<b>P.5</b>
---	------------

## Rilievo fotografico



## Particolare Tridimensionale:



## Descrizione:

La muratura, a tessitura omogenea, è stata adottata per la realizzazione delle partizioni interne ed è costituita da blocchi di calcestruzzo di dimensioni 25 cm x 25 cm x 50 cm e malta di allettamento a base cementizia. I blocchi sono posati a giunti sfalsati per assicurare la continuità della parete e contrastare le forze orizzontali diminuendo lo scorrimento tra le parti.

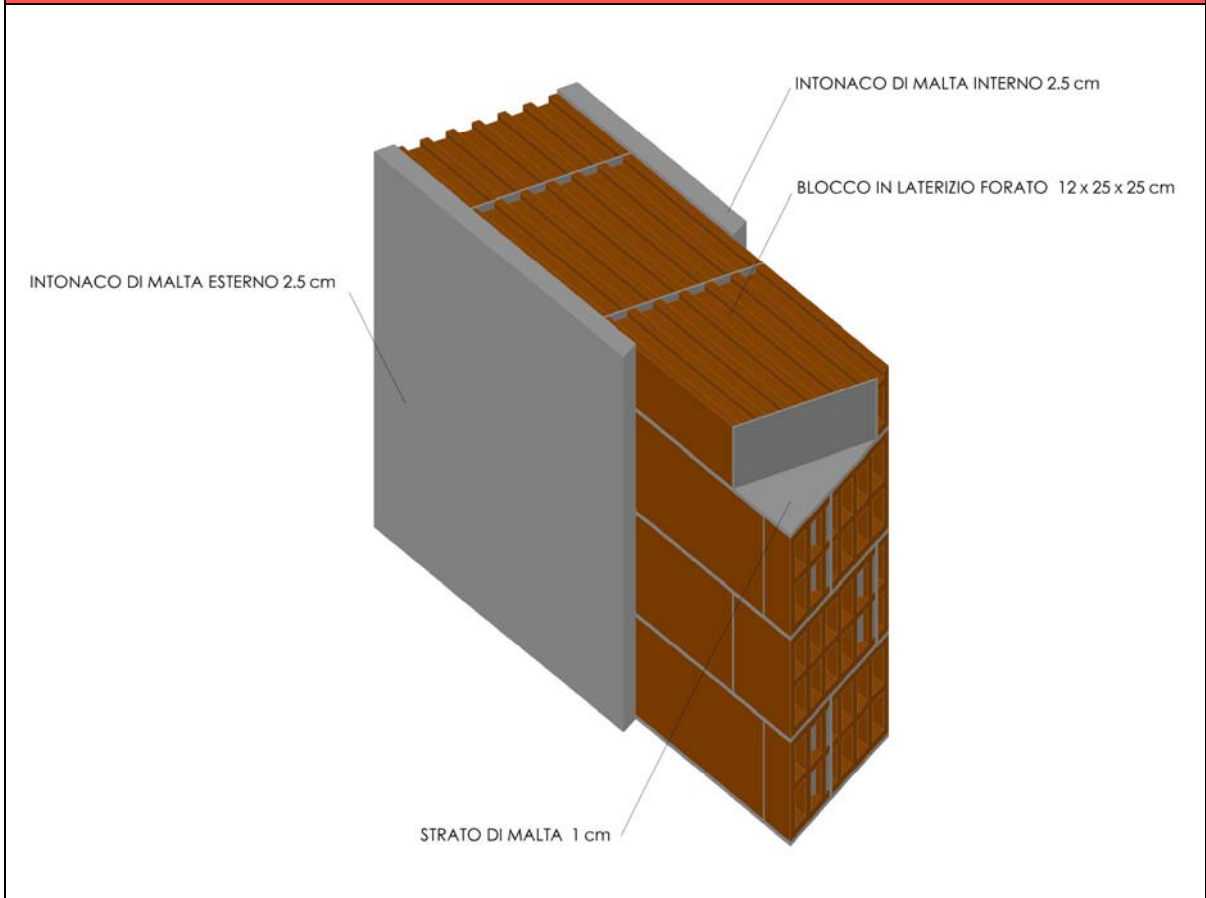
4

Scheda Tecnologia <b>PARTIZIONE VERTICALE IN LATERIZIO</b>	<b>P.6</b>
---	------------

Rilievo fotografico

LOCALIZZAZIONE	PARTICOLARE
	

Particolare Tridimensionale:



## 4



**Descrizione:**

Questa tipologia di parete è utilizzata per le chiusure verticali dei capannoni a doppia altezza. E' costituita da mattoni di laterizio forati, di dimensioni 12 cm x 25 cm x 25 cm e malta di allettamento a base cementizia (1 cm) ed è rivestita da entrambi i lati da intonaco in doppio strato: il primo, il rinzafo (1 cm), è costituito da sabbia piuttosto grossa per formare una base regolare e scabra in modo da garantire l'adesione del secondo strato, l'arriccio. Quest'ultimo ha uno spessore di pochi millimetri (cinque) e costituisce l'intonaco "finito", tirato con frattazzo. I laterizi sono posati a giunti sfalsati per assicurare la continuità della parete e contrastare le forze orizzontali diminuendo lo scorrimento tra le parti.

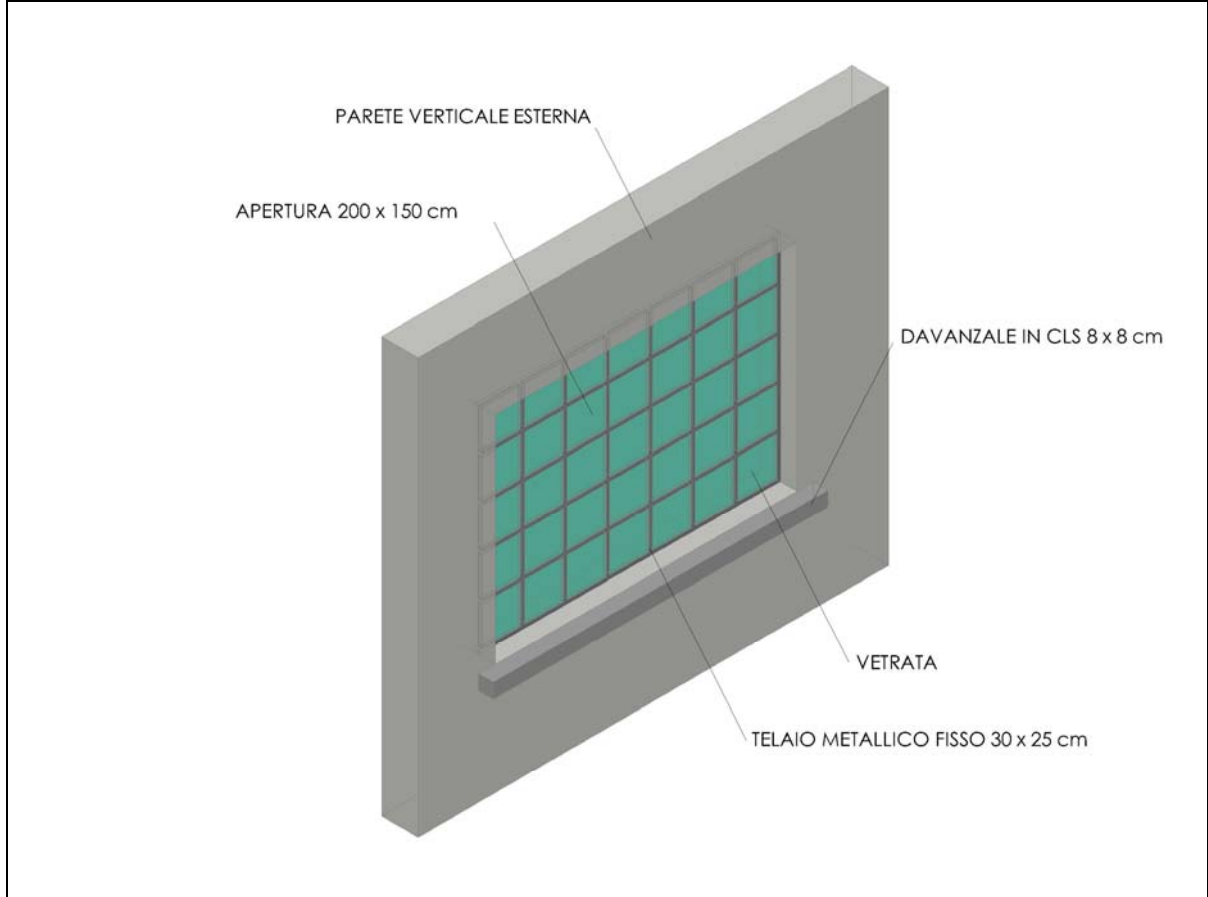
4

Scheda Tecnologia <b>PARTIZIONE VETRATA VERTICALE RETTANGOLARE</b>	<b>P.7</b>
---	------------

Rilievo fotografico

PARTICOLARE	PARTICOLARE
	

Particolare Tridimensionale:




## 4

**Descrizione:**

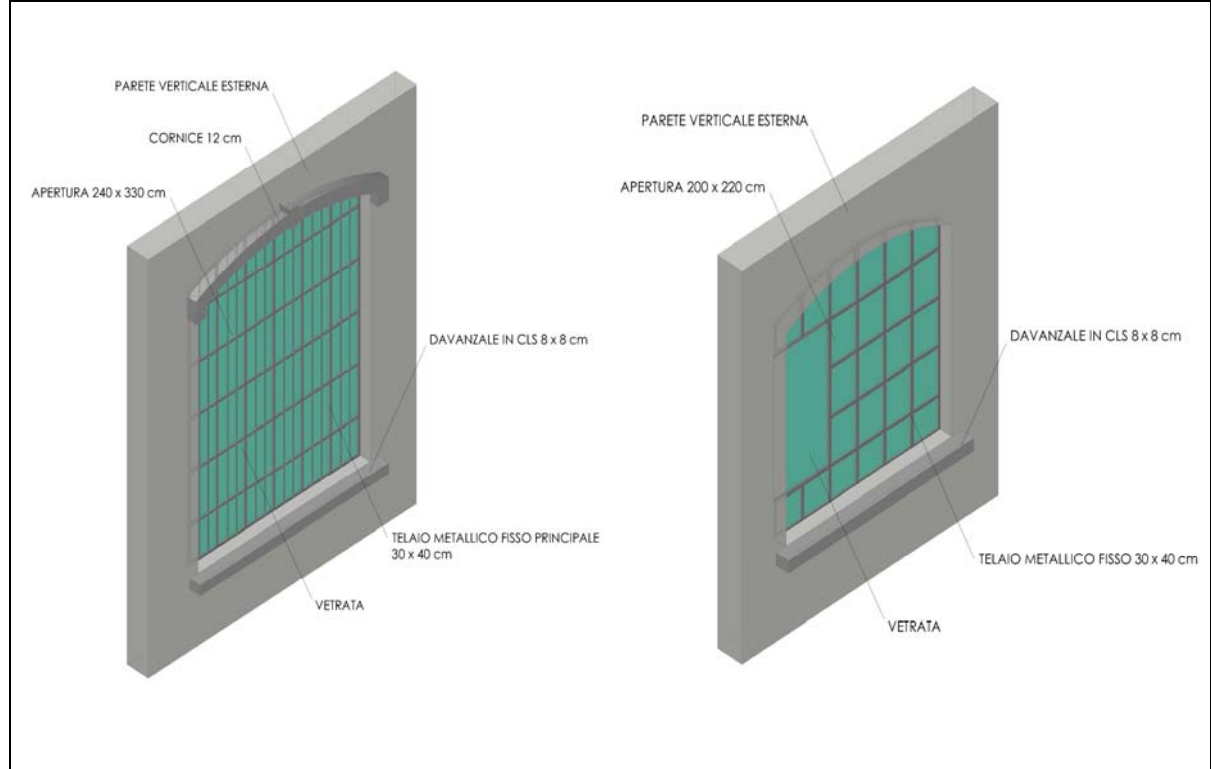
Le aperture dei prospetti a doppia altezza, al primo e in parte anche al secondo piano, hanno una forma rettangolare di dimensioni 200 cm x 150 cm. Sono dotate di davanzale di spessore 8 cm che sporge rispetto al filo della finestra di 6 cm. La maglia metallica, che costituisce l'infisso, ha le dimensioni di 30 cm x 26 cm.

4

Scheda Tecnologia <b>PARTIZIONE VETRATA VERTICALE AD ARCO A SESTO RIBASSATO</b>	<b>P.8</b>
--	------------

Rilievo fotografico	
PARTICOLARE	PARTICOLARE
	

**Particolare Tridimensionale:**



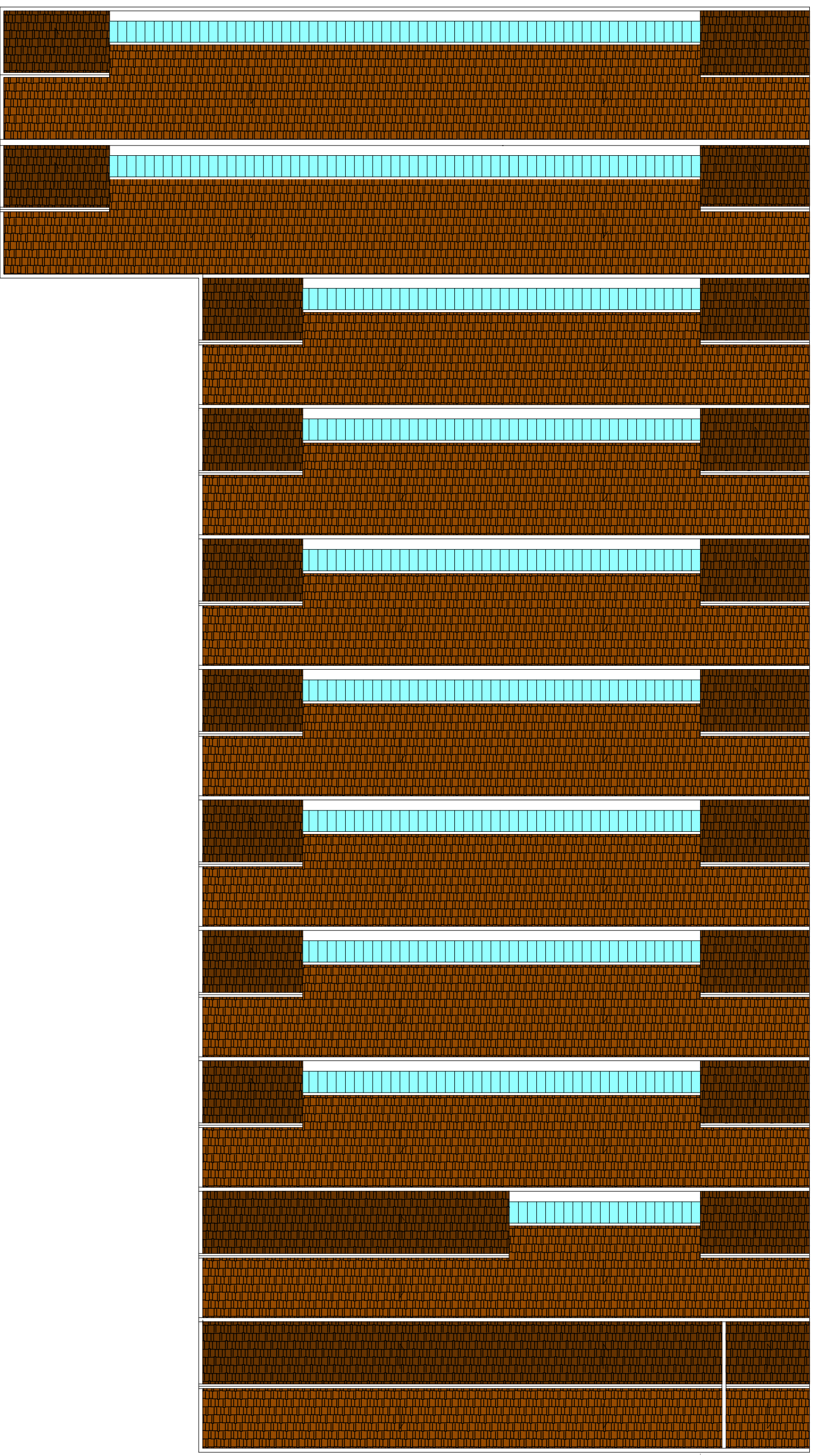


## 4

**Descrizione:**

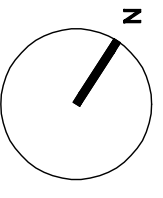
Le aperture originali dei prospetti hanno una forma composta da due figure geometriche: un rettangolo unito ad un arco a sesto ribassato. Le aperture dei capannoni a doppia altezza, a piano terreno, differenti da quelle del restante complesso per le dimensioni, 200 cm x 220 cm rispetto i 240 cm x 330 cm delle altre, per la maglia metallica ( 30 cm x 40 cm, per il telaio metallico principale, e 12 cm x 58 cm per i rimanenti), che costituisce l'infisso, e per la mancanza di una cornice dell'arco ribassato di 12 cm. Sono dotate di davanzale di spessore 8 cm che sporge rispetto al filo della finestra di 8 cm. Questa tipologia è visibile nel rilievo fotografico a destra, mentre a sinistra è riportata la fotografia dei capannoni più bassi.

# 4

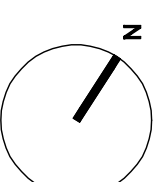
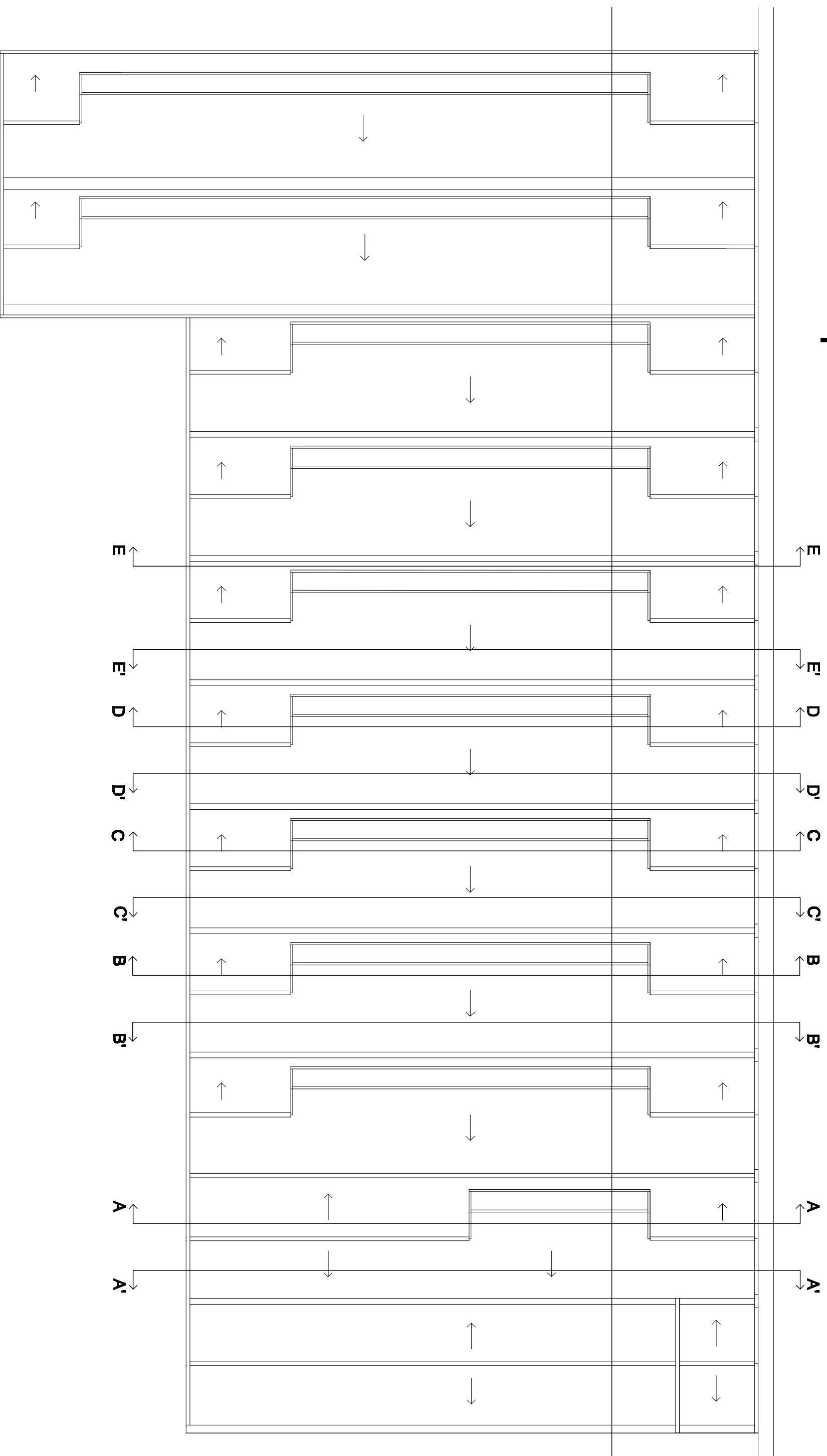


131

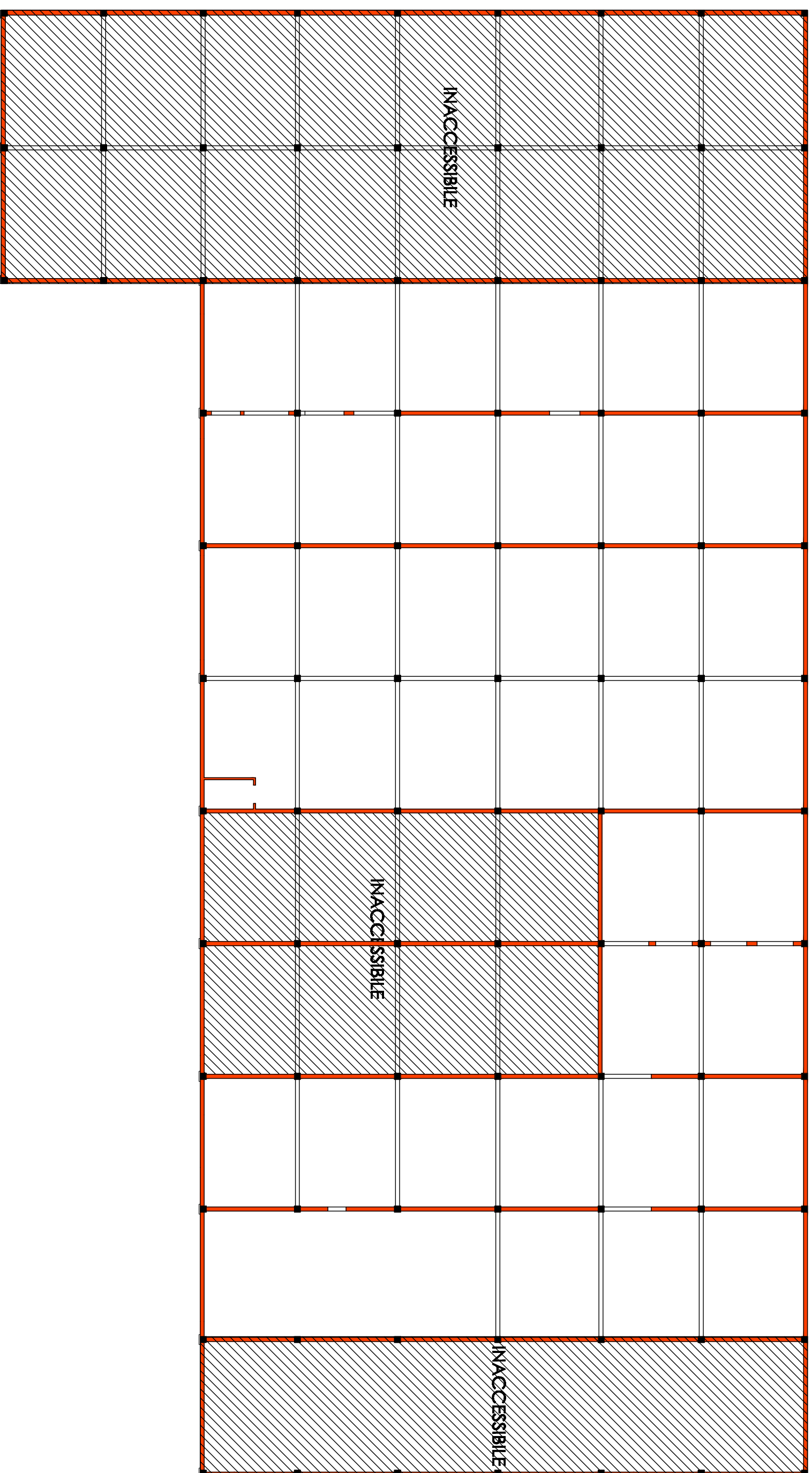
PIANTA DELLA COPERTURA



# 4

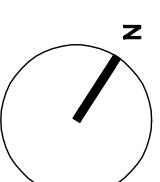


# 4



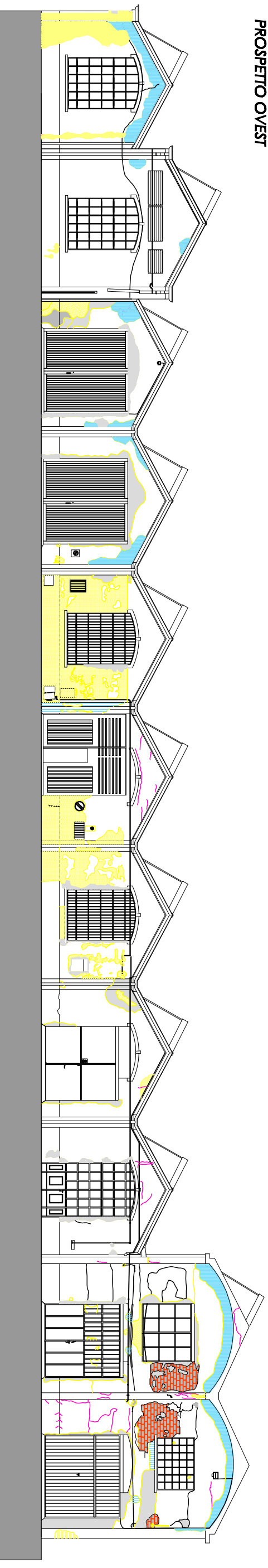
133

SEZIONE ORIZZONTALE

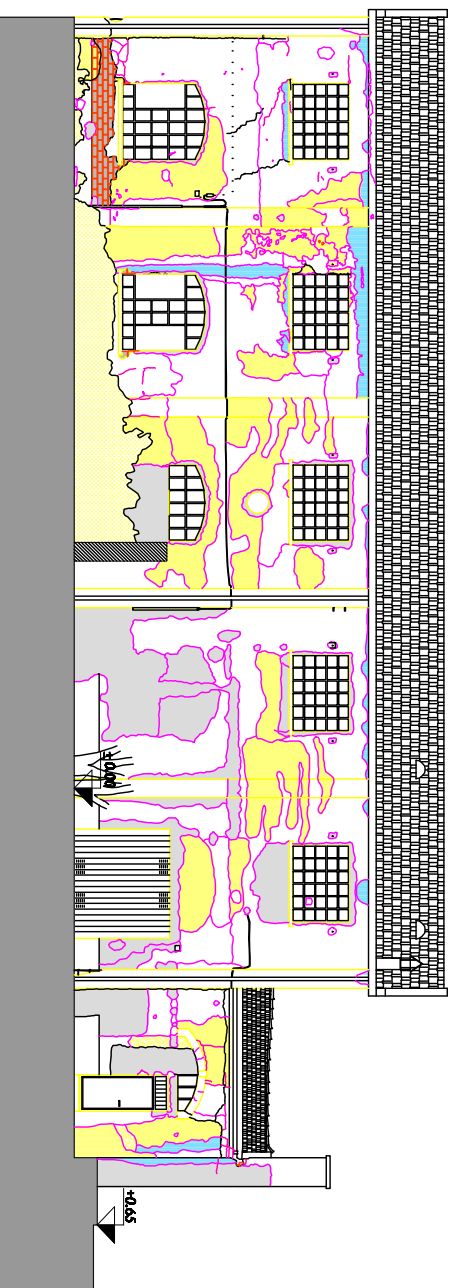


# 4

PROSPETTO OVEST



PROSPETTO SUD



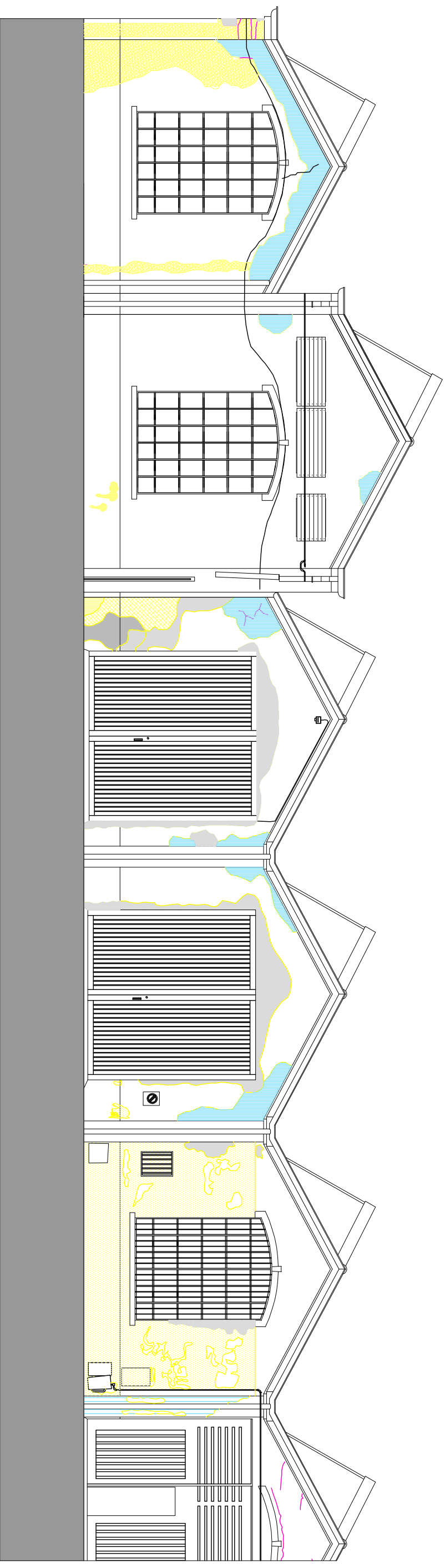
PROSPETTO EST















## LEGENDA DEL DEGRADO

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | Rispetto di malta cementita            |  | Fessurazione che attraversa tutti gli strati d'intonaco |
|  | Malta di deterioramento                |  | Fessurazione dell'ultimo strato d'intonaco              |
|  | Edicolazione dell'intonaco             |  | Manomorta dell'intonaco                                 |
|  | Perdita di calore dell'intonaco        |  | Vegetazione   |
|  | Umidità superficiale da deterioramento |  | Trinagliatura bianca                                    |
|  | Umidità di risalita capillare          |  | Manomorta Copriferro                                    |

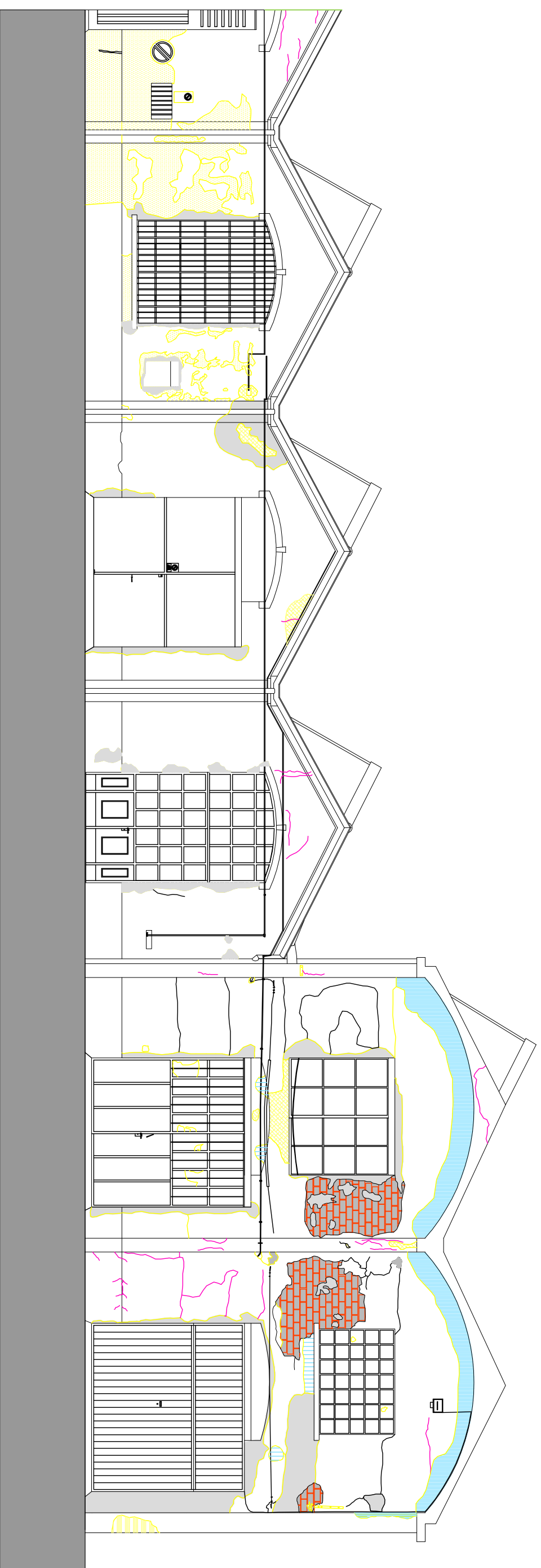
## 4



## LEGENDA DEL DEGRADO

	Roppezzo di medio cuneetto		Fessurazione che attraversa tutti gli strati dell'intonaco
	Macchia di calcinamento		Fessurazione dell'ultimo strato d'intonaco
	Esfoliazione dell'intonaco		Manconata dell'intonaco
	Perdita di colore dell'intonaco		Vegetazione
	Unità superficiale da sfioramento		Trilobatura bianca
	Unità di finitura capolare		Manconata Capofianco



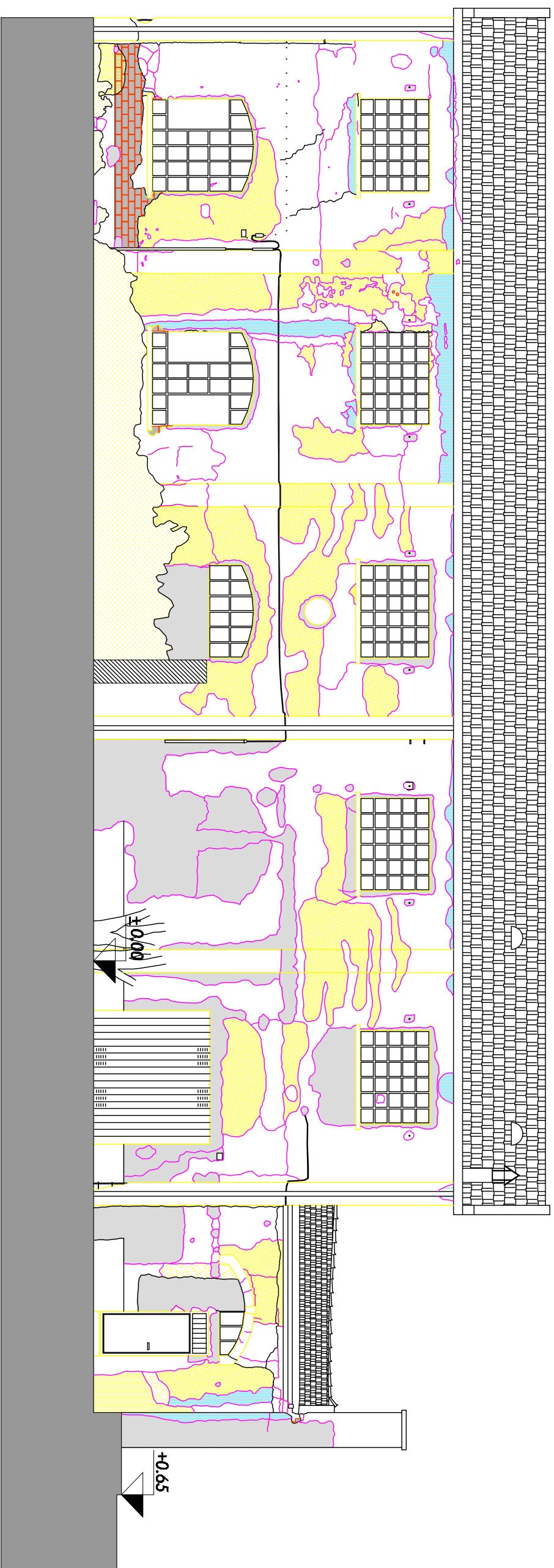


## LEGENDA DEL DEGRADO

	Roppezzo di malta cementita		Fessurazione che attraversa tutti gli strati dell'intonaco
	Macchia di calcinamento		Fessurazione dell'ultimo strato d'intonaco
	Esfoliazione dell'intonaco		Mancomata dell'intonaco
	Perdita di colore dell'intonaco		Vegetazione
	Unità superficiale da sgombramento		Trinagliatura bianca
	Unità di malta copriera		Mancomata Copriferro



# 4



## LEGENDA DEL DEGRADO

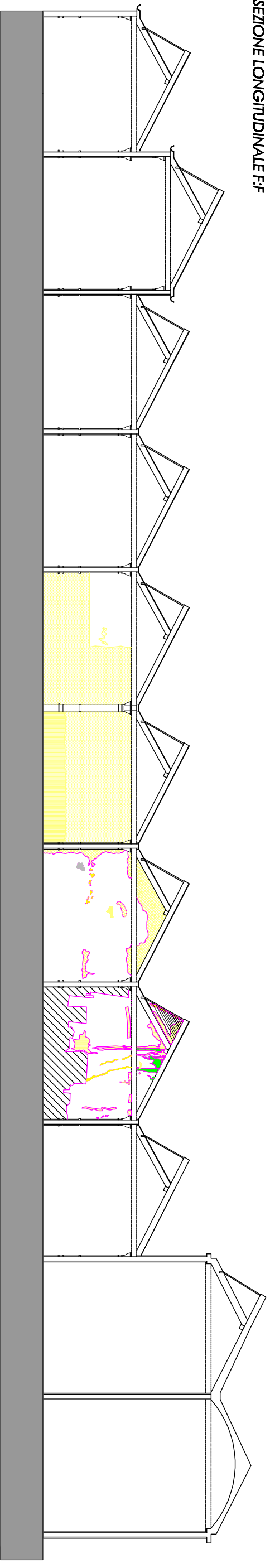
	Rispetto di malta cementita		Restaurazione che ottiene tutti gli snelli d'intonaco
	Malta di abbinamento		Restaurazione dell'ultimo strato d'intonaco
	Erodizione dell'intonaco		Mancaenza dell'intonaco
	Perdita di colore dell'intonaco		Vegetazione
	umidità superficiale da disseccamento		Trinacciatura bianca
	umidità di risalita capillare		Mancaenza Copriferma



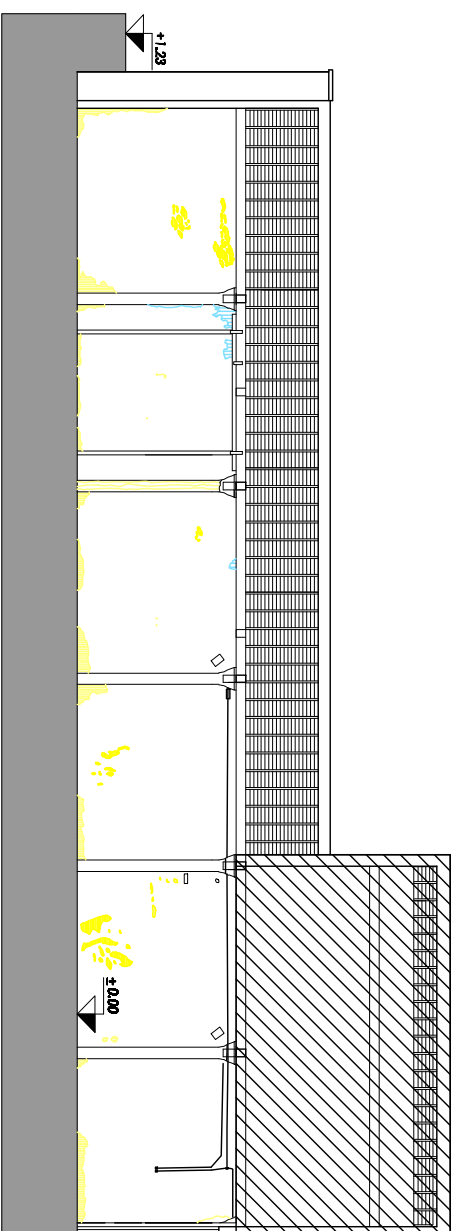


4

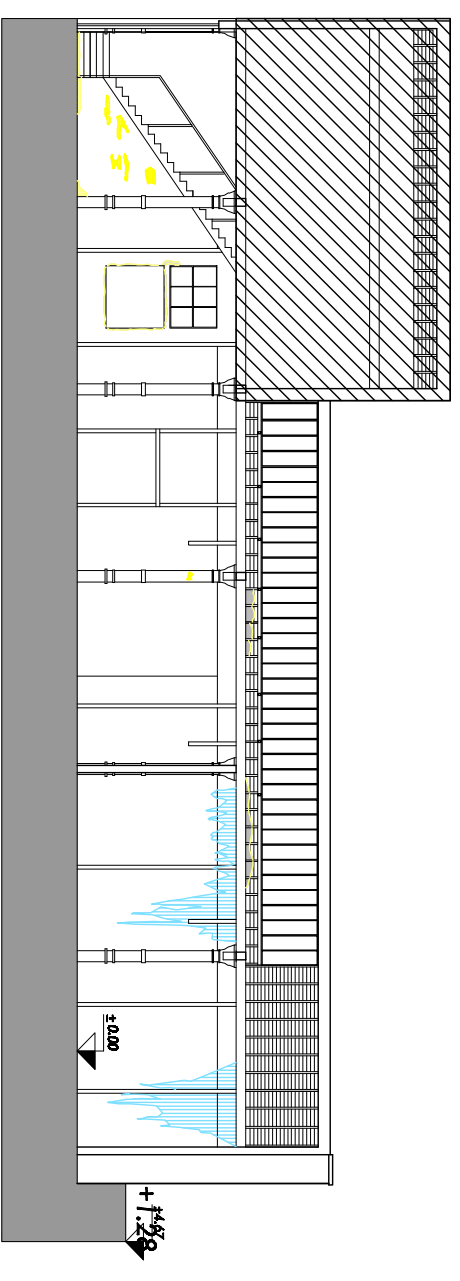
SEZIONE LONGITUDINALE F:F



SEZIONE LONGITUDINALE A:A'



SEZIONE LONGITUDINALE A:A

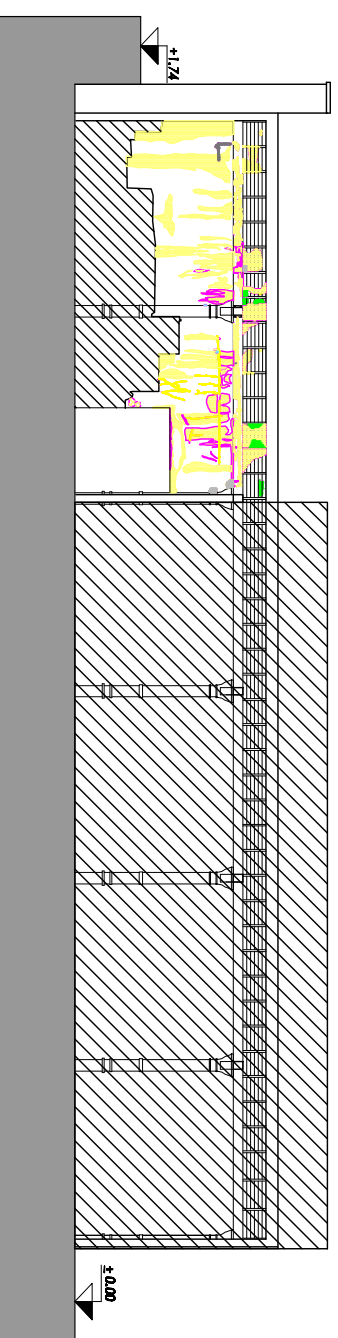


LEGENDA DEI DEGRADO

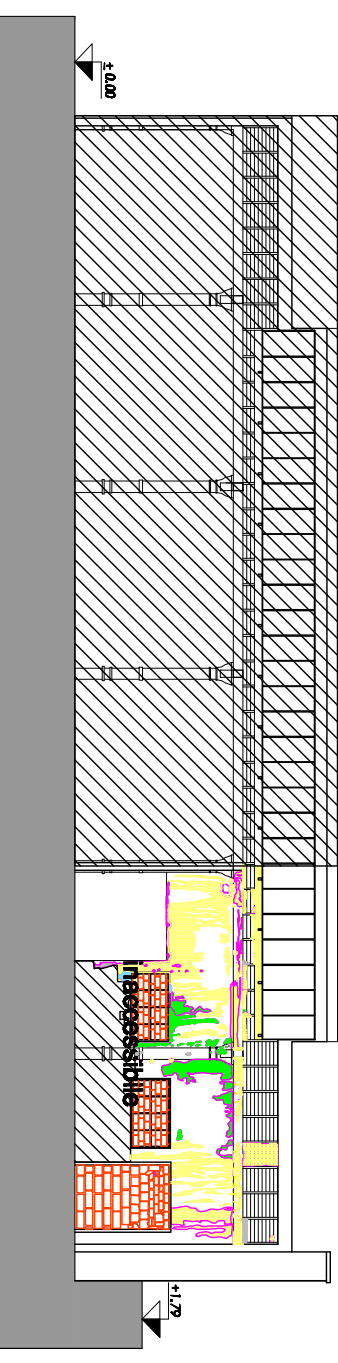
	Risparmio di malta cementata		Fessurazioni nelle parti murarie		Parti verticali danneggiate		Presenza estrema di fango
	Molta di deterioramento		Tracce di pitture antiche		Umidità di risalita capillare o rimozione		Manomorta Cespugliano
	Stroficiatura dell'intonaco		Manomorta dell'intonaco, intarsi a vista, manomorta torvella		Macchie di ruggine		Presenza di Vegetazione
	Perdita di colore dell'intonaco		Dilatazioni parziali intonaco		Degrado nel legno		Presenza di Muffe
	Umidità superficiale da deterioramento		Trineggatura bianca		Fessurazioni nel legno		Zona inaccessibile

# 4

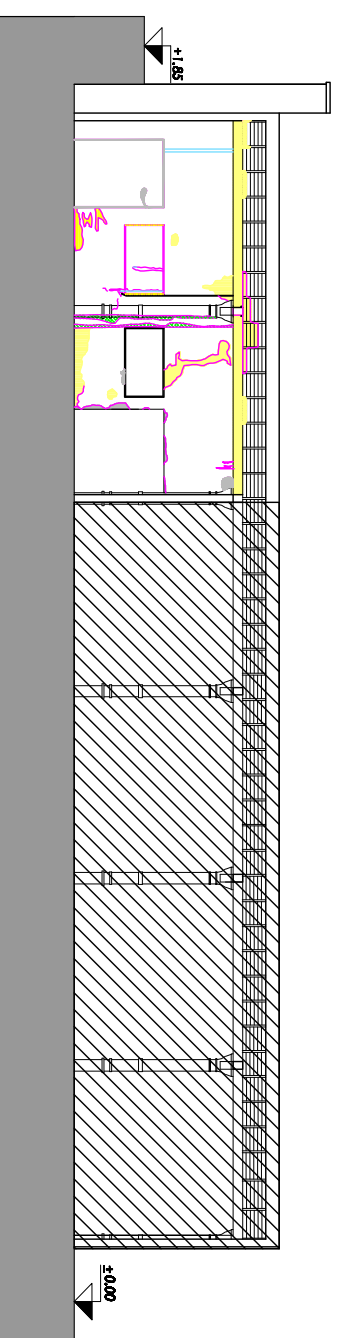
SEZIONE LONGITUDINALE B'B'



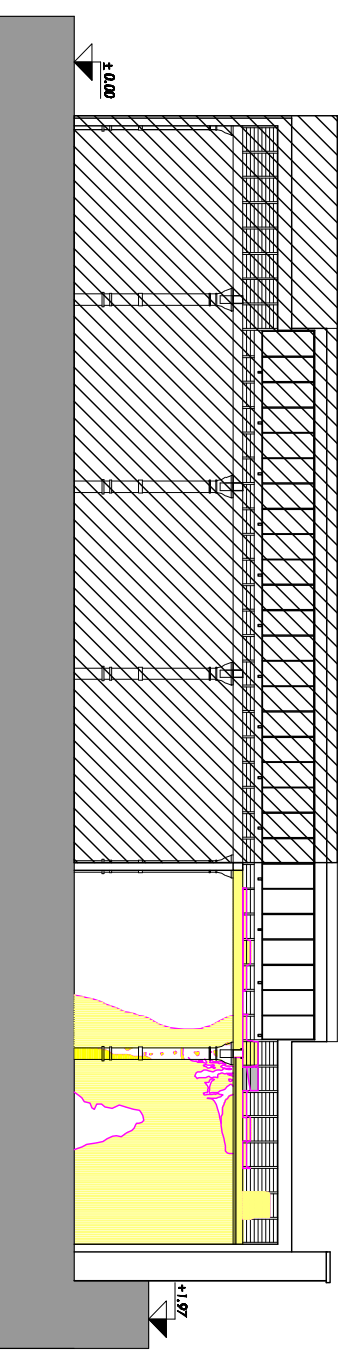
SEZIONE LONGITUDINALE B:B



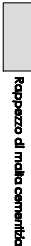
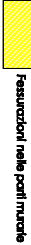

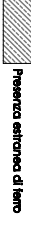
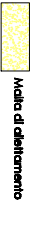
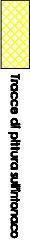
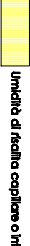

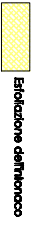


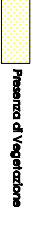
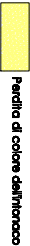






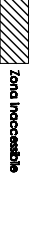
SEZIONE LONGITUDINALE C'C'



SEZIONE LONGITUDINALE C:C



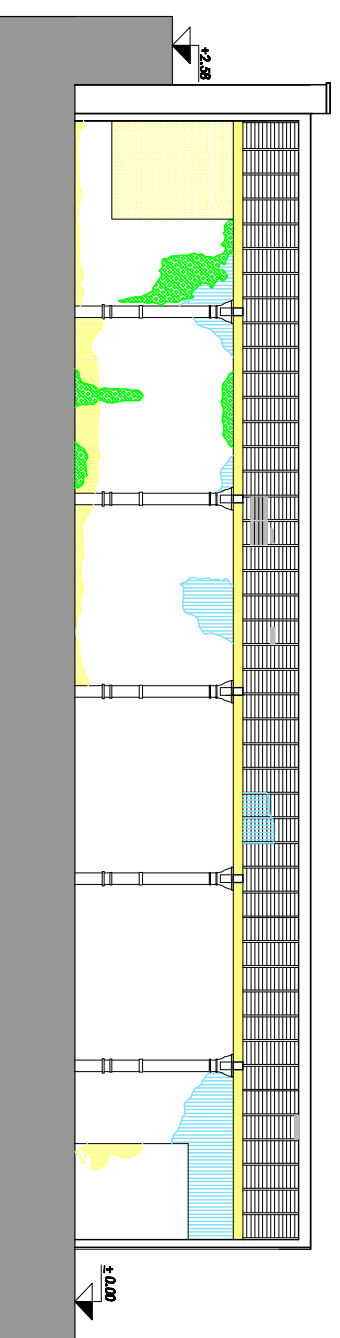
## LEGENDA DEI DEGRADO

- |  |  |   |  |   |   |   |                           |
|--|--|---|--|---|---|---|---------------------------|
|  | Riparazioni di murale cementizio       |  | Fessurazioni nelle parti murarie                         |  | Parti verticali deteriorate             |  | Presenza esterne di ferro |
|  | Molta di calcinamento                  |  | Tracce di pitture antiche                                |  | Umidità di risalita copione o ritardata |  | Manomera Coprifumo        |
|  | Strofatura dell'intonaco               |  | Manomera dell'intonaco, intarsi a vista, manomera tavole |  | Mucchie di ruggine                      |  | Presenza di Vegetazione   |
|  | Perdita di colore dell'intonaco        |  | Dilatazioni parziali intonaco                            |  | Degrado nel legno                       |  | Presenza di Muffe         |
|  | Umidità superficiale da deterioramento |  | Trineggatura bianca                                      |  | Fessurazioni nel legno                  |  | Zona inaccessibile        |

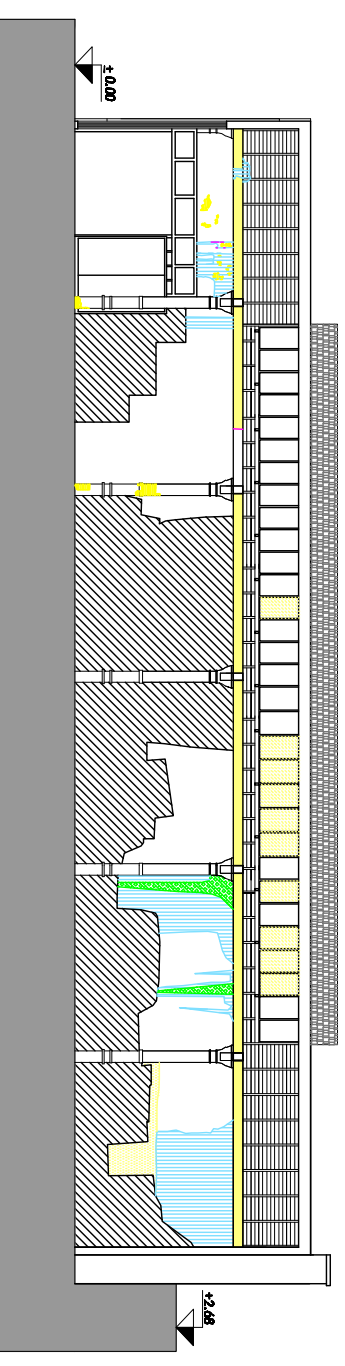


4

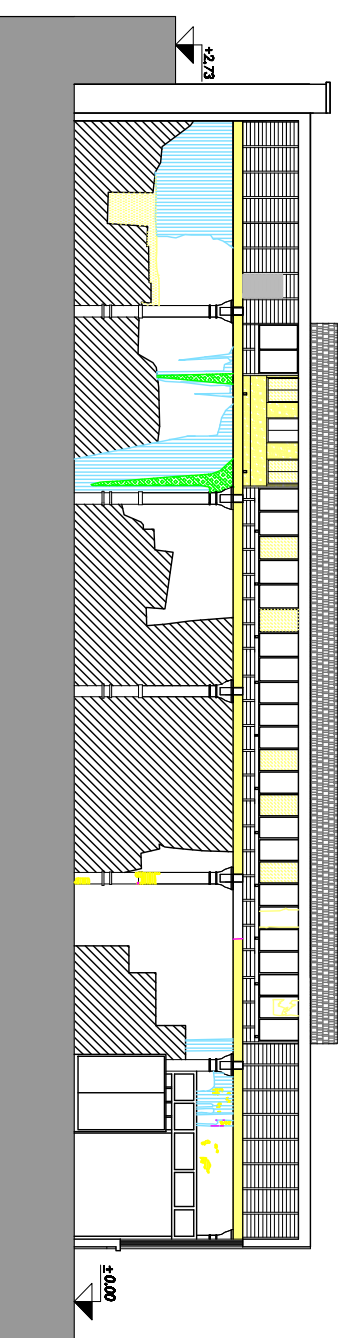
SEZIONE LONGITUDINALE D'D'



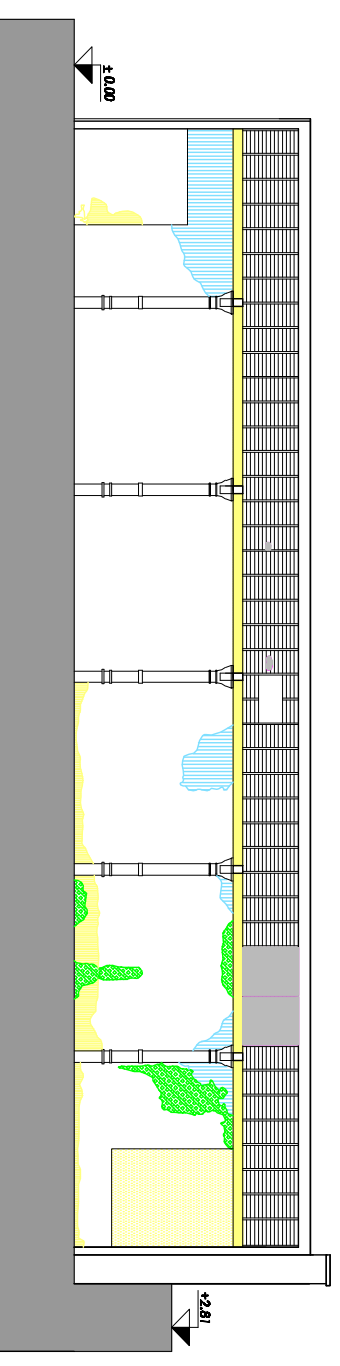
SEZIONE LONGITUDINALE D'D'



SEZIONE LONGITUDINALE E'E'



SEZIONE LONGITUDINALE E'E'



LEGENDA DEI DEGRADO

- |  |  |  |   |  |   |  |                           |
|--|--|--|---|--|---|--|---------------------------|
|  | Respingo di matita cementata           |  | Fessurazioni nelle parti murarie                              |  | Parti verticali danneggiate               |  | Presenza esterne di ferro |
|  | Molto di deterioramento                |  | Tracce di pitture antiche                                     |  | Umidità di risalita capillare o rimozione |  | Manomorta Coprifumo       |
|  | Distacco dell'intonaco                 |  | Manomorta dell'intonaco, intonaci a vista, manomorta torvella |  | Mucchie di ruggine                        |  | Presenza di Vegetazione   |
|  | Perdita di colore dell'intonaco        |  | Distacco parziale intonaco                                    |  | Degrado nel legno                         |  | Presenza di Muffe         |
|  | Umidità superficiale da deterioramento |  | Trineggatura bianca   |  | Fessurazioni nel legno                    |  | Zona inaccessibile        |

140



*“Un medico può seppellire i propri errori ma un architetto può solo consigliare al cliente di piantare dei rampicanti.”*

*Frank Lloyd Wright*

---



## IPOTESI DI RECUPERO E CONSERVAZIONE

Dall'analisi dei degradi effettuata sono state estrapolate le cause caratterizzanti della proliferazione delle anomalie rilevate; in questa fase di studio e di analisi si provvederà al recupero e al mantenimento delle parti di nostro interesse ai fini realizzativi del progetto nel rispetto dell'edificio analizzato. Le parti fondamentali che ci siamo proposti di recuperare sono: la struttura portante dell'edificio, quindi il sistema dei pilastri, le travature in legno, le partizioni trasparenti che hanno caratterizzato la tipologia costruttiva delle industrie negli anni '30 e '40 (shed), la copertura ed infine le chiusure verticali perimetrali ad esclusione della facciata a ovest che è stata interamente rivista.

Analizzeremo dettagliatamente la tipologia costruttiva adottata per ogni parte in cui si è intervenuti, in particolare:

- Rifacimento della sottofondazione ed intercapedine esterna;
- Recupero e rinforzo dei pilastri;
- Recupero delle partizioni perimetrali verticali;
- Recupero delle partizione orizzontali interne;
- Trattamento e rinforzo delle travi portanti in legno;
- Sostituzione e trattamento degli infissi metallici;
- Recupero e coibentazione del manto di copertura.

## RIFACIMENTO DELLA SOTTOFONDAZIONE ED INTERCAPEDINE ESTERNA

Dall'analisi delle anomalie riscontrate precedentemente, nel capitolo riguardante i degradi, si è potuto accertare che nella parte di edificio contro terra si sono riscontrate patologie varie quali: efflorescenze, esfoliazioni,

macchie, presenza di muschi e vegetazione, distacchi parziali d'intonaco causati dall'umidità di risalita appartenente al terreno; inoltre la parte strutturale interrata

## 5

(fondazione) è sotto dimensionata, non è in grado di mantenere in sicurezza la struttura per degli incrementi di carico.

L'intervento effettuato per annullare le cause scatenanti comprende dunque il rifacimento completo delle fondazioni, del pavimento interno con la creazione di un vespaio areato e di tutte le impermeabilizzazioni necessarie.

Grazie all'asportazione del terreno da entrambi i lati delle partizioni verticali fino alla quota prevista per la posa delle sottofondazioni, portando massima attenzione a non intaccare le opere precedenti per non mutare la resistenza statica della struttura quali le fondazioni preesistenti dei muri verticali perimetrali e dei pilastri. Come prima operazione per garantire un appoggio omogeneo della fondazione viene steso uno strato di magrone in cls dello spessore di 10 cm, mediante l'utilizzo di martinetti idraulici i quali agendo sui dadi presenti delle aste filettate di martinetti meccanici, effettuano un precarico del terreno mettendo in forza quest'ultimi. Questi preventivamente caricati con materiali provvisori per il contrasto vengono posizionati a distanze prestabilite così da ottenere una compattezza del terreno sottostante uniforme. Successivamente previa cassatura e posizionamento delle armature viene effettuato il getto della nuova fondazione, con posizionamento di una tubazione in materiale plastico avente funzione drenante delle acque meteoriche in eccesso. L'opera in cls viene realizzata fino al raggiungimento della quota di campagna dove mediante l'utilizzo di malta ad azione espansiva si interfaccia il manufatto precedente realizzato in laterizio a quello appena realizzato. Predisposizione sul perimetro esterno della fondazione appena realizzata una coibentazione a caldo con successivo posizionamento di un'ulteriore guaina protettiva sagomata per una corretta traspirazione atta al mantenimento ottimale dell'opera nel tempo e nella successiva fase di riempimento dello scavo. Ora nella parte in cui è avvenuta l'asportazione di materiale bisognerà effettuare un re-interro partendo con la posa di aggregati aventi piccola pezzatura per poi progressivamente posizionare elementi di pezzatura maggiore. Nella parte limitrofa alla parete, in concomitanza alla presenza del pluviale sono stati posizionati dei pozzetti per la raccolta e lo smaltimento delle acque superflue. Si è pensato inoltre

# 5

di realizzare un marciapiede avente 100 cm di larghezza lungo tutto il perimetro dell'edificio.

## RECUPERO E RINFORZO DEI PILASTRI

La realizzazione della sottofondazione nei pilastri in esame viene effettuata mediante uno scavo lungo ambedue i lati del pilastro, consolidando la struttura in esame tramite puntelli fino al raggiungimento del piano di posa della nuova fondazione situata a 150 cm sotto il piano di campagna. Si passa ora al getto di uno strato di magrone in cls di spessore di 10 cm. Ora avendo constatato dalle analisi antecedenti la presenza di 4 barre longitudinali metalliche lisce effettueremo il taglio del piastrino per poter così utilizzarle come ripresa all'opera che verrà realizzata in seguito. Utilizzeremo per effettuare il precarico del terreno sottostante dei martinetti idraulici aventi come contrasto dei pesi provvisori, così da poter avere una resistenza uniforme del terreno e poter mettere sotto carico la nuova fondazione. Si passa quindi alla posa delle armature con conseguente legatura alla struttura precedente, predisposizione dei casseri per infine effettuare il getto in cls. Per quanto riguarda il recupero dei pilastri danneggiati ai quali è stata riscontrata la presenza a vista delle armature si è pensato di applicare un doppio strato di malta, il primo viene effettuato con l'utilizzo di un legante a base di polimeri atti ad inibire la corrosione da applicare direttamente sui ferri d'armatura (Mapefer), per poi utilizzare uno strato di malta cementizia monocomponente (tissotropica anticorrosiva rialcalinizzante fibrofrinforzante) a ritiro controllato per il risanamento del cls e ricostruzione del copri ferro mancante. Questo tipo di malta (Mapegrup tissotropico) è idonea all'applicazione per ripristini strutturali avendo caratteristiche meccaniche elevate. Per il rinforzo si è pensato di utilizzare una nuova tecnologia denominata FRP (Fiber Reinforced Plastic), la quale non è invasiva, ma presenta delle elevatissime caratteristiche meccaniche idonea per tutti gli interventi di consolidamento statico, riabilitazione strutturale, miglioramento ed adeguamento sismico. Inoltre i vantaggi che si possono riscontrare nell'utilizzo di questi materiali sono molteplici infatti sono facilmente trasportabili, non influenzano l'incremento

# 5

delle masse e quindi l'inerzia dell'elemento, alta adattabilità di forma e direzionalità del rinforzo, hanno buone caratteristiche anticorrosive, non necessitano di grandi spazi per la preparazione e l'applicazione, bassissima invasività, garantiscono eccezionali risultati in termini di sicurezza e reversibilità. I prodotti fibrorinforzati a matrice polimerica in fibre di carbonio (CFRP, Carbon Fiber Reinforced Polymer) continue sono materiali compositi, eterogenei ed anisotropi, che mostrano un comportamento prevalentemente elastico lineare, abbattendo drasticamente la probabilità di collasso dell'intera struttura. Le fibre di carbonio sono usate per la fabbricazione di compositi ad elevate prestazioni e si distinguono per il loro alto modulo di elasticità normale (240 - 280 GPa) e per la loro elevata resistenza (4100 - 5100 MPa). Si presentano come lamine preformate di materiale composito (circa il 70 % da fibre di carbonio resistente agli sforzi mentre il restante 30 % in matrice epossidica sottoposta alla distribuzione degli sforzi) le quali vengono incollate al manufatto in esame mediante resina particolare epossidica strutturale. L'applicazione di questa tecnologia sulla totalità dei nostri pilastri verrà effettuata con un confinamento mediante cerchiature (wrapping) al fine di apportare un incremento sostanziale della capacità deformativa globale della struttura aumentando la duttilità delle sezioni terminali più sollecitate di ogni singola parte portante.

### **Indagini diagnostiche d'intervento:**

Valutazione delle caratteristiche del materiale in analisi mediante prove ultrasoniche al fine di verificare il reale stato di ogni singolo pilastro prima del rinforzo per valutare le caratteristiche intrinseche del materiale da sottoporre all'intervento.

### **Esecuzione del consolidamento:**

Pulizia del cls già recuperato e reso meccanicamente resistente nelle fasi precedenti interessato al confinamento. Stesura sull'intera superficie mediante l'utilizzo di pennello o rullo a pelo corto di (Mapewrap Primer 1) primer specifico per la primerizzazione dell'esistente, bi componente a base di resine epossidiche, di consistenza superfluida ed esente da solventi, specifico per il trattamento del supporto. Applicazione di un'ulteriore prodotto (Mapewrap 11) composto da inerti



# 5

selezionati a grana fine e speciali additivi anch'esso a base di resine epossidiche utilizzato in condizioni di temperatura da +5° C a + 23° C al fine di regolarizzare le superfici. Ora applicheremo allo strato precedente ancora fresco un primo strato adesivo (MapeWrap 31) di resine epossidiche, di consistenza gelatinosa per effettuare l'impregnazione in opera con il "sistema a secco" del tessuto fibrorinforzante, per poi effettuare una seconda mano ed infine essere pressato più volte per permettere al composto adesivo di penetrare all'interno della stesura dei 2 strati di tessuto in fibre di carbonio (MapeWrap C-UNI AX 300/40, rotoli da 50 m x 40 cm) unidirezionali, caratterizzato da un elevato modulo elastico (250.000 N/mmq.) ad elevatissima resistenza meccanica a trazione. Prima di terminare le lavorazioni di finitura verranno effettuate delle prove di adesione delle fibre al supporto (pull-off) per così determinare la resistenza a trazione del rinforzo; verrà effettuata inoltre un'analisi per verificare la presenza di difetti, inclusione di corpi estranei e omogeneità del materiale eseguendo prove ultrasoniche. Si procede effettuando un sottile strato di sabbia silicea prima di effettuare lo strato di intonaco e di tinteggiatura finale.

## RECUPERO DELLE PARTIZIONI PERIMETRALI VERTICALI

Si è deciso di mantenere nella sua globalità l'intero conglomerato realizzato in blocchi di laterizio forato di dimensioni 12 x 25 x 25 cm e blocchi in cls preformati 25 x 25 x 50 cm preesistenti in sito, ed utilizzare una tipologia costruttiva idonea, al fine da poter rispettare le nostre esigenze igrotermiche ed energetiche del fabbricato recuperato ad esclusione della facciata ovest che è stata interamente rivista e ripensata. Come primo intervento si è intervenuti sulla rimozione dello strato di intonaco presente, sia internamente sia esternamente, per poter così analizzare lo stato reale e conservativo dell'intera opera muraria. Nelle parti in cui sono avvenuti dei distacchi e delle lesioni si procederà all'applicazione di malta bicomponente (Planitop HDM Maxi) ad elevata duttilità utilizzata come legante di riparazione e riempimento di parti in laterizio, applicabile mediante l'utilizzo con cazzuola, spatola o a spruzzo. Ultimato il recupero del setto in laterizio si applicheranno gli altri strati partendo da esso. Sia nella parte interna che in quella esterna si andrà a stendere

# 5

uno strato di 5 cm di malta in calce e cemento. Nella parete verso l'interno dell'edificio andremo a posizionare i pannelli isolanti in fibra di roccia avente spessore di 8 cm, la finitura interna è realizzata con l'applicazione di lastre di cartongesso con di spessore pari a 3 cm. Nella parte esterna della nostra parete andremo ad incollare alla rasatura eseguita precedentemente al laterizio uno strato impermeabile formato da pannelli termici - isolanti in poliuretano (Isotec) dello spessore di 8 cm, l'opera di finitura esterna comprende la posa di lastre anch'esse per isolamento termico con superficie liscia (Styrodur 3035 CS) per poi essere intonacato e trattato superficialmente con (Antipluviol S) un'impregnante idrorepellente incolore a base di resine silossaniche in solvente, capace di impregnare tutti i materiali assorbenti impiegati rendendoli idrorepellenti all'acqua non creando alcun tipo di pellicola superficiale mantenendo inalterata la permeabilità al vapore acqueo del materiale trattato.

## RECUPERO DELLE PARTIZIONI ORIZZONTALI INTERNE

Dall'analisi dei degradi svolti precedentemente si è potuto anche in questo caso stabilire la natura patologica e le cause scatenanti delle anomalie proliferate nella partizioni orizzontali dell'edificio a contatto con il terreno sottostante. Si sono riscontrate varie azioni non idonee quali: macchie, presenza di muschi, distacchi parziali d'intonaco causati dall'umidità di risalita appartenente al terreno.

Per risolvere definitivamente la presenza di queste tipologie di anomalie dovute alla risalita capillare dell'umidità presente nel terreno si è pensato dopo aver rimosso il materiale preesistente fino ad una profondità di 150 cm (a livello delle fondazioni) sotto il piano di campagna di rinterrare con materiali aventi granulometria maggiore rispetto al terreno (ghiaia) così da formare uno strato uniforme di 75 cm di spessore. Si procede al getto di uno strato di magrone in cls per creare una superficie omogenea e lineare per la conseguente posa degli elementi igloo atti alla realizzazione del vespaio (areato), con posizionamento della rete elettrosaldata e

ulteriore getto in cls, il tutto avente spessore di 35 cm circa; posizionamento dello strato isolante in polietilene espanso (isolmat FR) di 10 cm di spessore. Stesura di uno

---

# 5

---

strato di calcestruzzo autocompattante espanso dello spessore di 16 cm. Getto di uno strato di allettamento realizzato in sabbia e cemento di 5 cm. Posizionamento del piano calpestabile realizzato in piastrelle di gres aventi uno spessore di circa 1,5 cm.

## TRATTAMENTO E RINFORZO DELLE TRAVI PORTANTI IN LEGNO

Sappiamo che la resistenza a rottura del legno è funzione oltre alla tipologia dell'azione agente anche da, prime fra tutte, la temperatura e l'umidità relativa presente (fattori abiotici), modificando sensibilmente le caratteristiche meccaniche delle singole travi. Infatti le travi portanti in legno massiccio d'abete analizzate precedentemente hanno riscontrato delle fessurazioni; l'ipotesi principale visto lo stato attuale dell'opera si presume possano essere causate dal ritiro (presenza di ferite e di anfratti tangenziali agli anelli), il quale è un fenomeno sempre possibile, "fisiologico" per un elemento ligneo, data l'anisotropia dei fenomeni di ritiro del materiale. Le variazioni termoigrometriche dell'aria (temperatura ed umidità relativa) influiscono direttamente sul contenuto di acqua all'interno delle pareti cellulari del legno, determinando variazioni dimensionali maggiori nella direzione anatomica tangenziale rispetto a quella radiale. Considerando in particolare le variazioni da contenuto di acqua di circa il 25% (valore di umidità del legno fresco, appena tagliato), ad un contenuto di circa 12% (valore di umidità corrispondente alle condizioni di equilibrio termoigrometrico con un ambiente a circa 20%, umidità dell'aria circa 65%), si osserva un ritiro dimensionale del 5,5% in direzione tangenziale, del 2,5% in direzione radiale. L'anisotropia del ritiro tra le diverse direzioni anatomiche implica distorsioni nella geometria originaria, con lo sviluppo di tensioni interne al materiale con la conseguente formazione dei cosiddetti cretti da ritiro. Quindi il formarsi di questi ultimi è praticamente inevitabile, la formazione di queste fessure può proseguire anche nel materiale posto in opera, in quanto spesso il legno viene posto in opera non completamente stagionato. Preventivamente siccome riutilizzeremo per il progetto gli stessi materiali utilizzati precedentemente andremo, partendo dal manto di copertura, a smantellare e suddividere tutti i materiali, analizzarne le parti per determinare il reale stato

# 5

prestazionale di ognuno di essi, con particolare attenzione alle parti utilizzate per la realizzazione della struttura portante e definire così con certezza lo stato reale di conservazione delle parti lignee la quale può influenzare negativamente le caratteristiche meccaniche richieste. La modalità di esecuzione per la classificazione è denominata a vista, va condotta secondo delle modalità ben precise quali:

- esame a vista di tutte le facce delle testate di ciascuna trave;
- applicazione di classificazione prevista.

Se il materiale non rientra nella categoria minima, anche per solo uno dei criteri di classificazione, deve essere scartato e quindi non più utilizzabile in ambito strutturale. Nel nostro caso avendo interamente delle travi realizzate in abete utilizzeremo la tabella relativa alle specie arboree delle conifere. La classificazione si suddivide in tre categorie in base alla natura stessa del legno utilizzato, avremo la S1, S2 e la S3, queste vengono determinate da dei parametri rilevati lungo le sezioni di travi. Per un impiego corretto del legno strutturale è di vitale importanza che esso subisca un'essiccazione con una quantità di umidità media (controllata) di equilibrio pari a quella dell'ambiente in cui saranno successivamente utilizzati i manufatti, tale da garantire in presenza di piccole oscillazioni climatiche una variazione di umidità, rispetto a quella media trascurabile. Nel nostro caso il legno utilizzato va portato a delle umidità inferiori al 15 % in quanto tende ad ostacolare la penetrazione successiva di materiali preservanti. Per rilevare l'umidità del legno si possono utilizzare i metodi gravimetrici, i quali prevedono la misurazione diretta della massa (mo) allo stato anidro di un campione di legno, da qui calcolare tramite equazioni il contenuto d'acqua. Per il mantenimento la durabilità e la conservazione delle travi contro lo svilupparsi e il proliferarsi di (fattori biotici) batteri, funghi, insetti si utilizzano tramite il trattamento per impregnazione dei preservanti con veicolo acquoso in quanto non creano alcun rischio d'incendio, la superficie del legno rimane pulita, verniciabile, quindi questo è definito un trattamento poco invasivo ma efficace utilizzabile per parti interne all'edificio già in opera. Le tipologie più usate sono il CCA (composti di cromo, rame, arsenico), ACC (composti acidi cromo rame), - ACA (composti ammoniaca rame arsenico), - CZC (composti

# 5

cromo zinco cloruri) – ACZA (composti rame ammoniacale zinco arsenico) – CBC (composti cromo rame boro).

## **Tipologia di unione utilizzata**

Per la realizzazione di opere di collegamento e unione tra i vari elementi strutturali lignei sono presenti varie tipologie le quali vengono scelte secondo le proprietà statiche, economiche, estetiche e costruttive che vengono richieste. Si ricorda che in base alla tipologia utilizzata ci si dovrà anche adeguare con rispettivi accorgimenti e modalità di calcolo. La scelta da noi effettuata in funzione delle caratteristiche statiche e cinematiche per il quale è stato progettato. Nel nostro caso constatato che siamo nel caso trave secondaria – trave principale utilizzeremo delle unioni flessibili (dette a cerniera) che garantiscono la trasmissione delle azioni in direzione verticale ed orizzontale.

Per le unioni pilastro – trave principale (detta cerniera d'angolo) bisognerà realizzare delle unioni che ammettano delle rotazioni relative nelle sezioni estreme della trave e del pilastro, per non creare l'instaurarsi di momenti parassiti i quali potrebbero creare delle fessurazioni impreviste all'estremità della trave mediante l'utilizzo di piastre in neoprene.

Per la realizzazione di questi collegamenti flessibili fra le travi secondarie e quelle principali andremo a sostituire le unioni preesistenti con delle unioni a piastre metalliche esterne saldate dotate di fori per l'inserimento di viti e bulloni offrendo una maggior duttilità al materiale. Utilizzando connessioni puntuali con elementi metallici aventi gambo cilindrico dovremo verificare la resistenza al rifollamento e allo snervamento del gambo d'acciaio del connettore.

## **Tipologia di unione utilizzata per le zone shed**

Poiché il comportamento meccanico dei nodi di carpenteria tradizionali si affida soltanto al contatto ed all'attrito tra le parti, si necessita generalmente una presenta di elementi metallici di rinforzo per consentire una maggior stabilità al nodo e conferire una capacità di sollecitazione a inversioni di carico dovute ad azioni eccezionali.

## 5

Per la realizzazione di questi collegamenti flessibili fra le travi secondarie e quelle principali andremo ad applicare delle unioni a piastre metalliche esterne a forcina ancorate alle 2 travi per mezzo di viti, questa tecnica garantisce alla trave la capacità di trasmettere sforzi in direzione verticale e orizzontale aumentando la rigidità per fenomeni di instabilità flessione-torsionale.

Nelle parti dove sono presenti delle tipologie costruttive a "dente semplice" andremo ad applicare dei rinforzi mediante l'inserimento di chiodi d'acciaio all'interno delle travi in esame.

### SOSTITUZIONE E TRATTAMENTO DEGLI INFISSI METALLICI

Il recupero delle chiusure perimetrali trasparenti che si era ipotizzato era finalizzato al ripristino degli infissi metallici presenti degli elementi vetrati, questo non è potuto essere eseguito in quanto il Decreto Legislativo n. 311 del 29 dicembre 2006 variando i valori già prescritti nella Direttiva 02/91/CE con il Decreto Legislativo n. 192 del 19 agosto 2005 richiede prestazioni del serramento finito sempre più performanti. Questo deve essere certificato dal costruttore con dichiarazione di prestazione energetica del realizzato avente  $U$  limite (trasmissione) a norma. La normativa vigente prevede come valore più restrittivo una  $U_w = 2,0 [W/(m^2K)]$  per le chiusure trasparenti comprensive degli infissi e un  $U_g = 1,3 [W/(m^2K)]$  della sola parte vetrata predisposti in zona climatica F a partire dal 1° gennaio 2010, rendendo vano il nostro approccio all'intervento di recupero.

L'unica soluzione rimasta per attribuire al nostro edificio i valori richiesti è stata quella di sostituire tutte le chiusure verticali trasparenti analizzando i componenti e i materiali più idonei per raggiungere l'obiettivo. Partendo dalla parte vetrata, la quale trasmette il calore per scambio di radiazione a lunghezza d'onda elevata tra superfici della stanza e del vetro, nonché trasmissione per conduzione e convezione termica dell'aria che si muove a contatto con la superficie del vetro. Bisogna ridurre l'emissività del vetro, ovvero ridurre la radiazione ad onde lunghe scambiata tra le lastre, tramite l'utilizzo di lastre rivestite a bassa emissività.

L'utilizzo del vetrocamera porta al passaggio di calore tra due strati di vetro, che singolarmente avrebbero scarse caratteristiche di isolamento termico, attraverso un

## 5

intercapedine, solitamente aria, che funge da strato resistenziale supplementare a bassa conducibilità. Questo valore è ulteriormente migliorabile con l'utilizzo di gas più prestanti (Argon, Krypton) con valori di  $U_g$  pari a  $0,8 - 0,5 [W/(m^2K)]$  avendo una vetrocamera con tripla lastra (4mm - 12mm - 4mm - 12 mm - 4 mm). **L'intercapedine** all'interno degli strati vetrati ha uno **spessore massimo di 16 mm**, oltre questo valore si andrebbero a formare dei movimenti convettivi interstiziali, provocando un notevole abbassamento delle prestazioni. Il materiale più idoneo al nostro caso è in PVC (polimero plastico) in quanto ha una conduttività termica relativamente bassa ottenendo ottimi valori di trasmittanza termica riscontrando degli esegui ponti termici, rispetto ad altri materiali come l'alluminio, il quale avendo una lavorazione differente viene fortemente penalizzato in termini di prestazione da questo fenomeno dissipativo.

Un'ulteriore componente che influenza il rendimento e la prestazione del serramento è la sezione del profilato, avendo infatti quest'ultimo un'incidenza in termini di superficie esposta agli scambi termici pari circa al 30 % dell'intero infisso influenza in modo sostanziale la resa effettiva dell'intero serramento, difatti l'abbinamento dei profili con cui esso è costituito determina il grado performante del nodo finale ottenuto. Un profilo di buona fattura comporta un coefficiente di trasmittanza termica  $U_f$ , dipendente dallo spessore dello stesso, con valori variabili da 1,6 a 1,3  $[W/(m^2K)]$ .

La tipologia costruttiva utilizzata per la totalità delle chiusure verticali trasparenti è stata quella di utilizzare dei **serramenti in PVC** sistema Aluplast aventi un profilo Aluplast Ideal Intertec 4000 dotato di tre camere per un maggior isolamento termo acustico, con spessore maggiorato delle pareti e i solidi rinforzi garantiscono una superiore rigidità e resistenza, il tutto per una larghezza complessiva di 70 mm con **trasmittanza termica  $U_f = 1,4 [W/(m^2K)]$**  ottenendo una riduzione della dispersione termica giornaliera pari a 35 % rispetto ad un infisso in alluminio a taglio termico dotato di vetrocamera normale.

**La vetrata** utilizzata è di tipo termoisolante con un coefficiente di trasmittanza termica  **$U_g = 1,1 [W/(m^2K)]$**  raggiunta con vetrocamera (4mm - 16 mm - 4mm) a bassa remissività su una lastra eseguendo il riempimento con gas argon.

# 5

Risultato della prova di resistenza al carico del vento eseguite secondo le norme EN 12211 e EN 12210 ottenendo un valore pari a 1200 Pa (Classe 3).

Risultato delle prova di resistenza alla tenuta all'acqua eseguite secondo le norme EN 1027 e EN 12208 pari a 900 Pa (Classe E900).

Risultato delle prova di capacità portante eseguite secondo le norme EN 14609 e EN 14351-1 pari ad un valore soglia di 350 N.

Risultato delle prova di permeabilità all'aria eseguite secondo le norme EN 1026 e EN 12207 pari a 600 Pa (Classe 4).

La qualità dell'opera finale, garantita da questo tipo di verifiche e unita ad un puntuale controllo del processo di fabbricazione del serramento, non deve essere compromessa dalla delicata e precisa fase di posa in opera. Innanzitutto dovrebbe essere effettuata un'accurata sigillatura con guarnizione elastomerica, in grado di garantire una maggiore durabilità nella zona tra vetro e telaio. Una sigillatura con mastice siliconico potrebbe essere adeguata tra telaio fisso e davanzale, intervento necessario durante la fase di montaggio del componente. Infine, tra i telai la presenza di angoli prestampati vulcanizzati costituirebbe un ulteriore miglioramento ed una garanzia di durata nel tempo senza intervenire successivamente con soluzioni di ripiego (siliconature esterne) causando un aumento notevole di opere manutentive.

## RECUPERO E COIBENTAZIONE DEL MANTO DI COPERTURA

Partendo dalla struttura portante realizzata in travetti d'abete eventi sezione pari a 20 cm x 5 cm:

1. Uno strato perlinato, realizzato con piccole tavole, che ha lo scopo di formare l'intradosso della copertura e non ha una vera funzione strutturale. Contribuisce all'estetica interna dando continuità all'utilizzo del materiale legno;
2. strato di guaina impermeabile in Styrodur 3035 CS dallo spessore di 2 mm;
3. Una serie di elementi, denominati morali, posizionati sopra al perlinato in



# 5

corrispondenza dei puntoni. La funzione dei morali è di ripartire il carico ricevuto dalle componenti sovrastanti lungo i puntoni stessi;

4. Lo strato di materiale isolante, disposto tra i morali, sopra il perlinato e lo strato di guaina, regola la dispersione termica della copertura. Si è utilizzato un'isolante di fibra di roccia di feldspato semirigido avente uno spessore di 15 cm;
5. Posa di un'ulteriore guaina impermeabile Styrodur 3035 CS dallo spessore di 2 mm con la funzione di allontanare eventuali infiltrazioni d'acqua sempre attraverso il manto di copertura. Viene disposta sopra i morali e sopra l'isolante in modo da formare dei canali nel senso della pendenza di falda. A riguardo è importante notare che se i morali fossero stati inseriti in senso ortogonale ai puntoni, la guaina avrebbe formato delle sacche che non avrebbero permesso lo scivolamento dell'acqua;
6. Posa dei listelli ripristinati dalla copertura precedente, disposti sopra i morali e ortogonalmente ad essi. Servono a sorreggere il manto di copertura ed il loro interasse dipende dalla lunghezza degli elementi stessi del manto e da quanto vengono sovrapposti;
7. Il manto di copertura utilizzato è quello recuperato e trattato, già presente sulla copertura precedente (tegole marsigliesi).

Un'altra caratteristica di funzionalità che deve essere prevista per il tetto è la presenza dello sporto, cioè di una parte di copertura aggettante rispetto alla parete, che protegge la facciata dall'azione degli agenti atmosferici. La quota di copertura in aggetto viste le nostre esigenze è di 40 cm.

*“Un’opera d’arte non è un essere vivente che cammina o corre,  
è la creazione di una vita che fa scaturire una reazione.  
Per alcuni è un miracolo della mano dell’uomo.  
Per alcuni è un miracolo della mente.  
Per qualcuno è un miracolo della tecnica.  
Per qualcuno conta quanto sia reale.  
Per qualcuno conta quanto sia trascendente.  
E’ come la quinta sinfonia: suggerisce un sentimento che riconosce  
Solo chi l’ha provato almeno una volta e lo sta ricercando.  
Lo conosce ma vuole risentirlo.  
Lo conosce ma vuole rivederlo.  
Un’opera d’arte rivela che la natura non può fare ciò che fa l’uomo.”*

*Louis Khan*

---

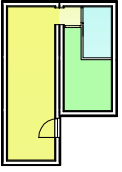
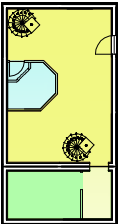

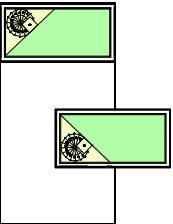
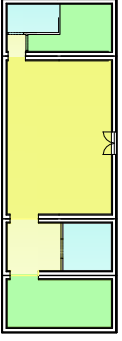
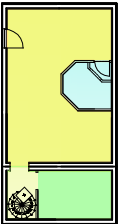
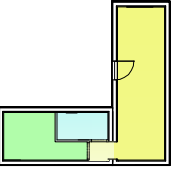
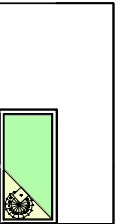
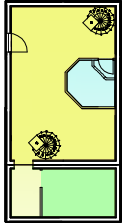
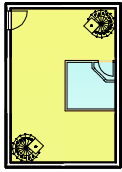
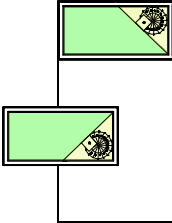
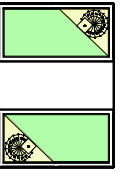
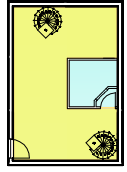
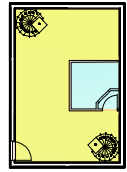
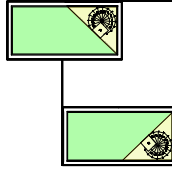
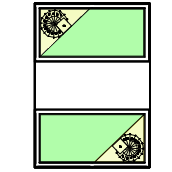
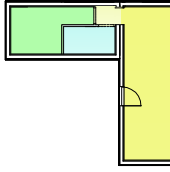
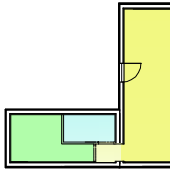


## 6

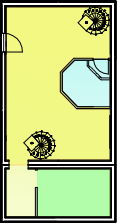
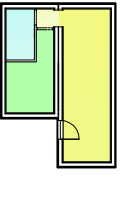
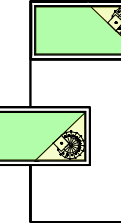
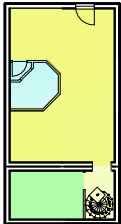
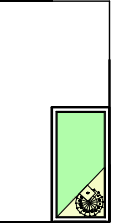

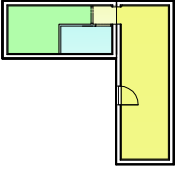
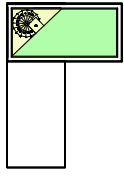
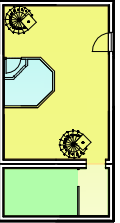
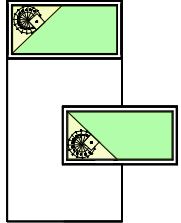
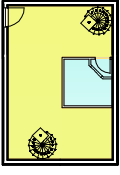
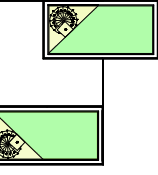
Nel seguente capitolo analizziamo in dettaglio il modulo abitativo, pensato come mezzo per meglio sfruttare ampi spazi e volumi. Questo elemento non è altro che il “contenitore” della residenza. Una applicazione di possibile utilizzo viene proposta nell’intervento di recupero dei capannoni delle industrie ex Faini in Lecco come residenze per studenti universitari.

Abbiamo un modulo esclusivamente pensato per lo “spazio giorno” della dimensione di 300 cm x 860 cm e uno per lo “spazio notte” della dimensione di 300 cm x 600 cm. Questi hanno la caratteristica di poter essere assemblati in svariati modi per ricreare delle unità abitative singole o doppie. Nell’abaco di seguito riportato vengono evidenziate tutte le tipologie presenti, successivamente verranno prese in rassegna le singole unità e si evidenzierà il punto esatto in cui è stata posta all’interno dei capannoni recuperati, successivamente alcuni particolari costruttivi di dettaglio che indicano la stratigrafia utilizzata per le partizioni orizzontali e verticali, le superfici trasparenti adottate e la struttura scatolare in acciaio interamente saldata. Nei capitoli successivi sono inoltre state verificate le caratteristiche di confort igrotermico, le soluzioni impiantistiche e di stabilità strutturale del manufatto.

## 6

	<p><b>ASSEMBLATO: A</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>		<p><b>ASSEMBLATO: E</b> Unità tripla costituita da due moduli giorno e tre moduli notte, di cui uno affiancato e altri due sovrapposti</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: B</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>		<p><b>ASSEMBLATO: F</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte di cui uno affiancato e uno sovrapposto</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: C</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e tre moduli notte affiancati</p>		<p><b>ASSEMBLATO: F</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte di cui uno affiancato e uno sovrapposto</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: D</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>		<p><b>ASSEMBLATO: G</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: E</b> Unità tripla costituita da due moduli giorno e tre moduli notte, di cui uno affiancato e altri due sovrapposti</p>		<p><b>ASSEMBLATO: G</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: F</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>		<p><b>ASSEMBLATO: H</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: F</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>		<p><b>ASSEMBLATO: H</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: G</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>		<p><b>ASSEMBLATO: I</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: G</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>		<p><b>ASSEMBLATO: I</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>

## 6

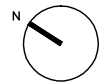
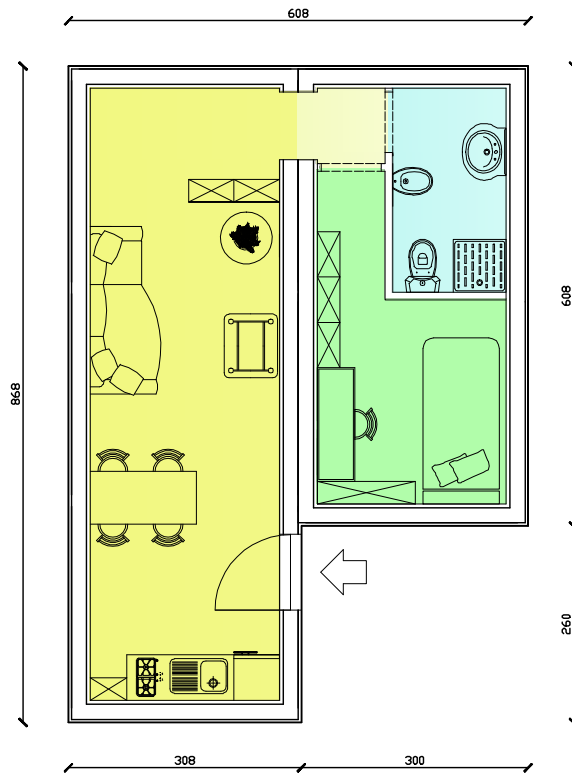
	<p><b>ASSEMBLATO: L</b> Unità tripla costituita da due moduli giorno e tre moduli notte, di cui uno affiancato e altri due sovrapposti</p>		<p><b>ASSEMBLATO: Q</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: M</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte di cui uno affiancato e uno sovrapposto</p>		<p><b>ASSEMBLATO: R</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte di cui uno affiancato e uno sovrapposto</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: N</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte affiancato</p>		<p><b>ASSEMBLATO: S</b> Unità singola costituita da un modulo giorno e un modulo notte sovrapposto</p>
	<p><b>ASSEMBLATO: O</b> Unità tripla costituita da due moduli giorno e tre moduli notte, di cui uno affiancato e altri due sovrapposti</p>		
	<p><b>ASSEMBLATO: P</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>		
	<p><b>ASSEMBLATO: P</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>		
	<p><b>ASSEMBLATO: P</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>		
	<p><b>ASSEMBLATO: P</b> Unità doppia costituita da due moduli giorno e due moduli notte sovrapposti</p>		

**6**

Nell'abaco delle tavole precedenti sono state evidenziate alcune possibilità di assemblaggio dei moduli progettati e la possibile realizzazione di unità abitative singole, doppie o triple sfruttando anche la possibilità di sovrapporre i moduli e quindi di sfruttare la doppia altezza.

In seguito analizzeremo i singoli assemblati e la loro collocazione all'interno del complesso oggetto di recupero.

6

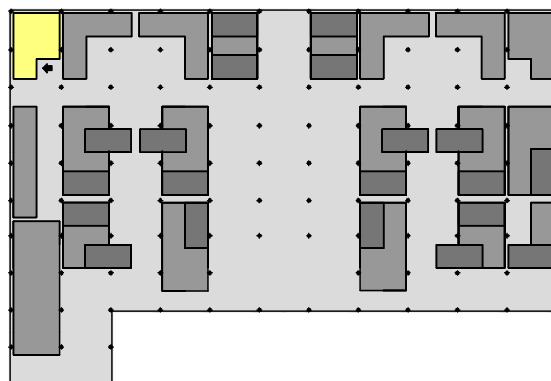


PIANTA DEL MODULO - piano terra

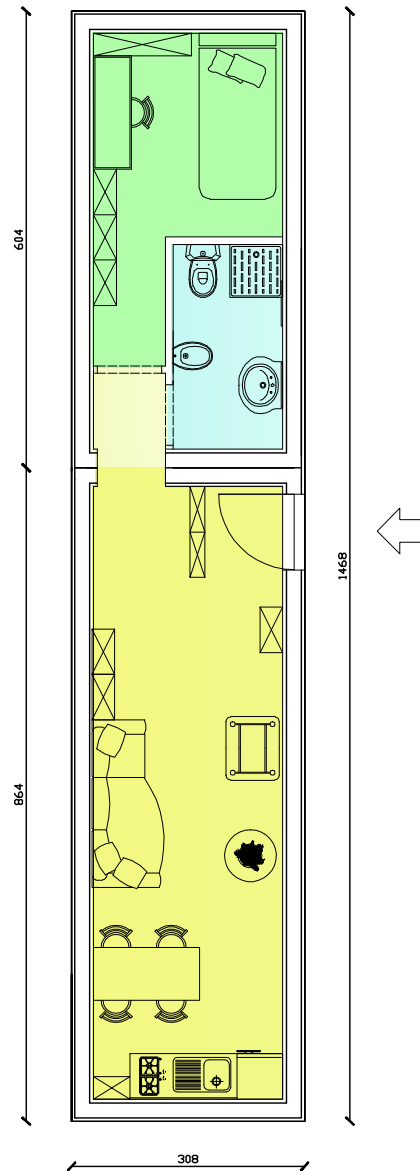
ASSEMBLATO: A



SOGGIORNO	20,50 mq.	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:#ffff00;"></span>
DISIMPEGNO	0,90 mq.	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:#ffffcc;"></span>
BAGNO	4,00 mq.	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:#add8e6;"></span>
CAMERA	9,00 mq.	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:#90ee90;"></span>
TOTALE	34,40 mq.	

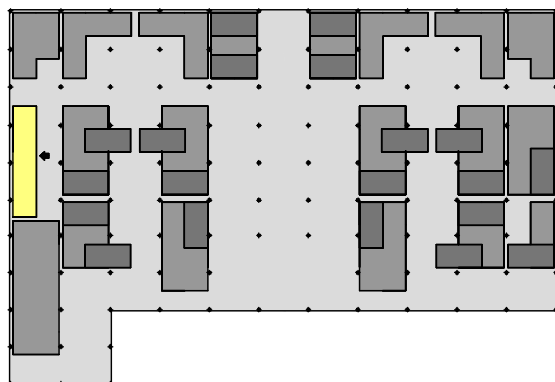


6



PIANTA DEL MODULO - piano terra

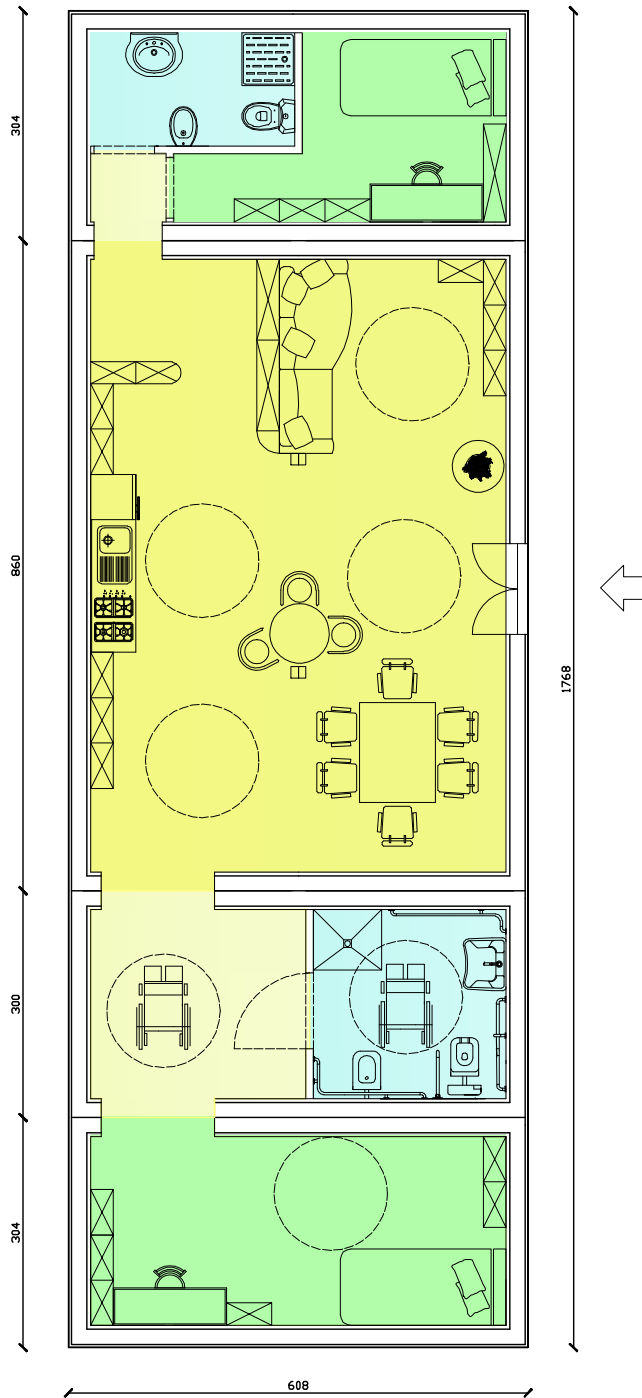
ASSEMBLATO: B



<b>SOGGIORNO</b>	20,50 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	0,90 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,00 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



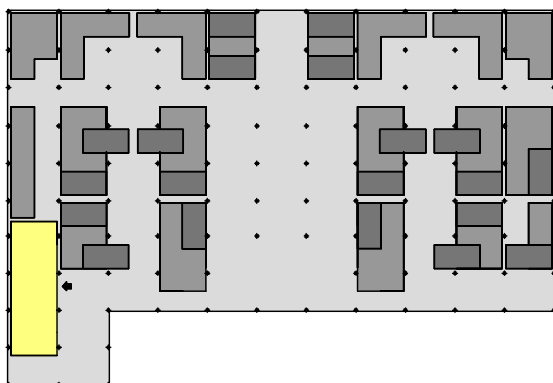
6



PIANTA DEL MODULO - piano terra

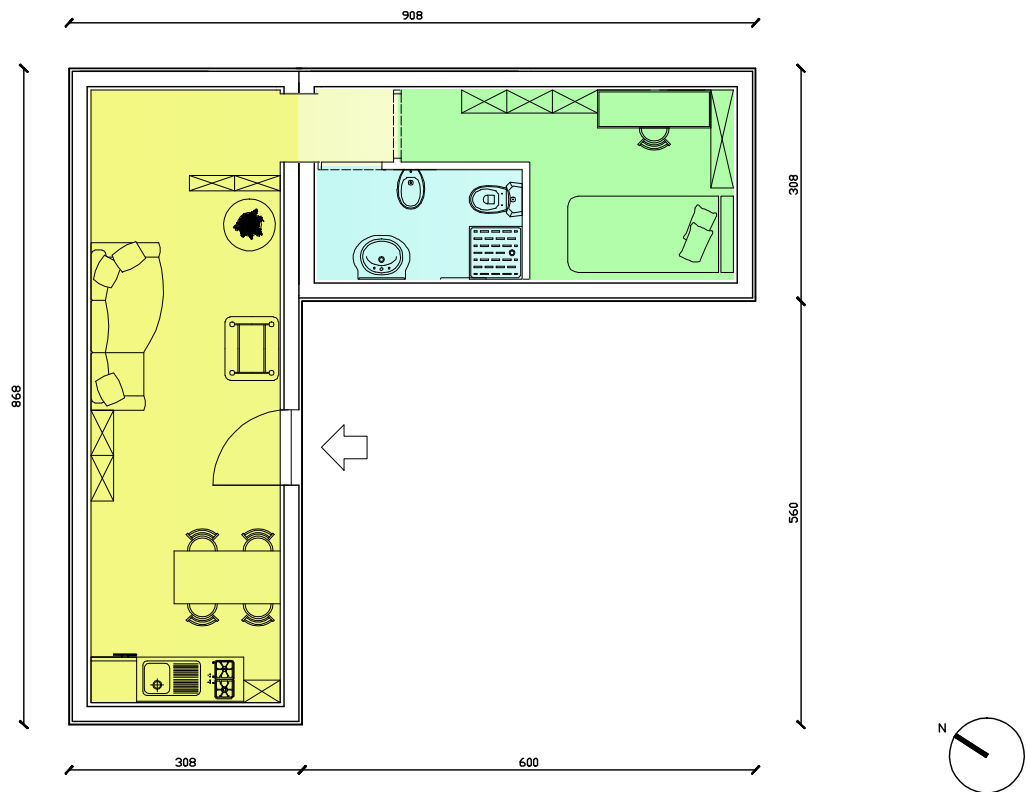
ASSEMBLATO: C

0 50 100 150 200 250 cm



<b>SOGGIORNO</b>	45,00 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	8,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	10,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	23,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	87,25 mq.	

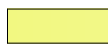
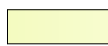

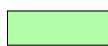
6

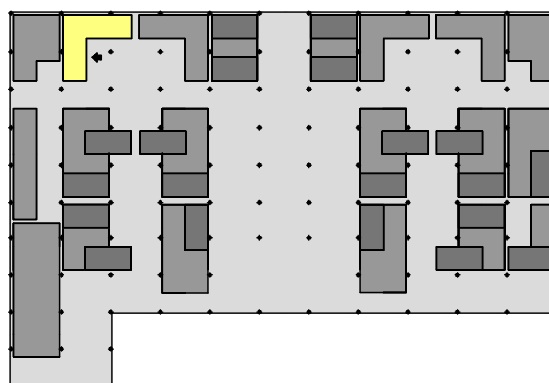


PIANTA DEL MODULO - piano terra

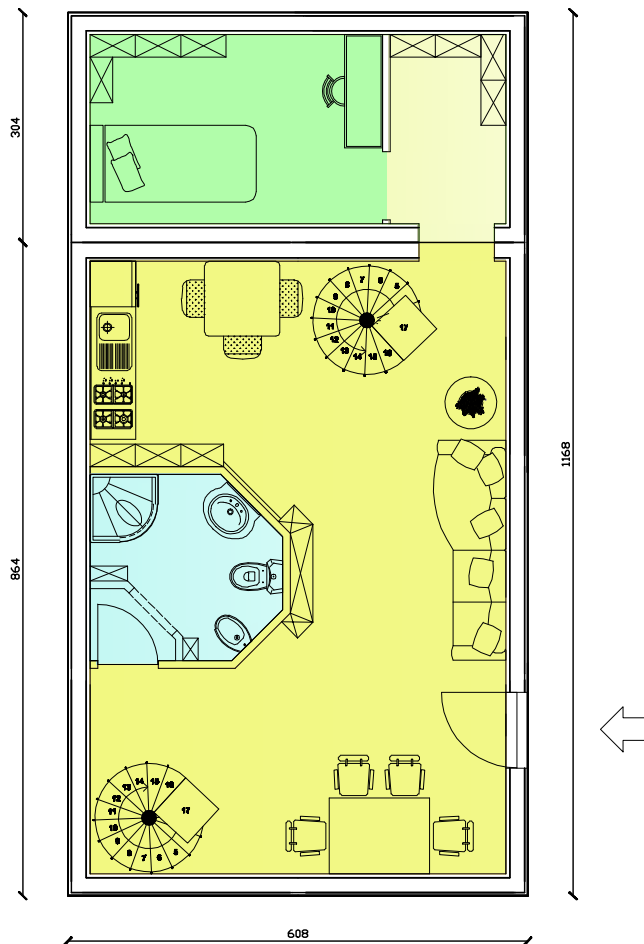
ASSEMBLATO: D

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	20,50 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	0,90 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,00 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



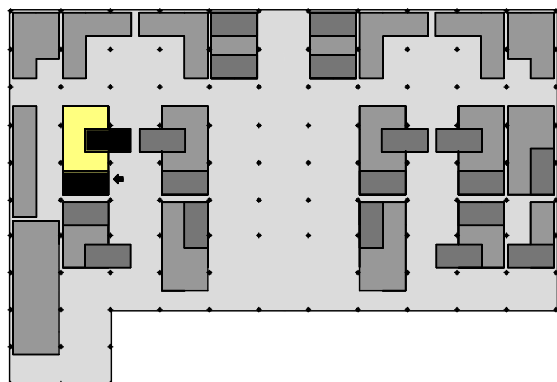
6



PIANTA DEL MODULO - piano terra

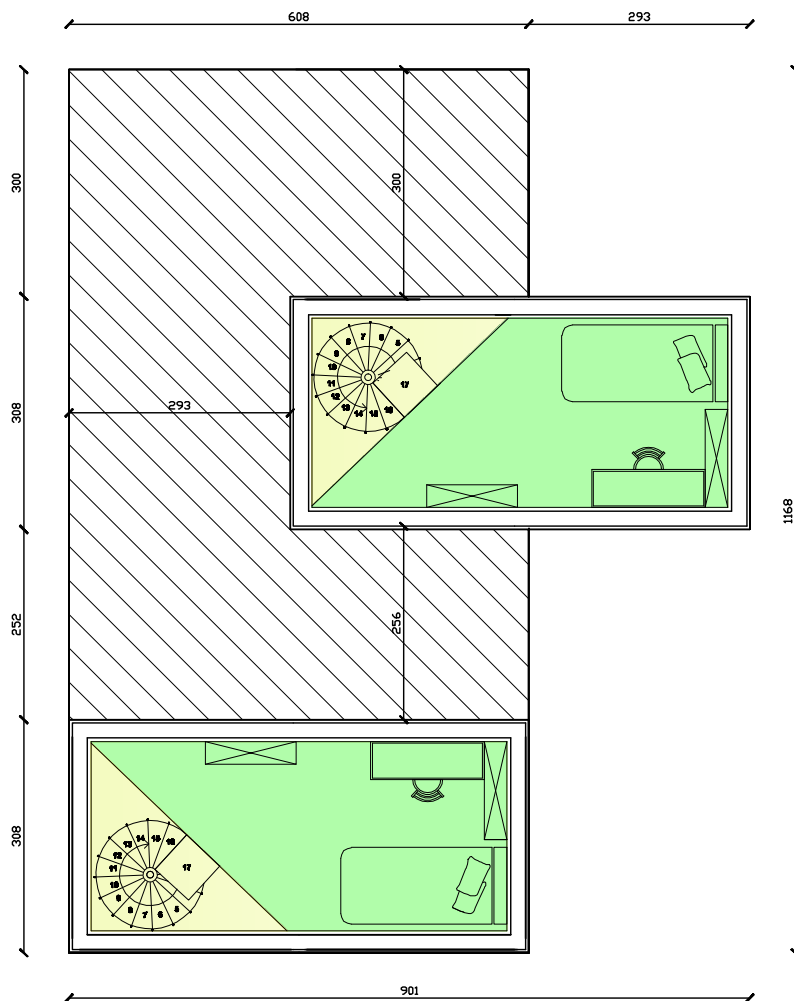
ASSEMBLATO: E

0 50 100 150 200 250 cm



<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	

6



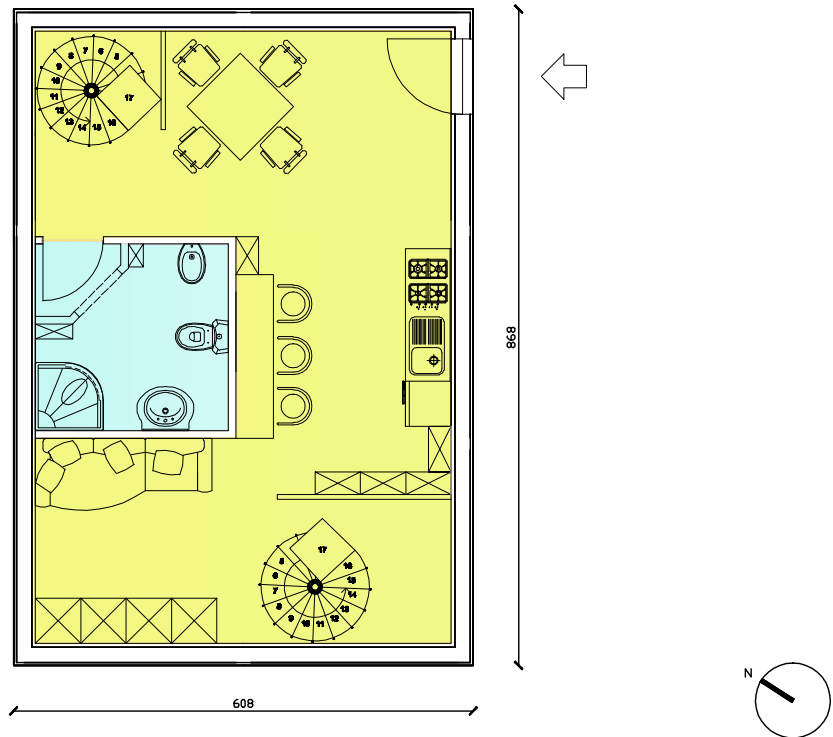
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: E sup.



CAMERA	21,00 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	6,40 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	21,00 mq.	

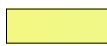

6

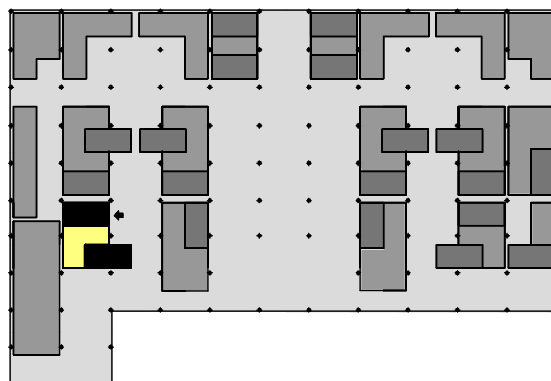


PIANTA DEL MODULO - piano terra

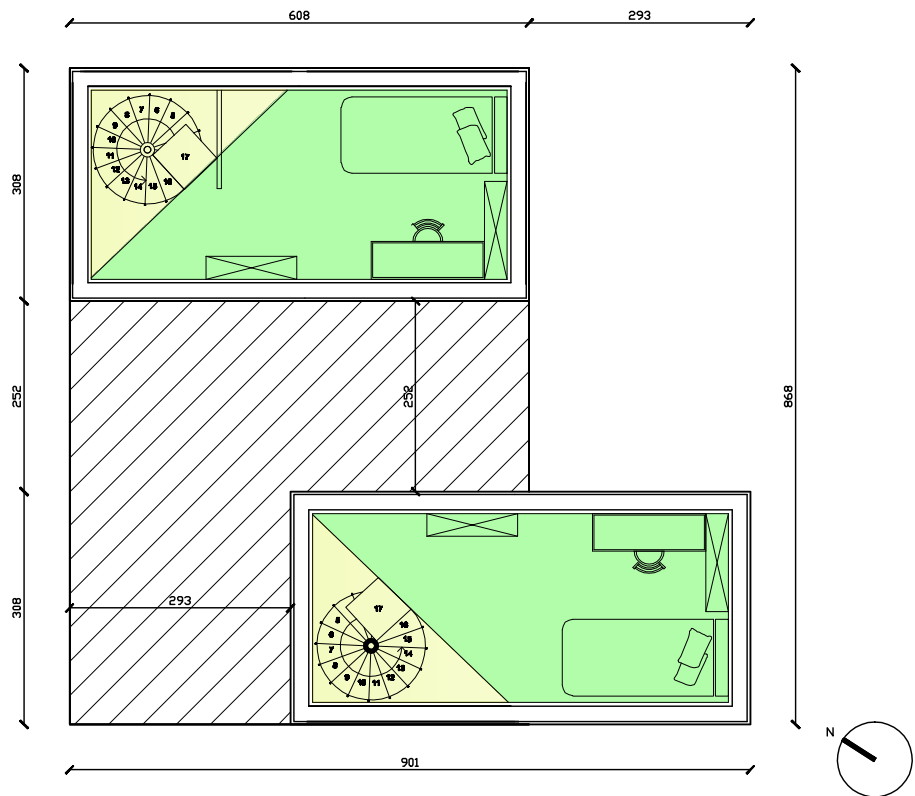
ASSEMBLATO: F

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	37,52 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,30 mq.	
<b>TOTALE</b>	43,82 mq.	



6



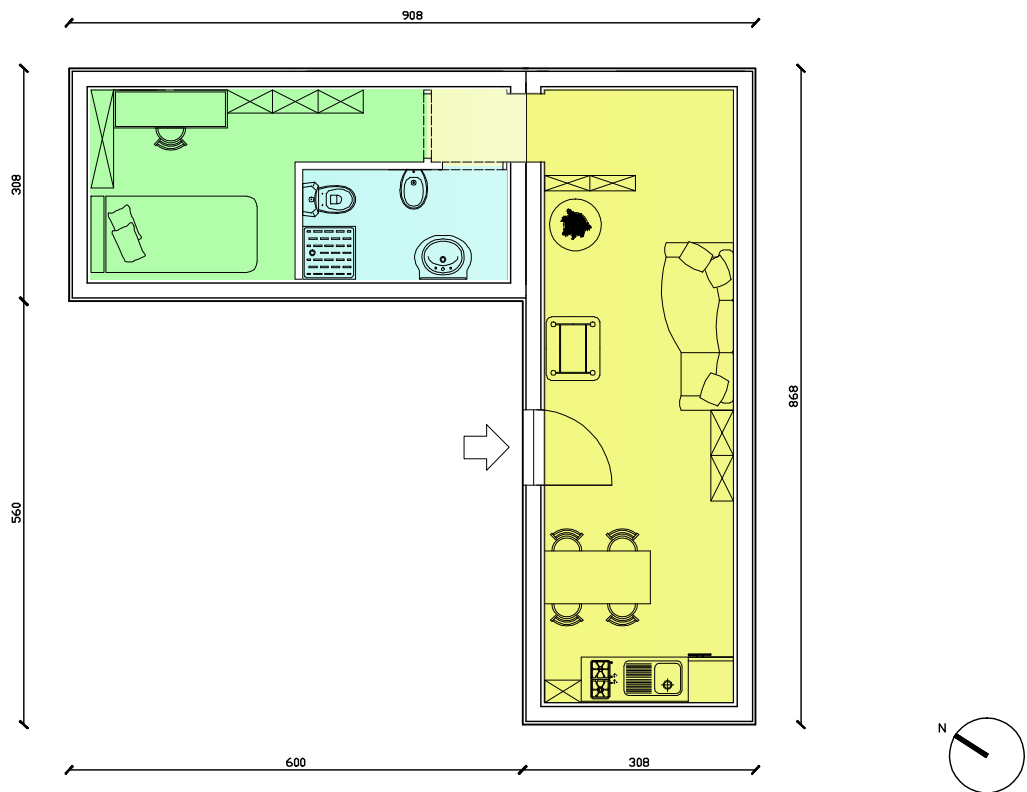
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: F sup



CAMERA	21,00 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	6,40 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	21,00 mq.	

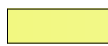
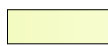

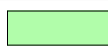
6

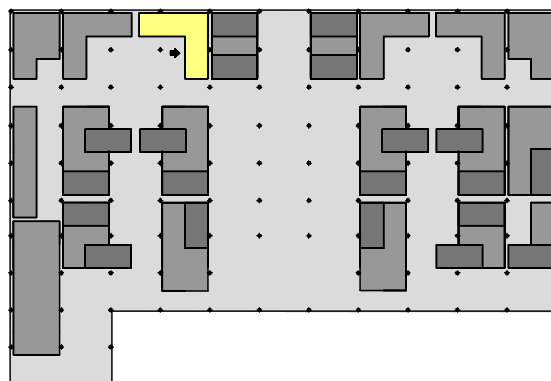


PIANTA DEL MODULO - piano terra

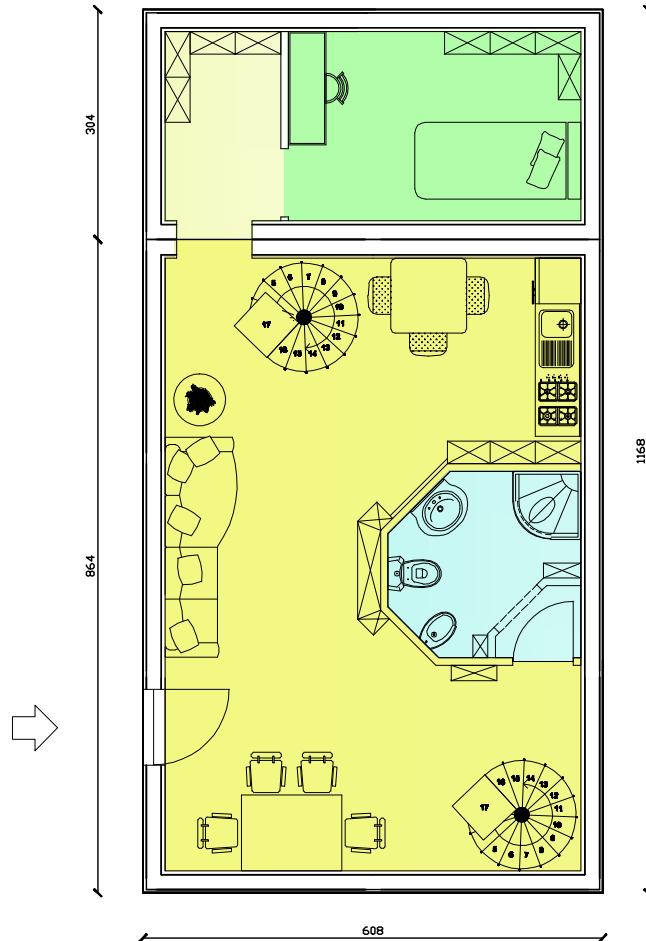
ASSEMBLATO: G

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	20,50 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	0,90 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,00 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



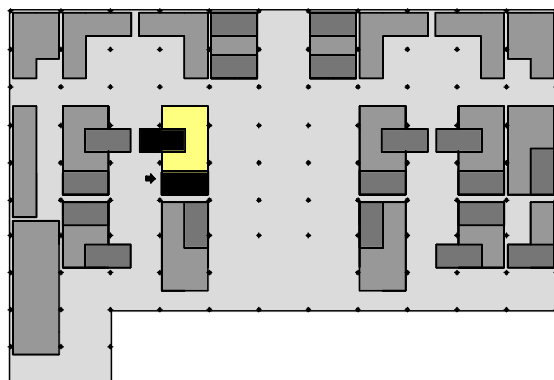
6

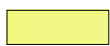


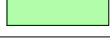


PIANTA DEL MODULO - piano terra

ASSEMBLATO: H

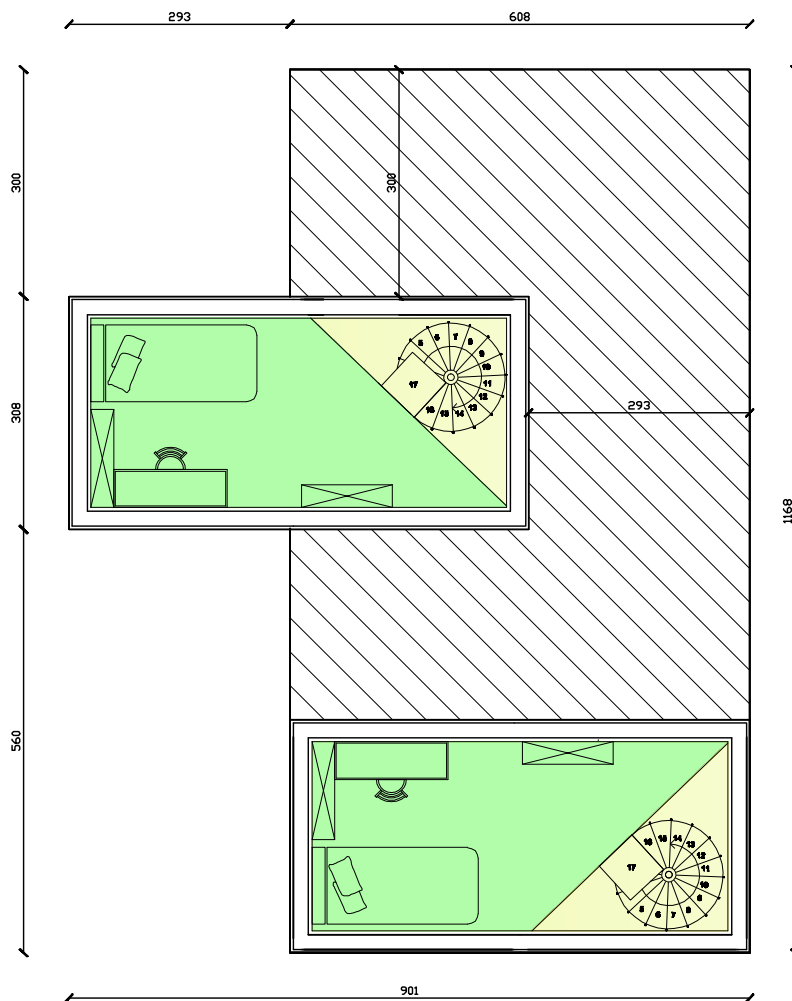
0 50 100 150 200 250 cm



<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	



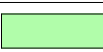
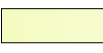
6



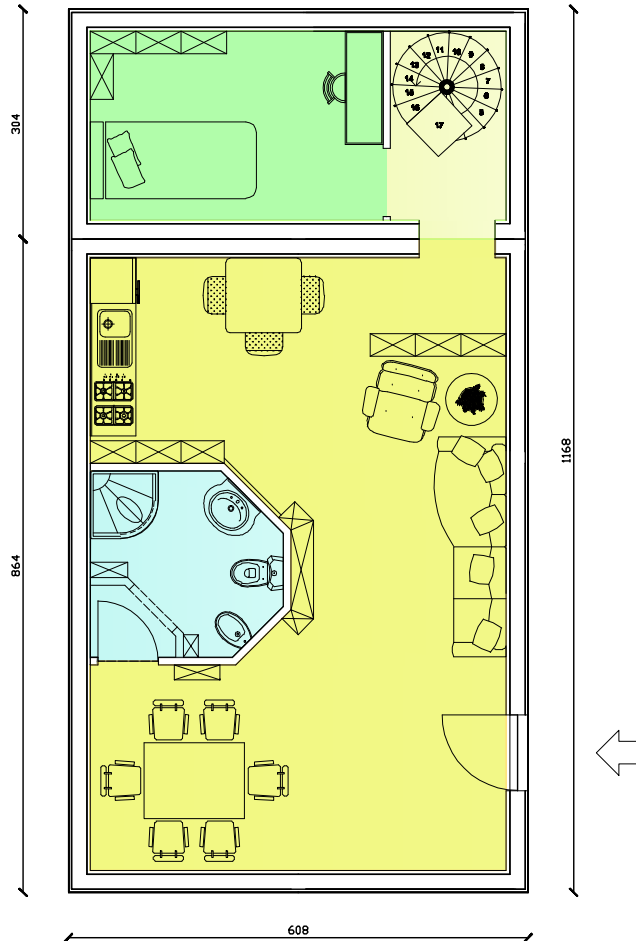
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: H sup.



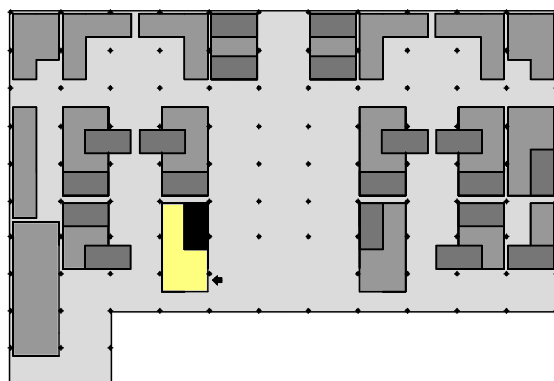
CAMERA	21,00 mq.	
DISIMPEGNO	6,40 mq.	
TOTALE	21,00 mq.	

6



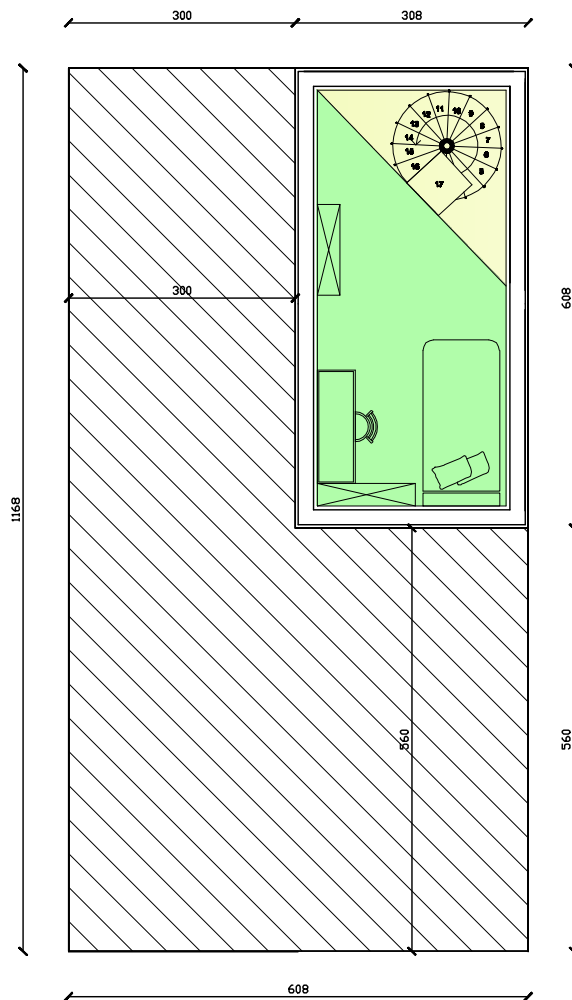
PIANTA DEL MODULO - piano terra

ASSEMBLATO: 1



<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	

6



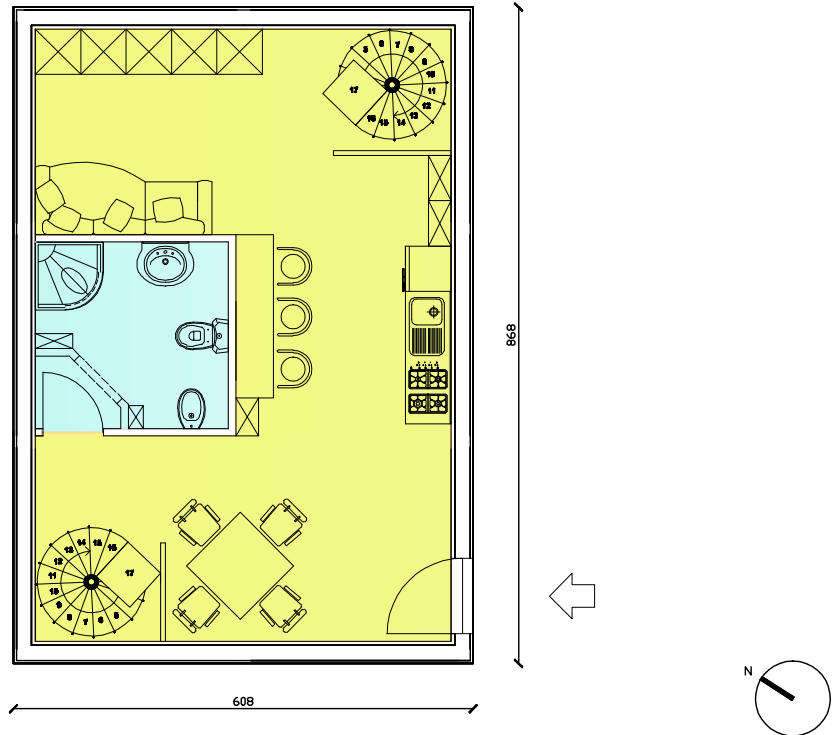
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: I sup.



CAMERA	10,50 mq.	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:#90EE90;"></span>
DISIMPEGNO	3,20 mq.	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:#FFFF99;"></span>
TOTALE	13,70 mq.	

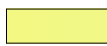

6

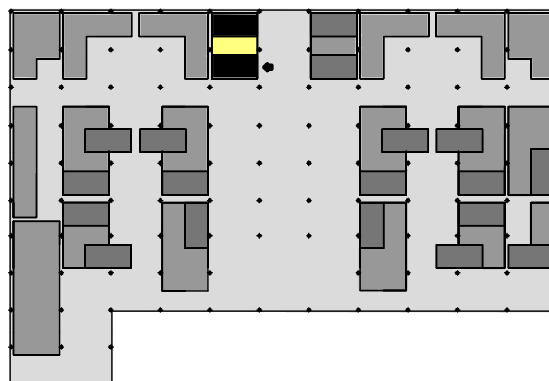


PIANTA DEL MODULO - piano terra

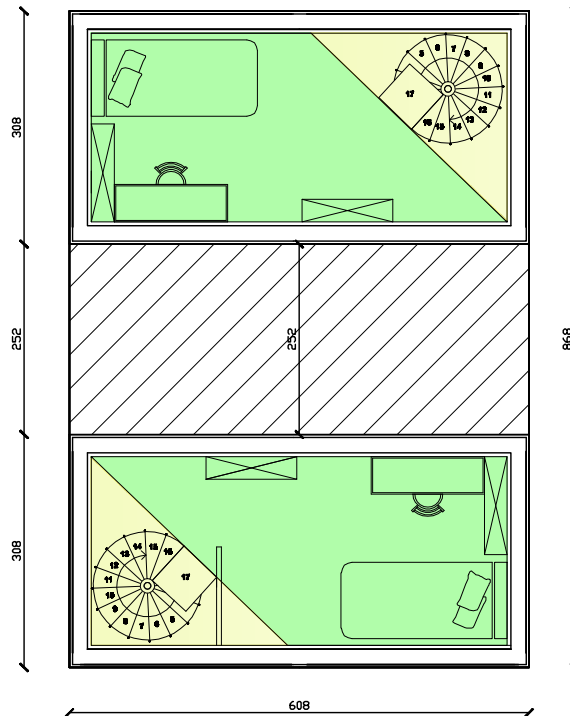
ASSEMBLATO: L

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	37,52 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,30 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



6



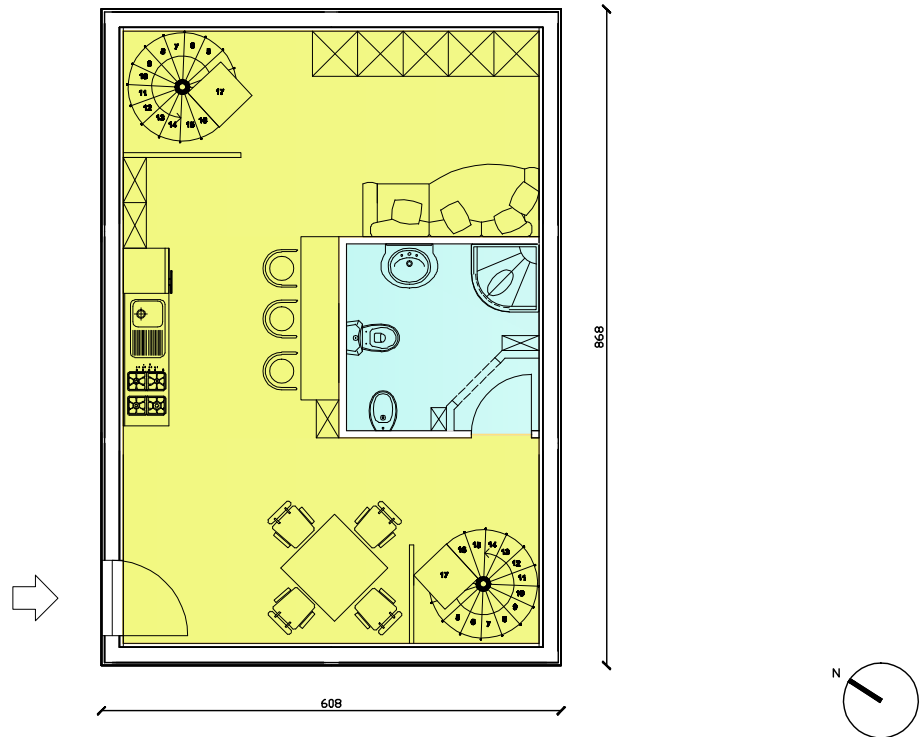
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: L sup



CAMERA	21,00 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	6,40 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	21,00 mq.	

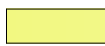

6

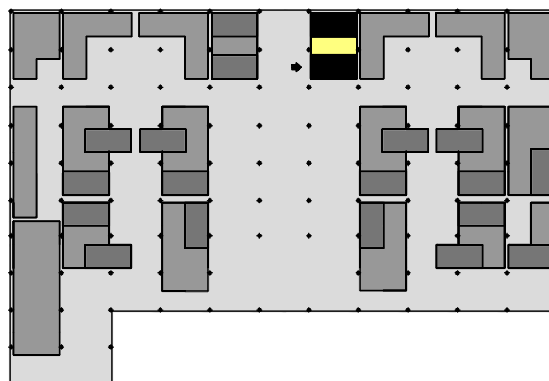


PIANTA DEL MODULO - piano terra

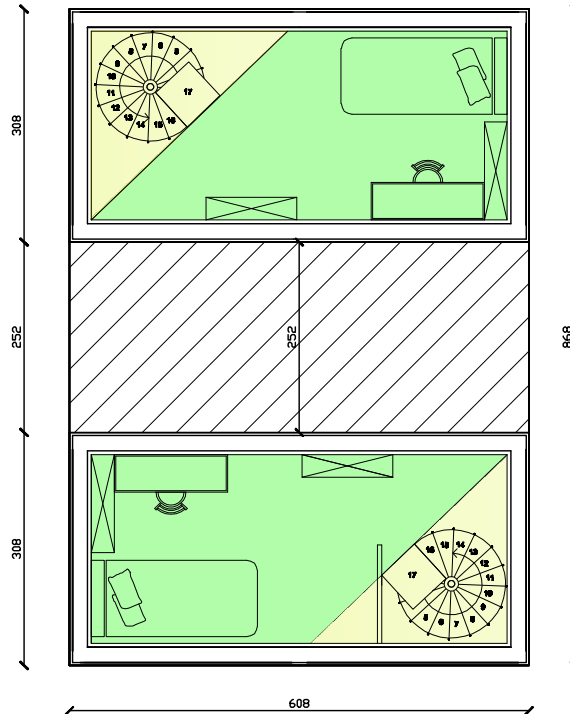
ASSEMBLATO: M

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	37,52 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,30 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



6



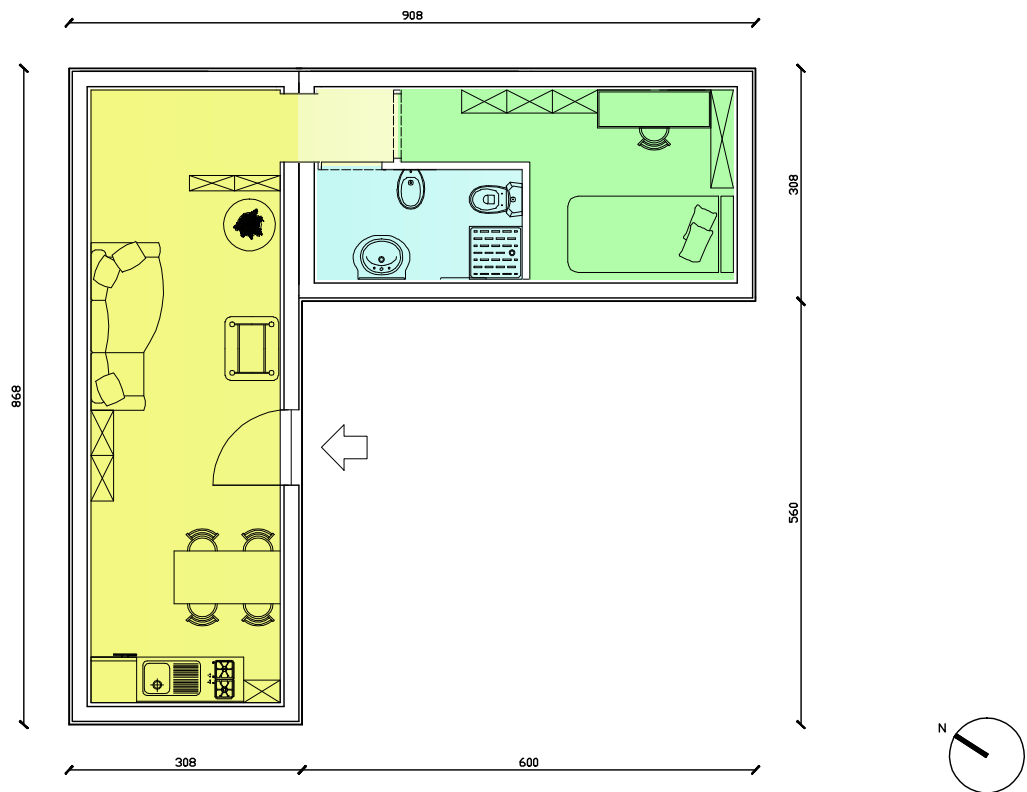
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: M sup

0 50 100 150 200 250 cm

CAMERA	21,00 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	6,40 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	21,00 mq.	

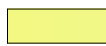
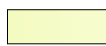

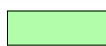
6

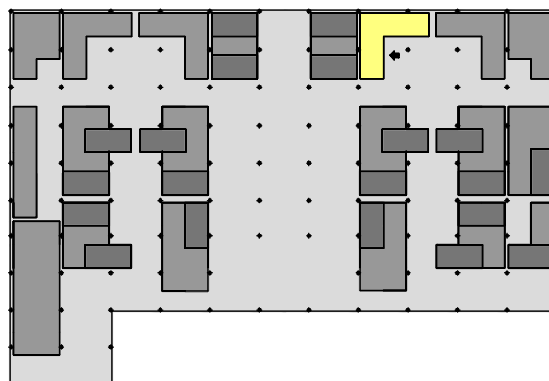


PIANTA DEL MODULO - piano terra

ASSEMBLATO: N

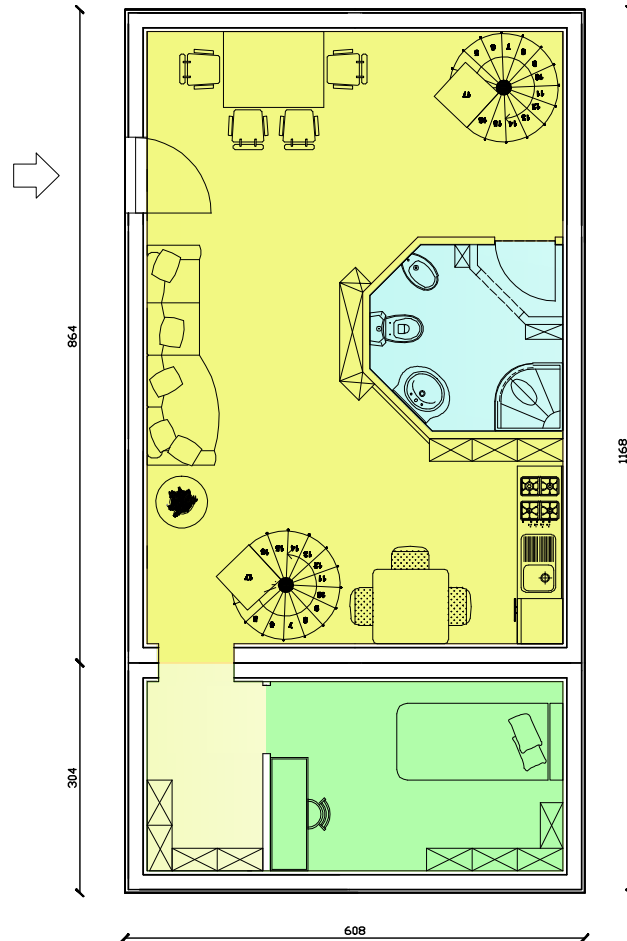
0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	20,50 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	0,90 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,00 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	





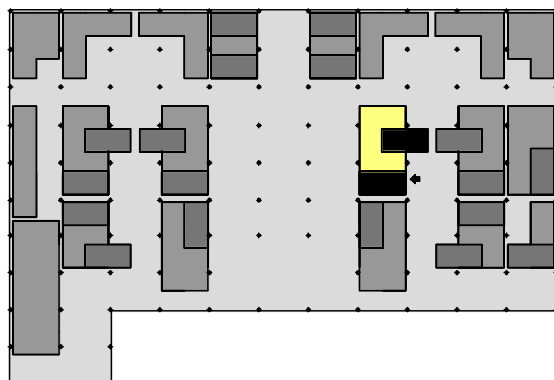
6







PIANTA DEL MODULO - piano terra

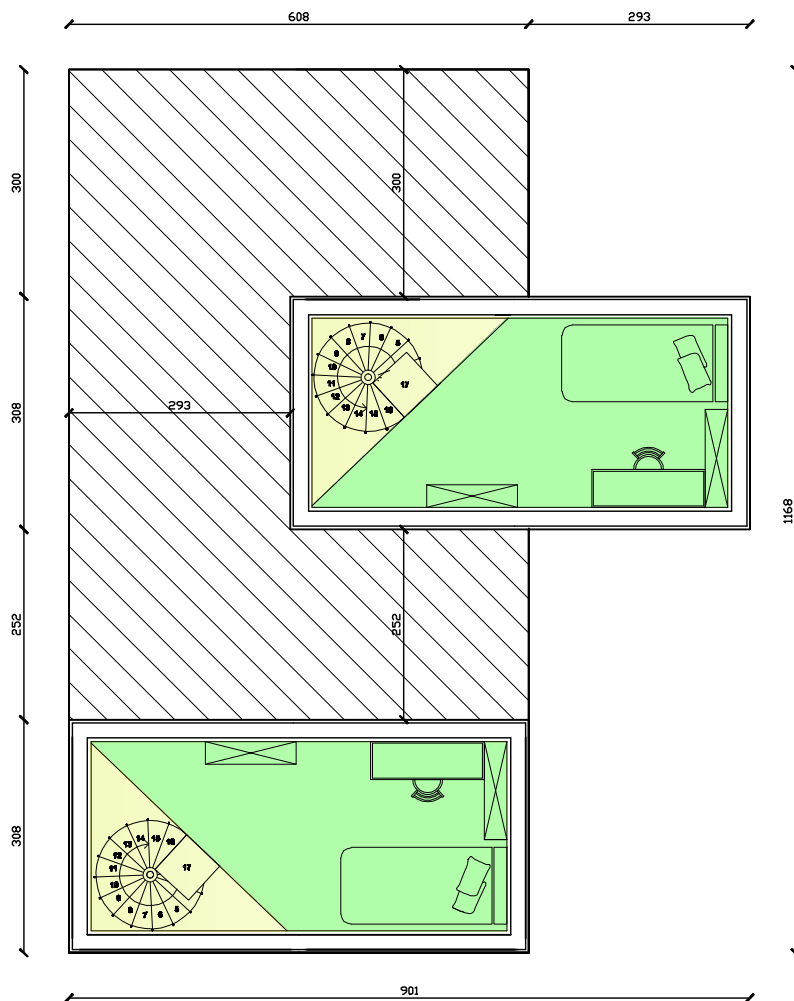
ASSEMBLATO: 0

0 50 100 150 200 250 cm



<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	

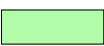
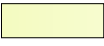
6



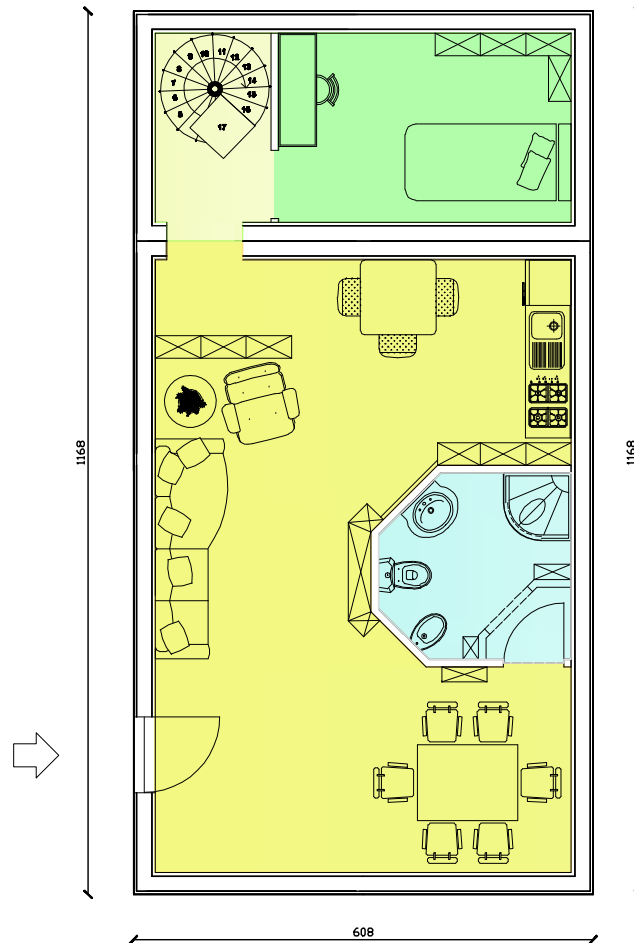
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: O sup.

0 50 100 150 200 250 cm

CAMERA	21,00 mq.	
DISIMPEGNO	6,40 mq.	
TOTALE	21,00 mq.	

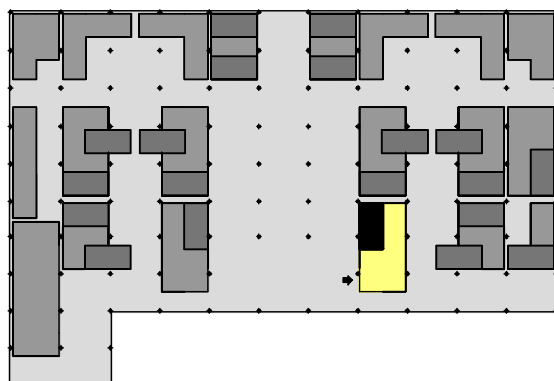
6

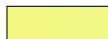





PIANTA DEL MODULO - piano terra

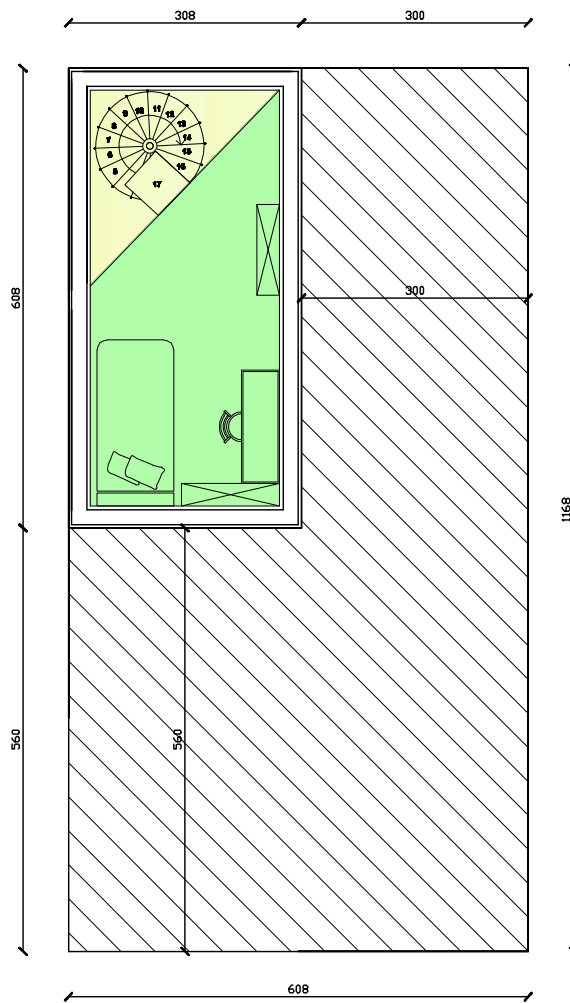
ASSEMBLATO: P

0 50 100 150 200 250 cm



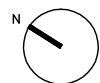
<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	

6



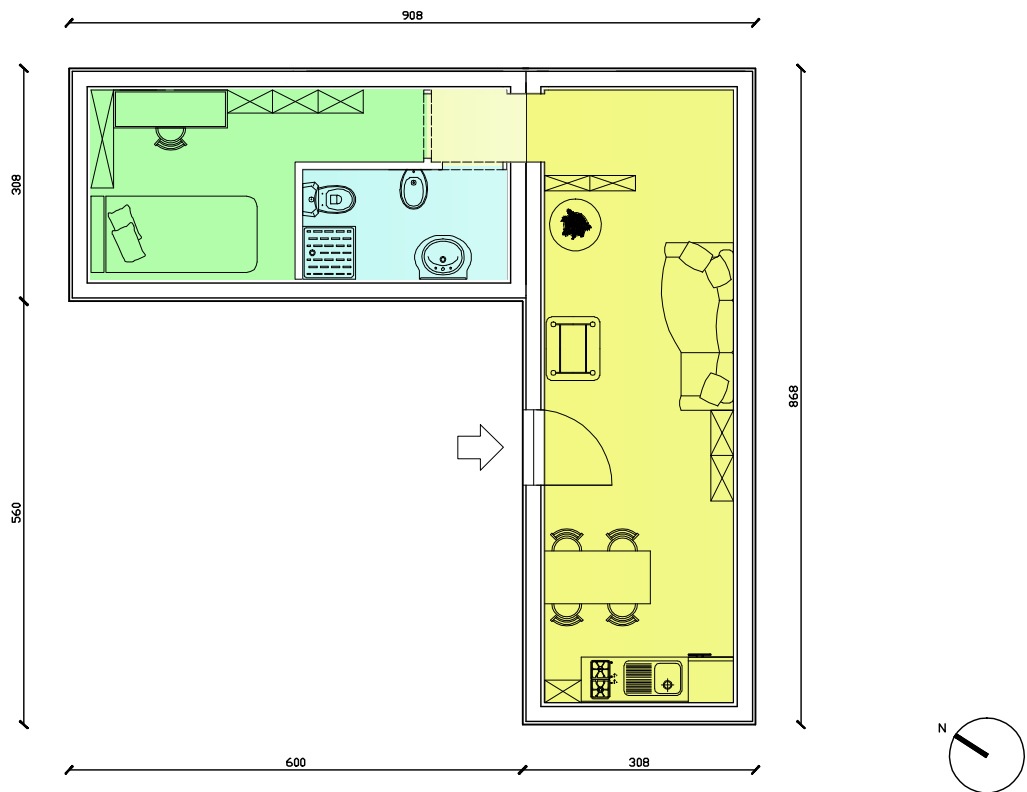
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: P sup.



CAMERA	10,50 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	3,20 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	13,70 mq.	

6

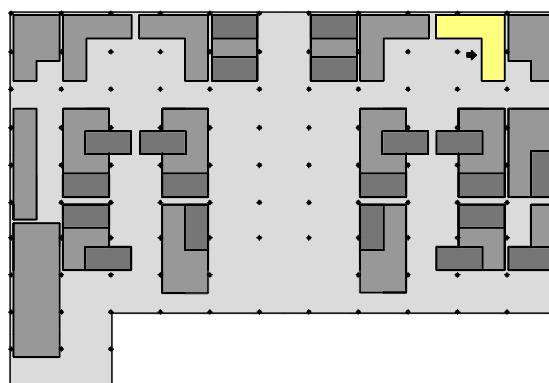


PIANTA DEL MODULO - piano terra

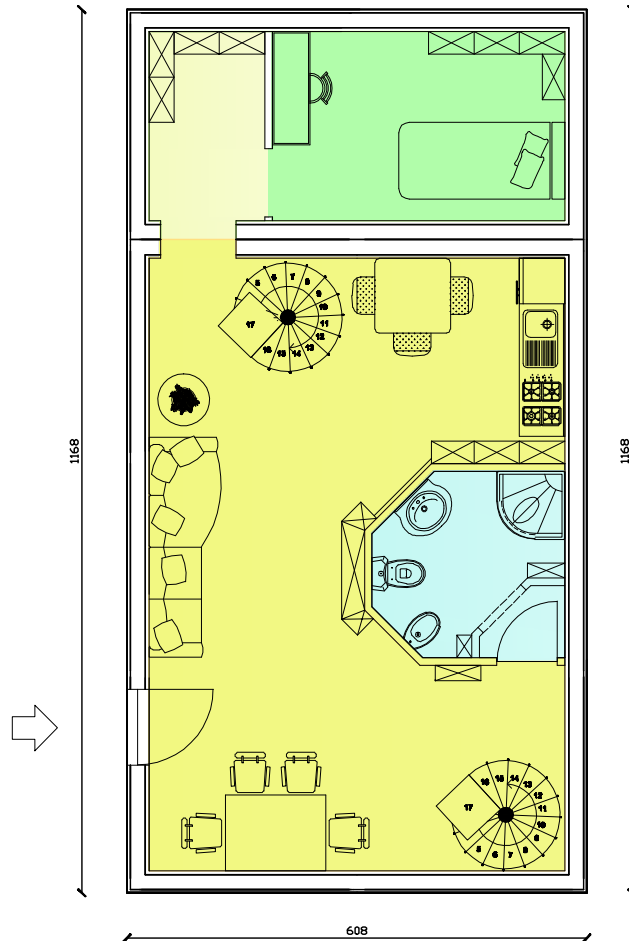
ASSEMBLATO: Q

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	20,50 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	0,90 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,00 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



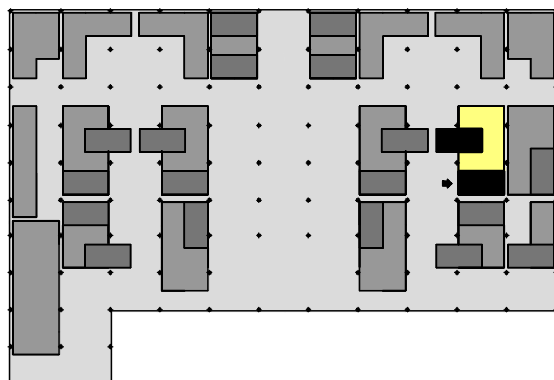
6

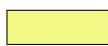


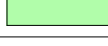


PIANTA DEL MODULO - piano terra

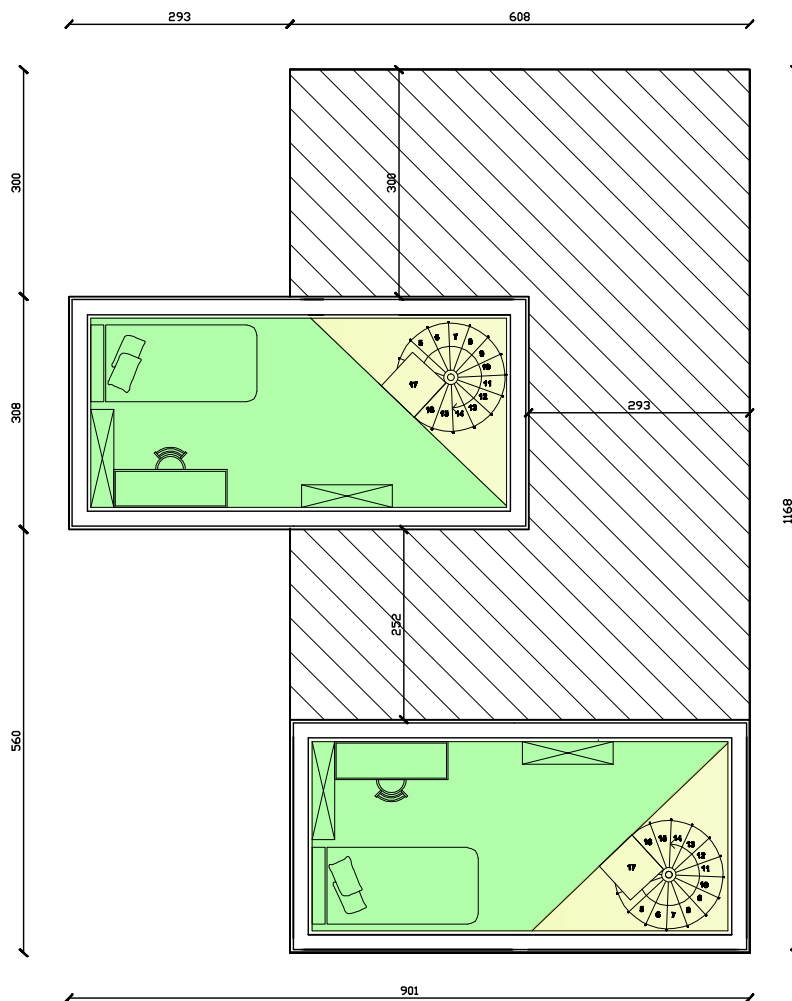
ASSEMBLATO: R

0 50 100 150 200 250 cm



<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	

6



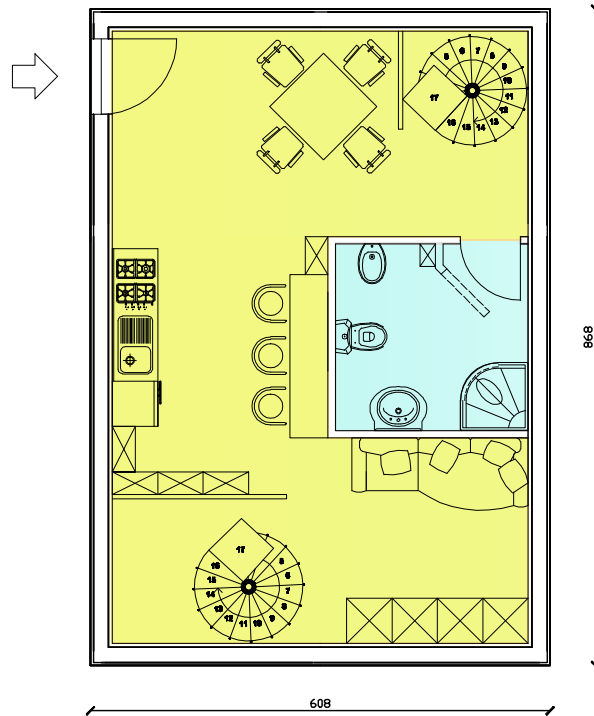
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: R sup.



CAMERA	21,00 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	6,40 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	21,00 mq.	

6

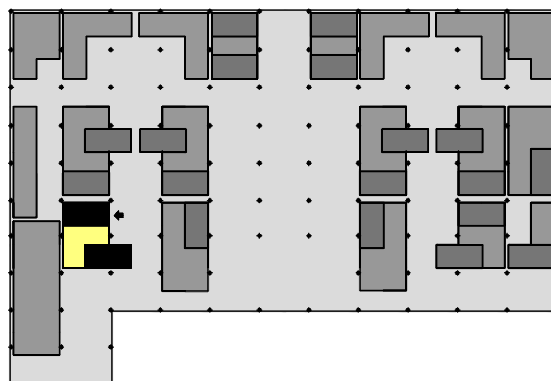


PIANTA DEL MODULO - piano terra

ASSEMBLATO: S

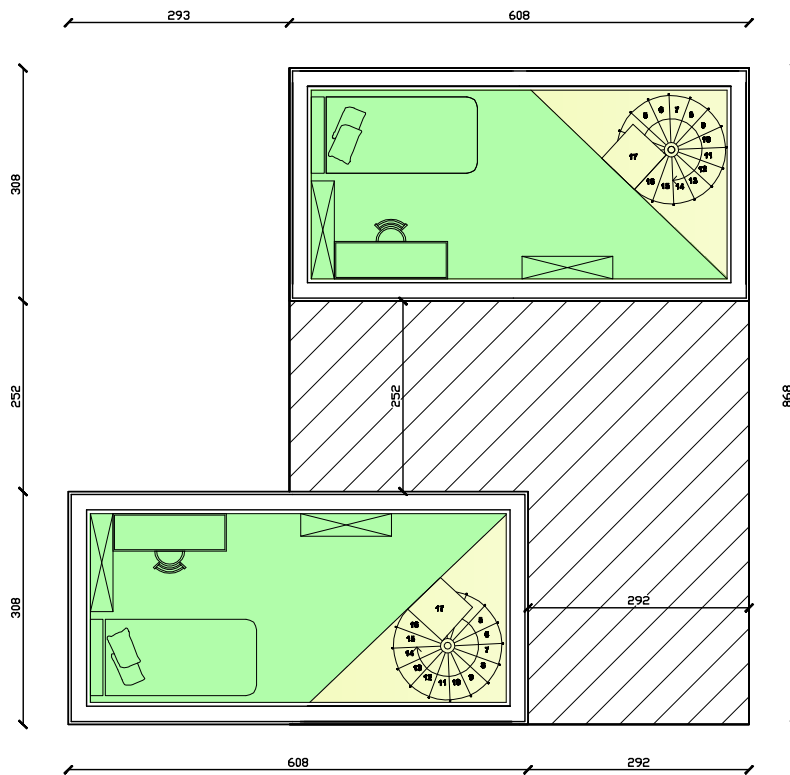


CAMERA	21,00 mq.	
DISIMPEGNO	6,40 mq.	
TOTALE	21,00 mq.	





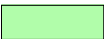
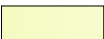
6



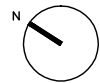
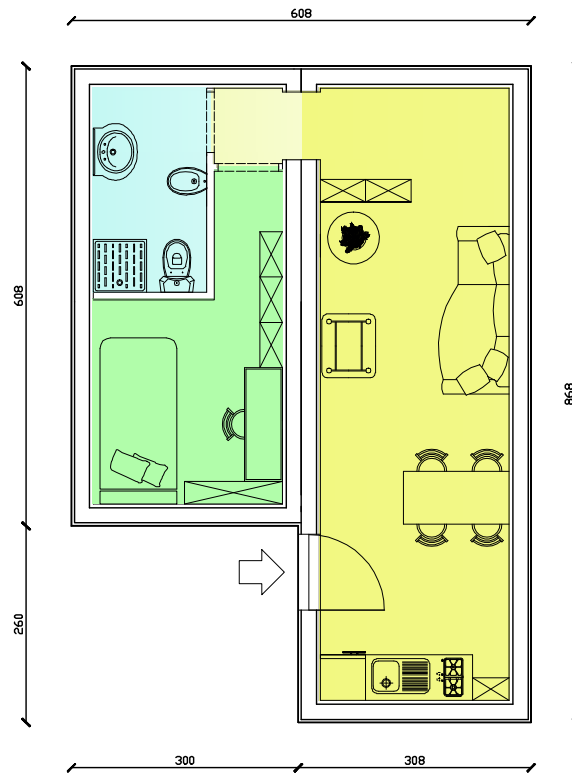
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: S sup



CAMERA	21,00 mq.	
DISIMPEGNO	6,40 mq.	
TOTALE	21,00 mq.	

6

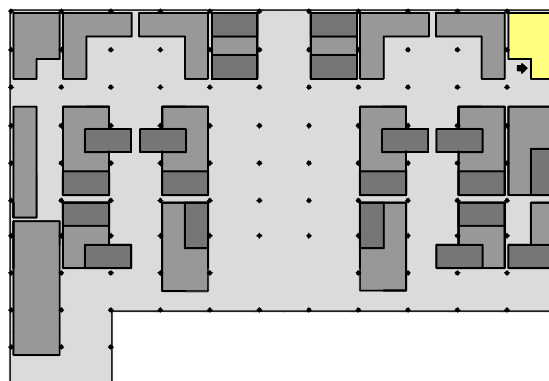


PIANTA DEL MODULO - piano terra

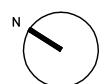
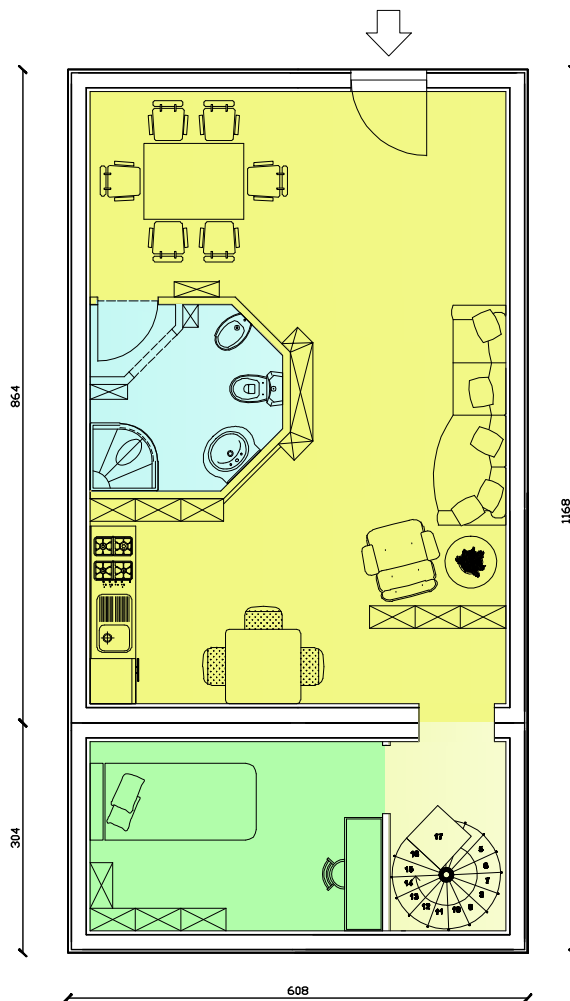
ASSEMBLATO: T



<b>SOGGIORNO</b>	20,50 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	0,90 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,00 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,00 mq.	
<b>TOTALE</b>	34,40 mq.	



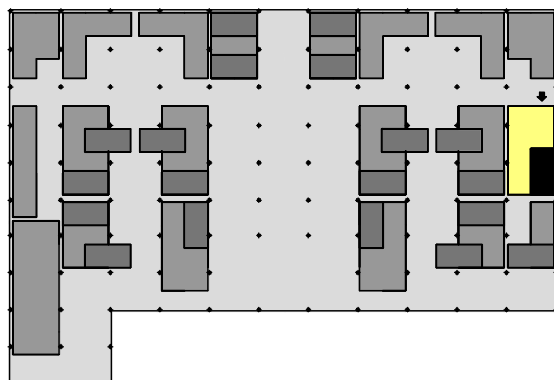
6







PIANTA DEL MODULO - piano terra

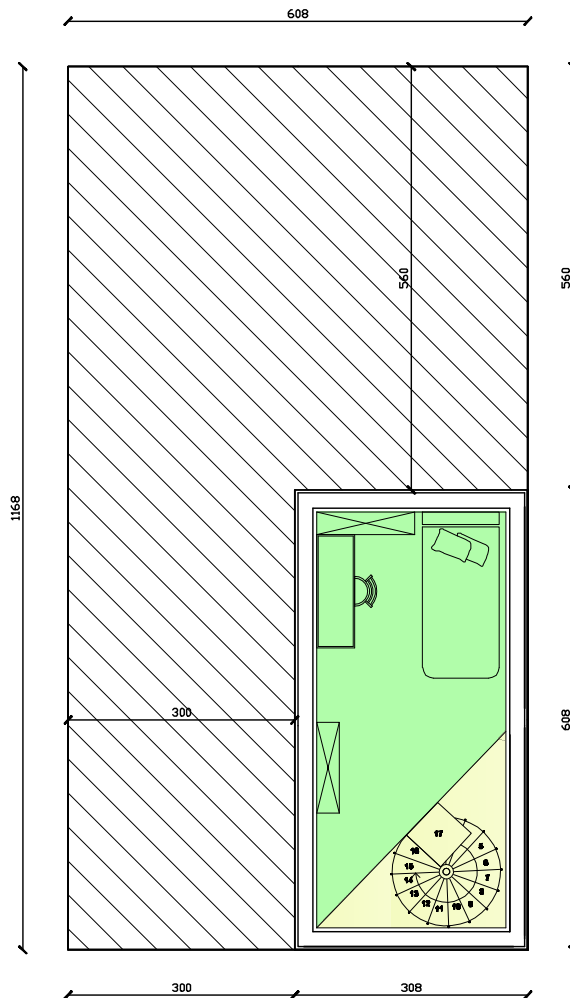
ASSEMBLATO: U

0 50 100 150 200 250 cm



<b>SOGGIORNO</b>	38,65 mq.	
<b>DISIMPEGNO</b>	3,80 mq.	
<b>BAGNO</b>	6,45 mq.	
<b>CAMERA</b>	9,50 mq.	
<b>TOTALE</b>	58,40 mq.	

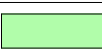

6



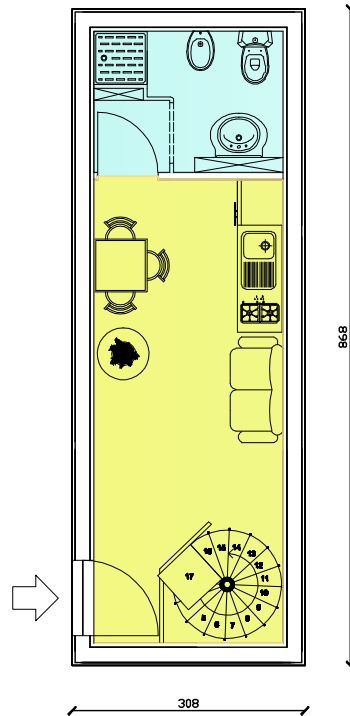
PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: U sup.



CAMERA	10,50 mq.	
DISIMPEGNO	3,20 mq.	
TOTALE	13,70 mq.	



6

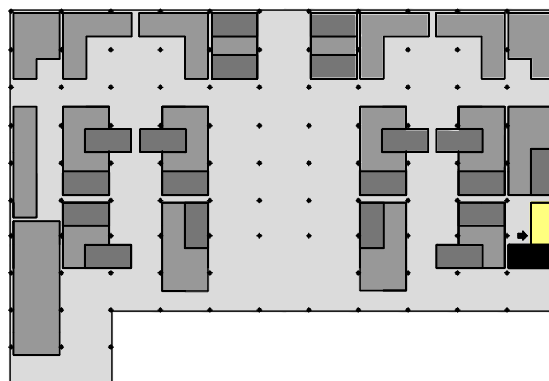


PIANTA DEL MODULO - piano terra

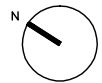
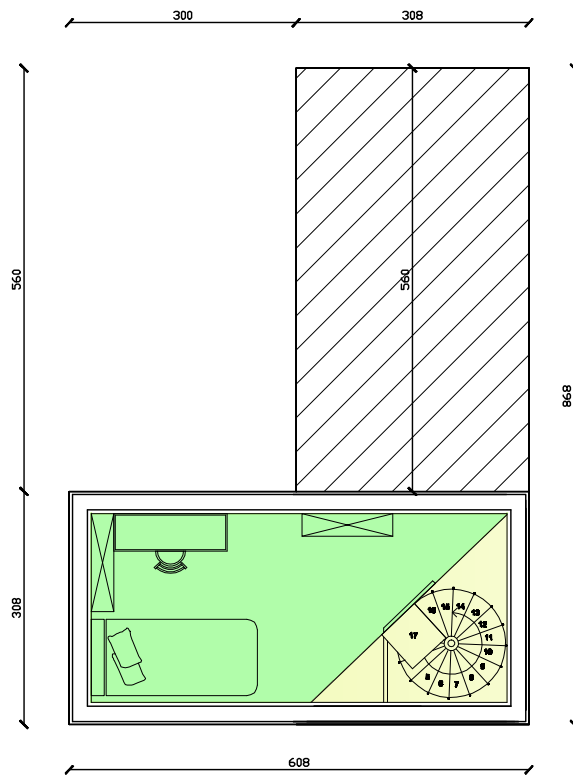
ASSEMBLATO: V

0 50 100 150 200 250 cm

<b>SOGGIORNO</b>	15,35 mq.	
<b>BAGNO</b>	4,71 mq.	
<b>TOTALE</b>	<b>20,06 mq.</b>	



6



PIANTA DEL MODULO - piano primo

ASSEMBLATO: V sup

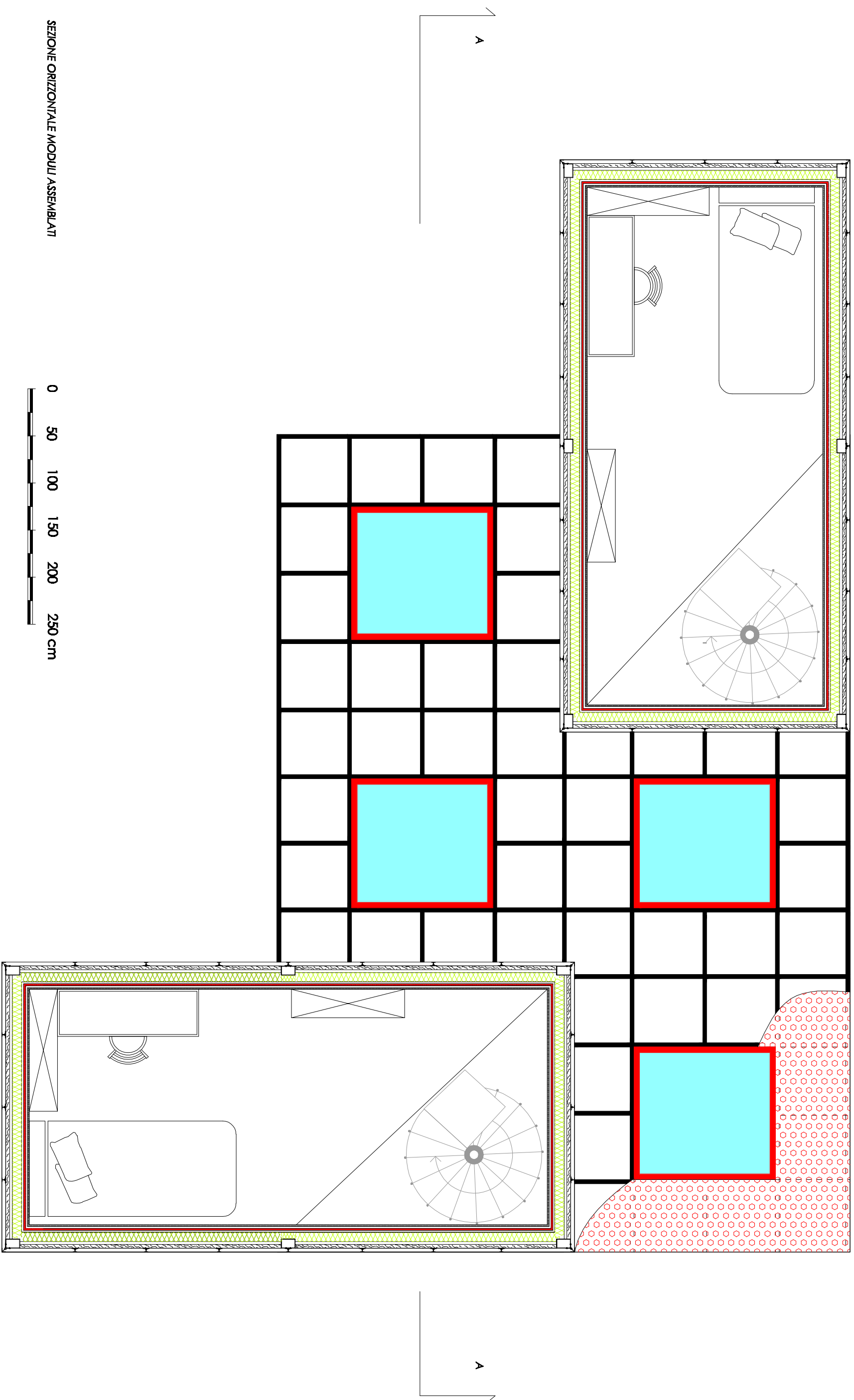


CAMERA	10.50 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span>
DISIMPEGNO	3.20 mq.	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF99; border: 1px solid black;"></span>
TOTALE	13.70 mq.	

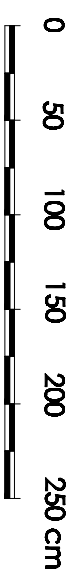
**6**

Dopo aver ampiamente definito le varie tipologie di assemblati utilizzati nel progetto di recupero in questione, vengono proposti dei dettagli costruttivi in cui verrà analizzata la stratigrafia del modulo abitativo; nel successivo capitolo 8 verranno effettuate sui tamponamenti proposti le verifiche di trasmittanza e Glaser in modo tale da garantire un ottimale comfort igrotermico.

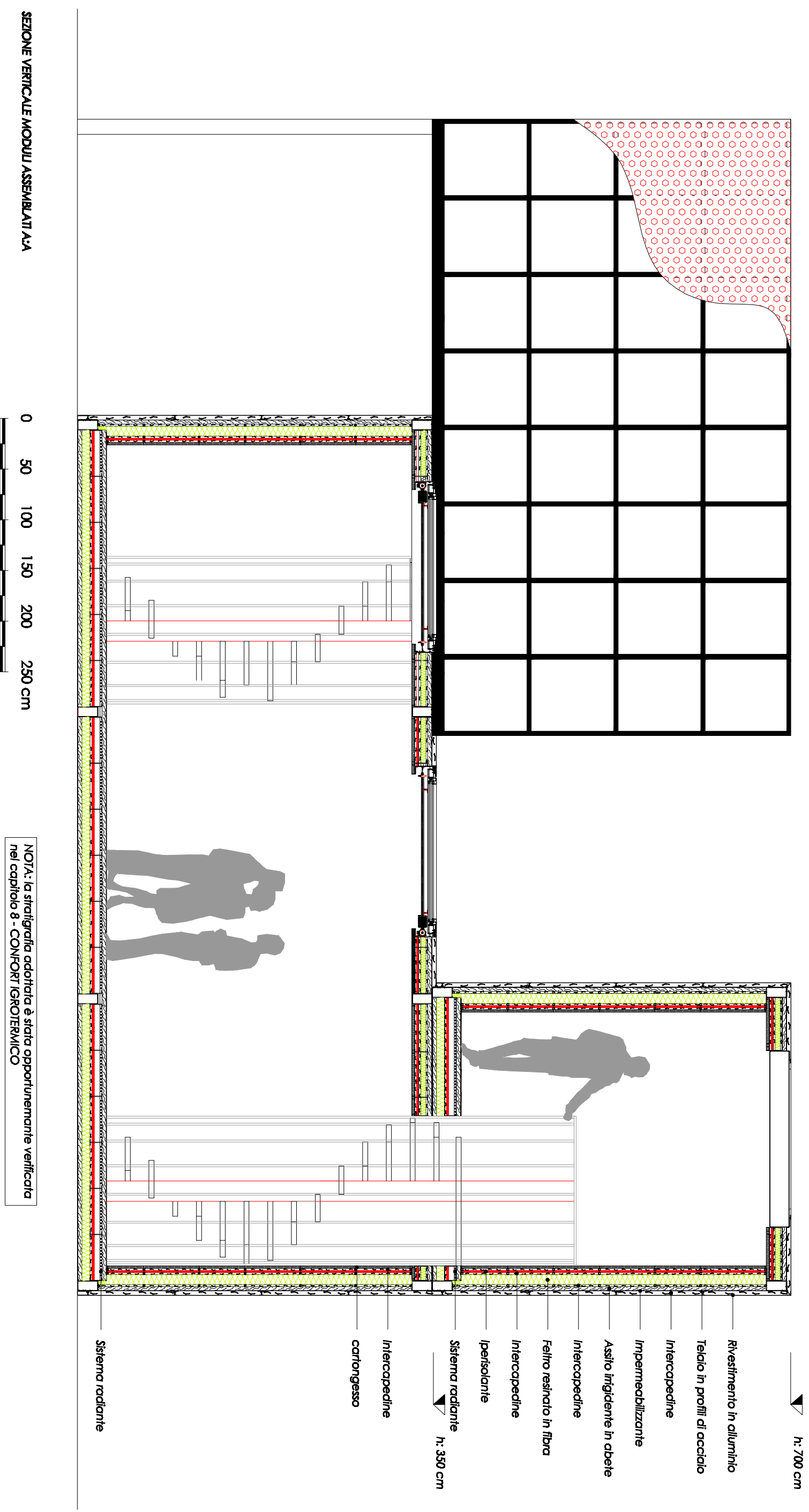
# 6



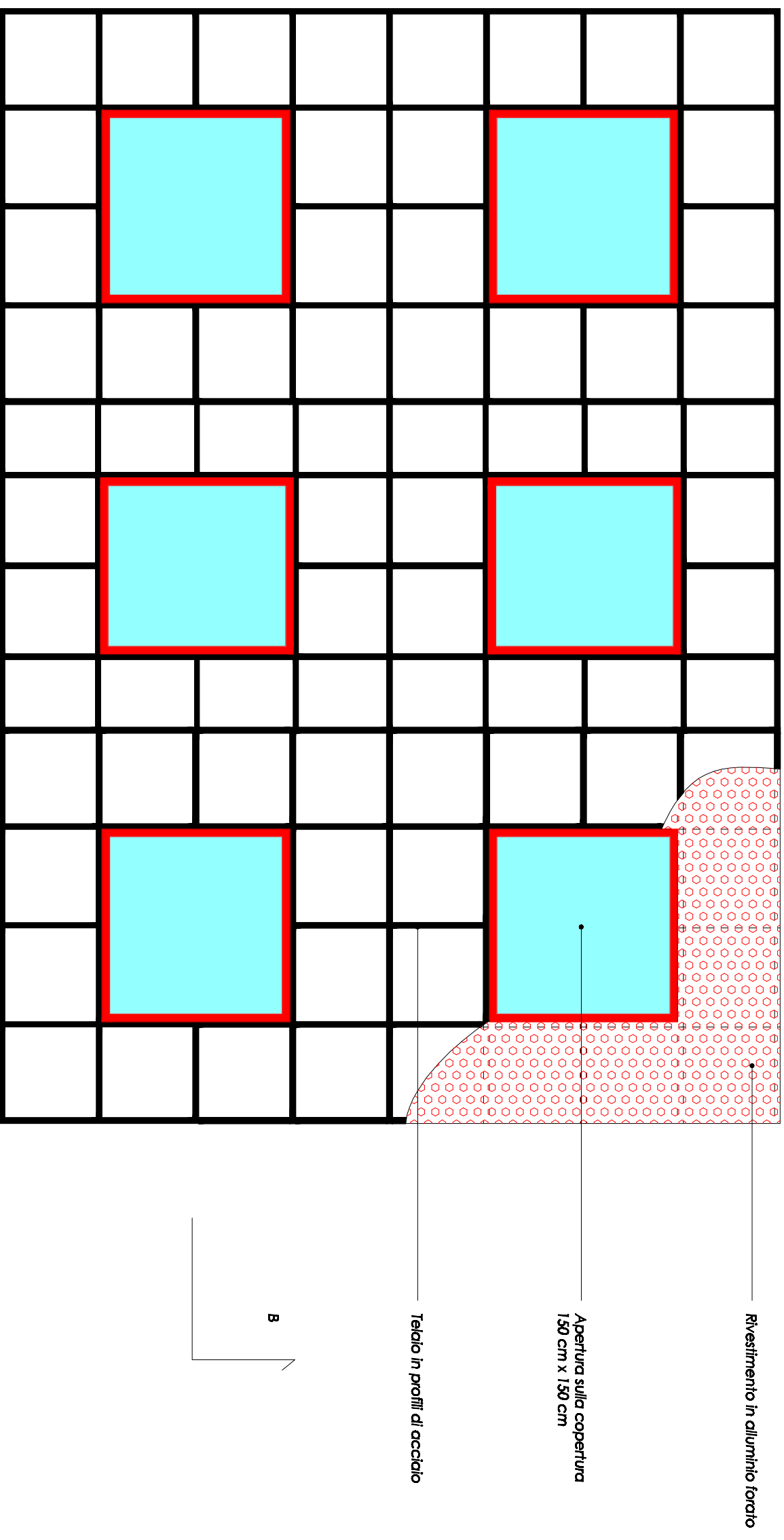
SEZIONE ORIZZONTALE MODULI ASSEMBLATI



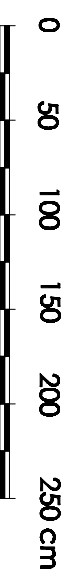




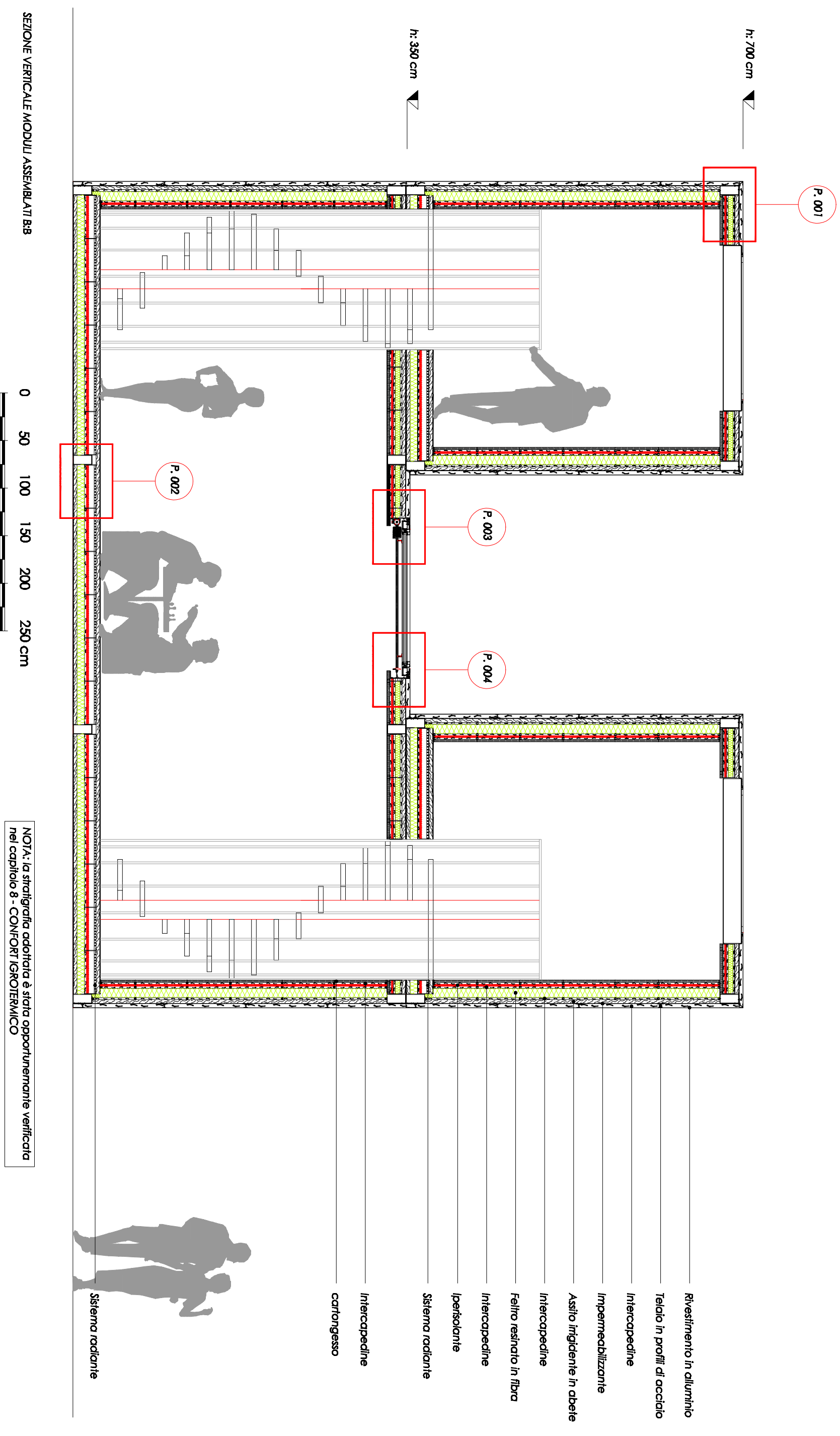
# 6



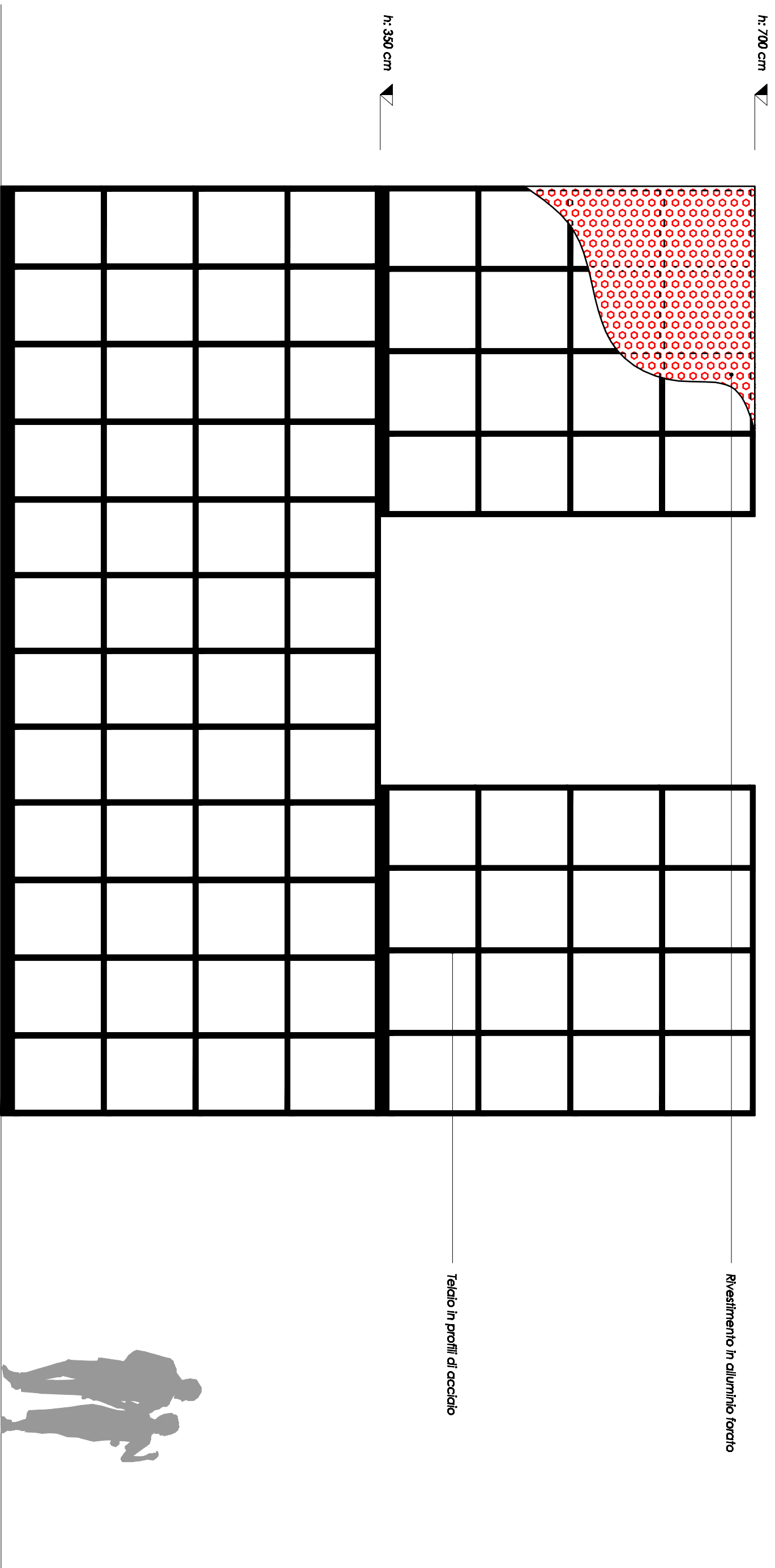
PIANTA DELLA COPERTURA DEI MODULI ASSEMBLATI

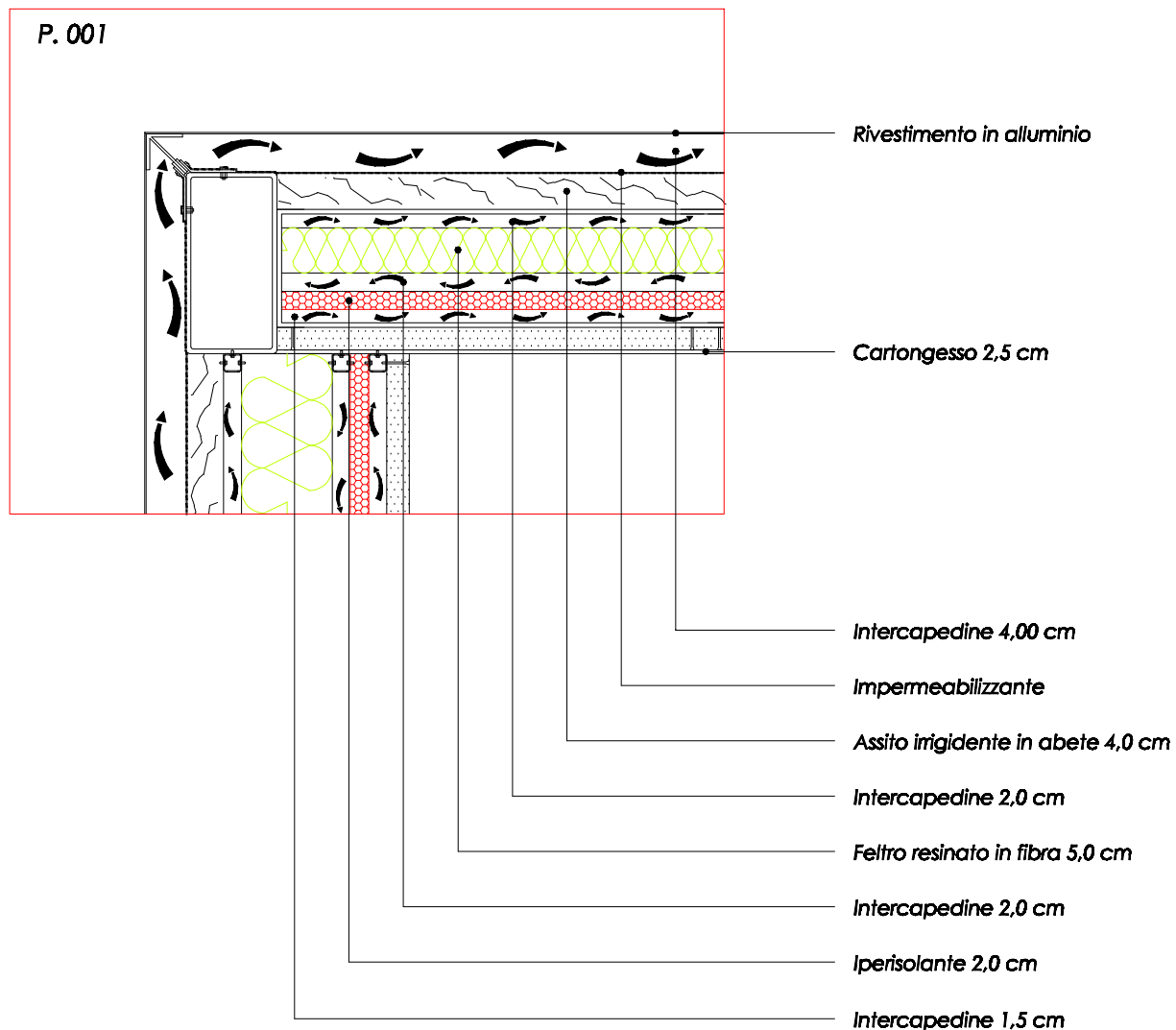


## 6



# 6





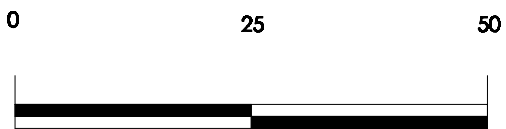
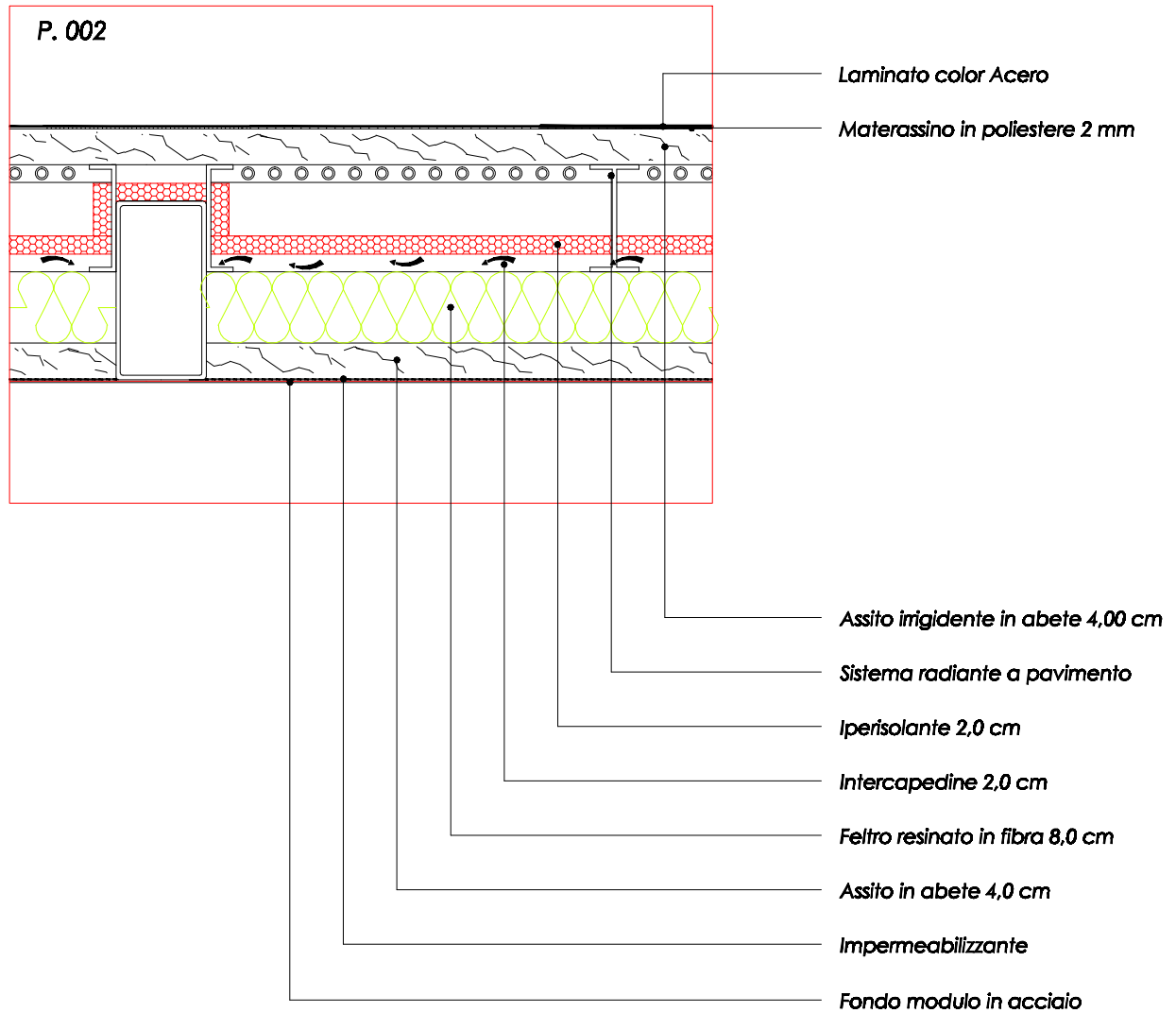
0 25 50



PARTICOLARE COSTRUTTIVO P 001

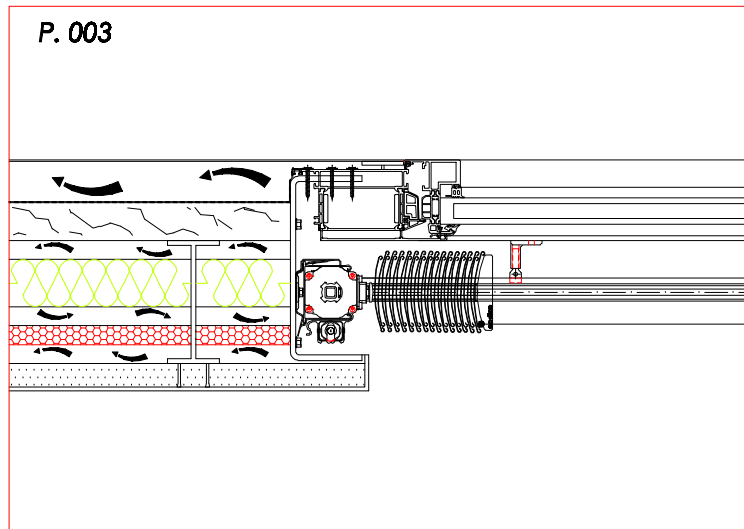
NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunamente verificata nel capitolo 8 - CONFORT IGROTERMICO

6

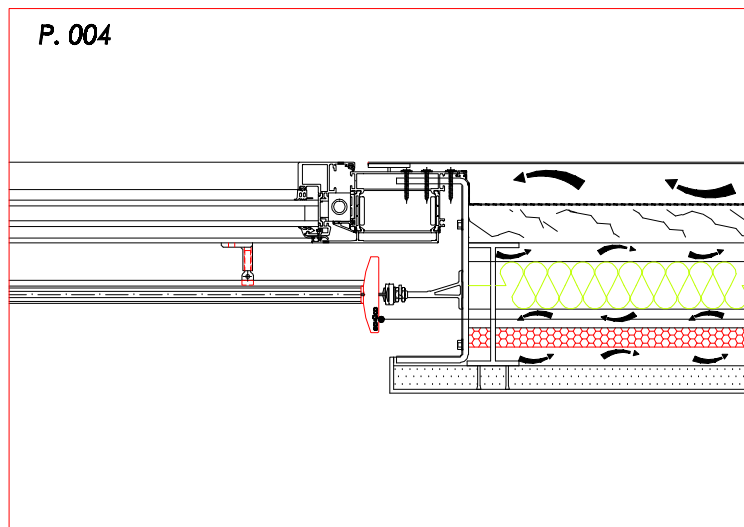


PARTICOLARE COSTRUTTIVO P 002

NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunamente verificata nel capitolo 8 - CONFORT IGROTERMICO



Sistema di oscuramento  
SCHUCO



Sistema di oscuramento  
SCHUCO

0 25 50



PARTICOLARE COSTRUTTIVO P 003 - P 004

NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunamente verificata  
nel capitolo 8 - CONFORT IGROTERMICO

*“ Il valore decorativo dell'architettura Futurista dipende solamente dall'uso e dalla sistemazione originale di materiali grezzi o scoperti o violentemente colorati.”*

*Antonio Sant'Elia*

---



↘ TAVOLE DI PROGETTO - L'INVOLUCRO



## 7

L'intervento all'involucro è già stato in parte trattato nel capitolo 5 (Tipologie di intervento); Qui verrà analizzato più in dettaglio l'ampliamento delle campate esistenti nella parte est del fabbricato, per una superficie di 711,56 mq, portando l'intero complesso ad una **superficie complessiva di 3028,79 mq.**

Sono inoltre stati creati tre volumi, più alti rispetto all'edificio esistente, che hanno creato tre piazze interne; In tal modo si è potuta affrontare la problematica di come fare coesistere un edificio recuperato con una nuova struttura. Il vecchio e il nuovo, la presenza contemporanea di due materiali, il legno e la muratura per la parte esistente e l'acciaio e vetro per la parte di nuova realizzazione. Tutto in un intervento che nel suo insieme dimostra come possano coesistere diversi materiali e diverse tipologie costruttive.

Per quanto riguarda l'involucro vero e proprio si sono migliorate le prestazioni delle murature perimetrali a nord, est e sud con interventi di recupero vero e proprio, mantenendo la modularità delle vecchie aperture; Per quanto riguarda il prospetto ovest facente parte della nuova struttura che mantiene la vecchia modularità si è intervenuti con un sistema di facciata a maglia irregolare, su ogni campata questa è stata ruotata in modo tale da romperne la monotonia senza però rinunciare alla modularità e alla forma dell'esistente.

Per quanto riguarda invece gli spazi interni non si è intervenuti in nessun modo e è stata mantenuta l'originaria modularità dei pilastri esistenti anche nella parte in cui si è intervenuti con il nuovo.

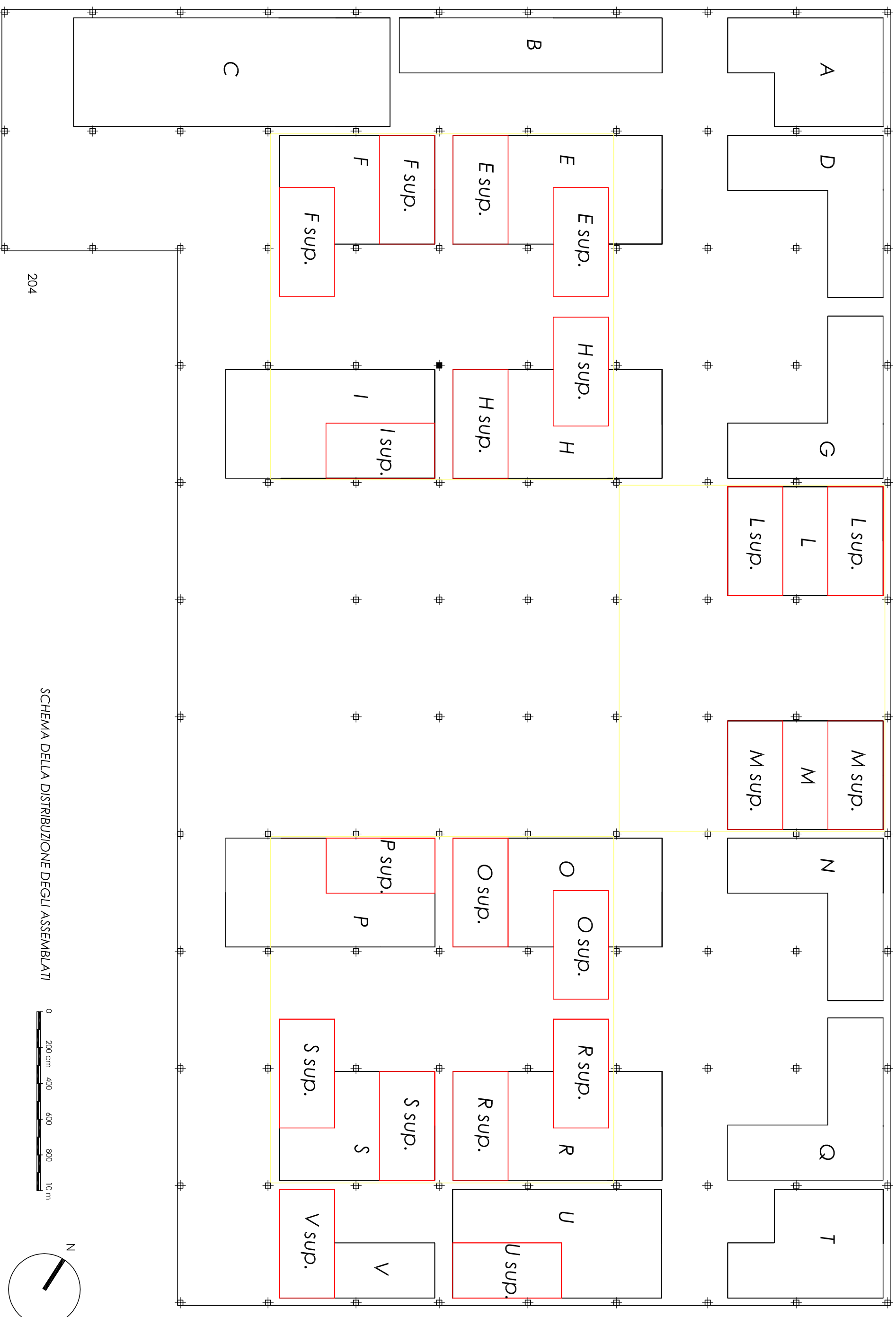
A questo punto il modulo analizzato nel precedente capitolo è stato utilizzato per far sì che gli spazi, le altezze potessero essere vissute.

Si sono dunque creati due spazi distinti, quello abitativo vero e proprio e quello di aggregazione fuori dal modulo; Quest'ultimo all'esigenza potrà essere utilizzato come spazio espositivo legato all'ambito universitario; in tal modo si è cercato di rendere gli spazi flessibili, i moduli che non devono assolutamente essere visti come "un'abitazione d'emergenza" possono essere in futuro spostati. Quello che è l'involucro risulta essere completamente indipendente dalle residenze modulari che contiene.

**7**

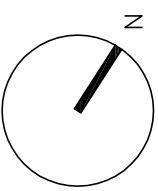
Nelle tavole successive verrà proposta l'organizzazione dei moduli assemblati precedentemente presi in rassegna, dunque la loro sistemazione all'interno del fabbricato, prima di passare ad una analisi degli interventi sull'involucro, ai particolari costruttivi e alle soluzioni architettoniche adottate.

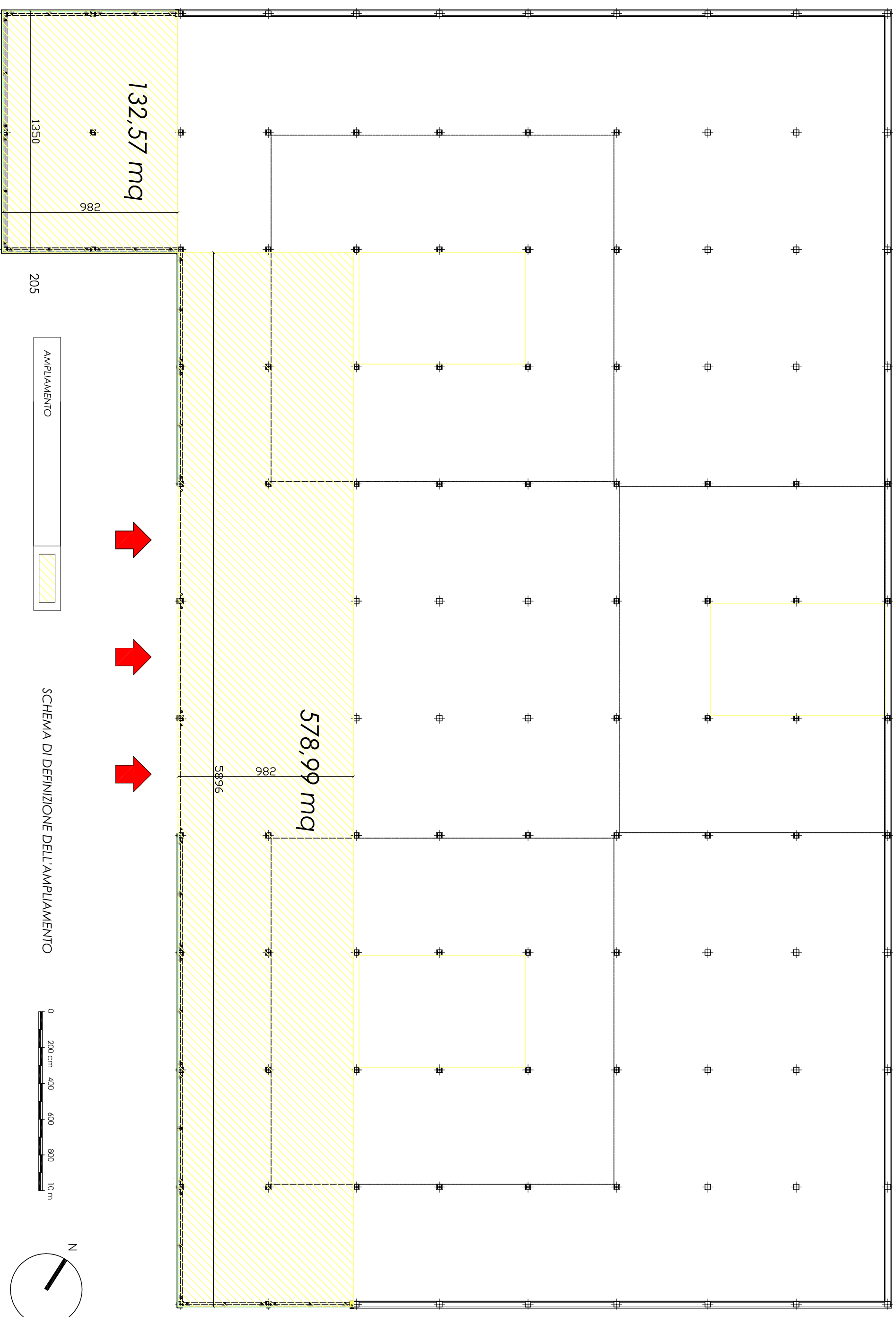
# 7

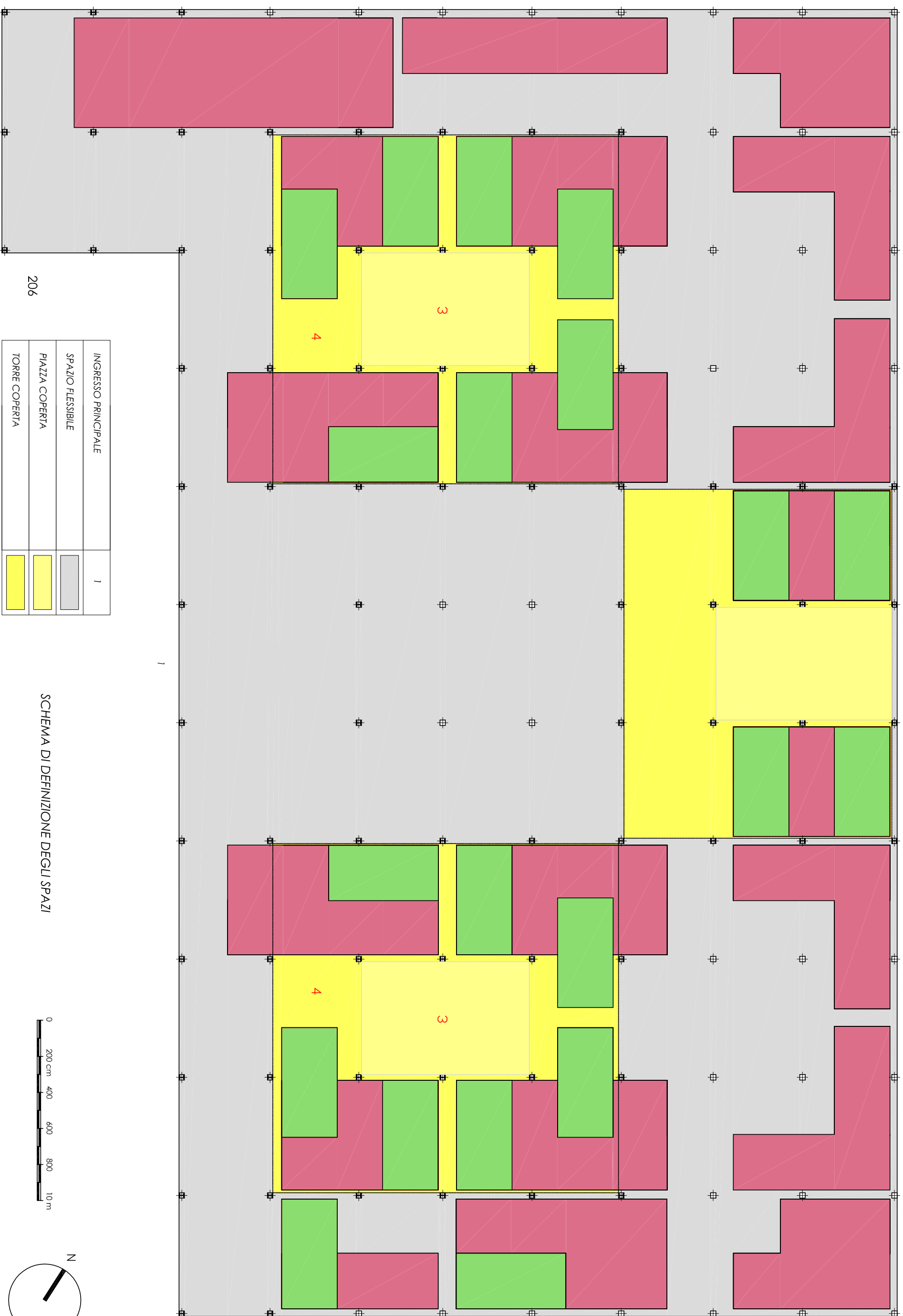


204

SCHEMA DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI ASSEMBLATI

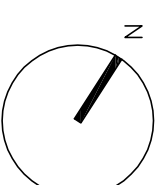


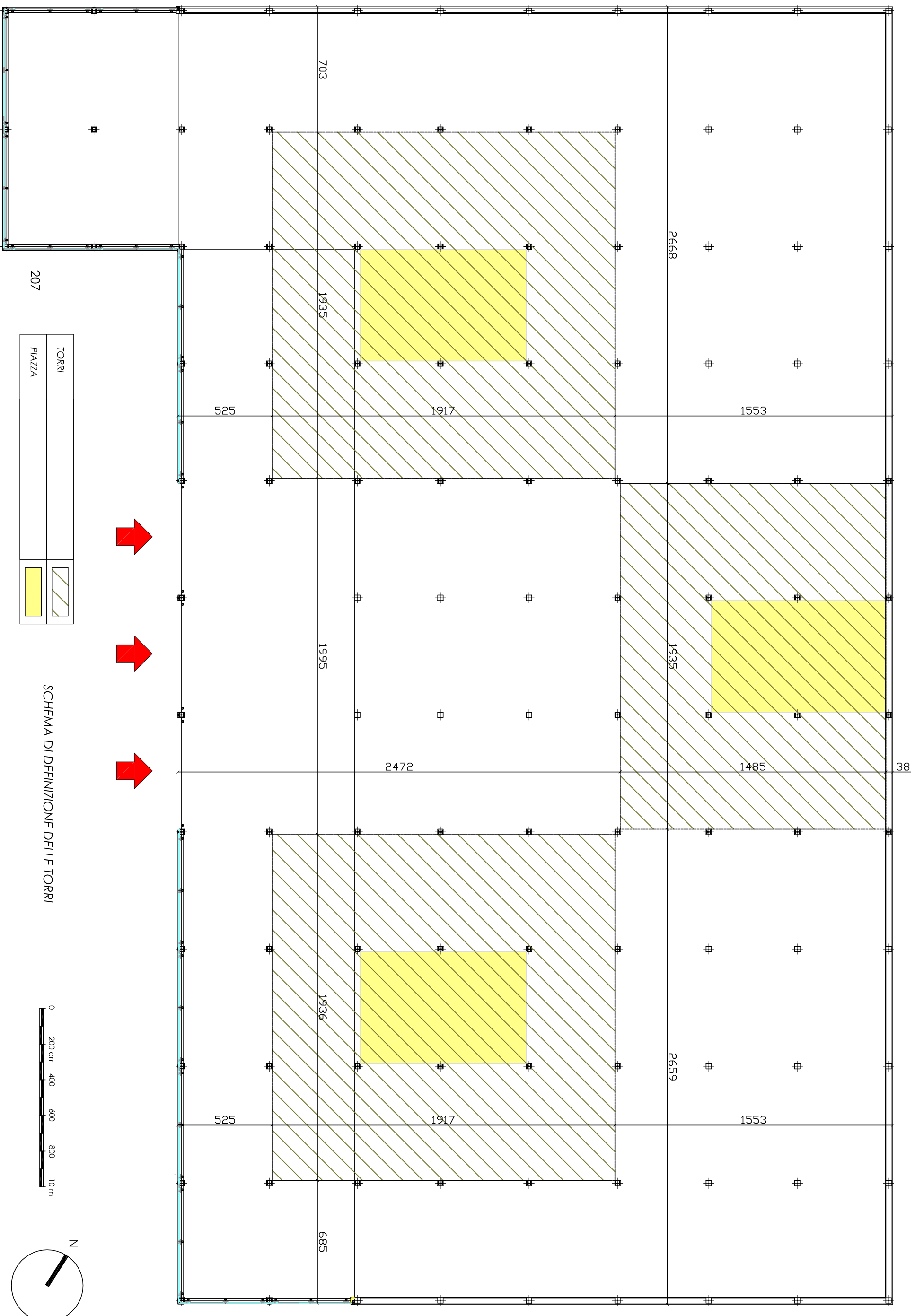




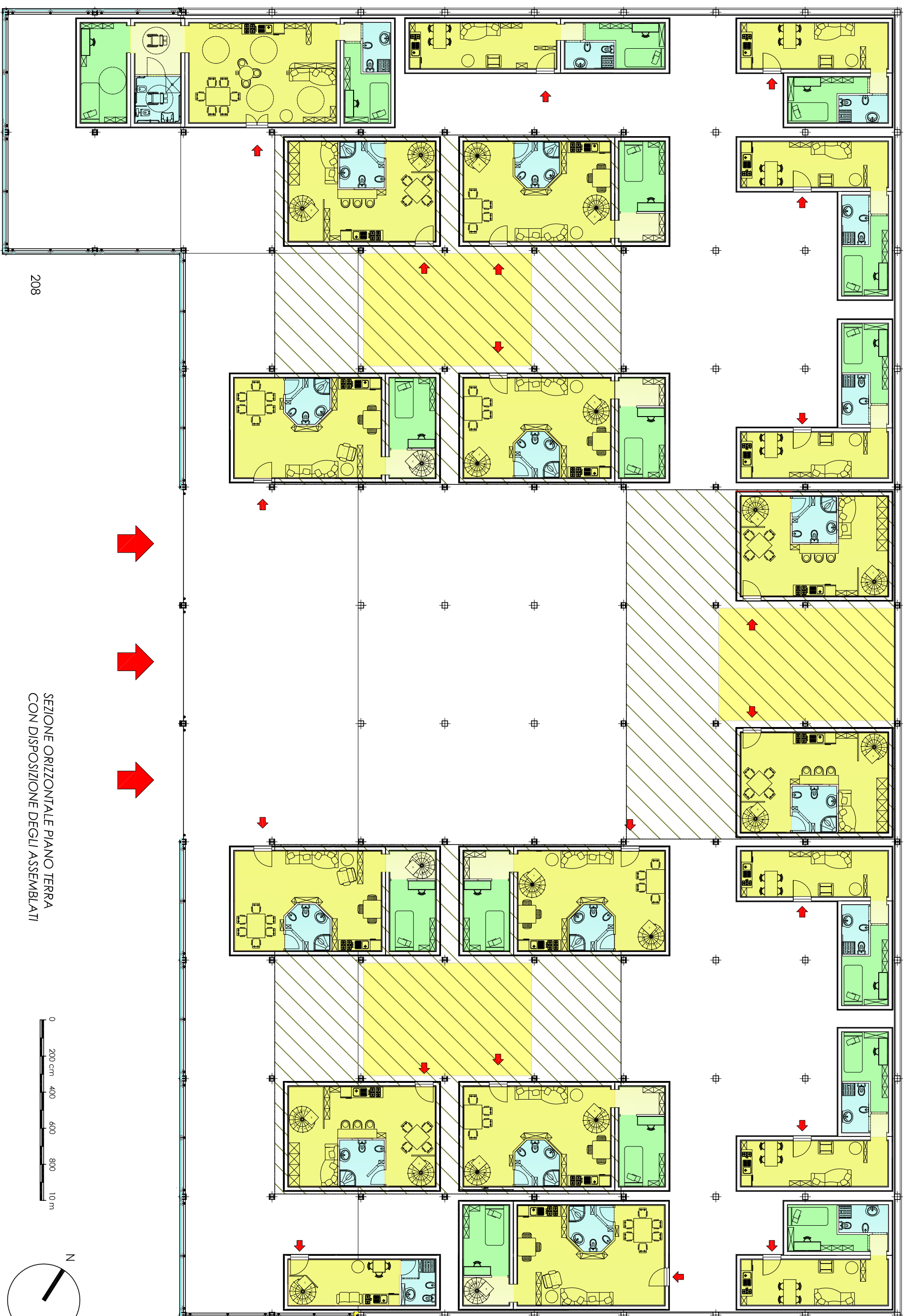
INGRESSO PRINCIPALE	1
SPAZIO FLESSIBILE	
PIAZZA COPERTA	
TORRE COPERTA	

SCHEMA DI DEFINIZIONE DEGLI SPAZI



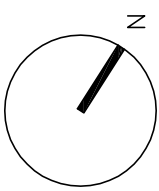


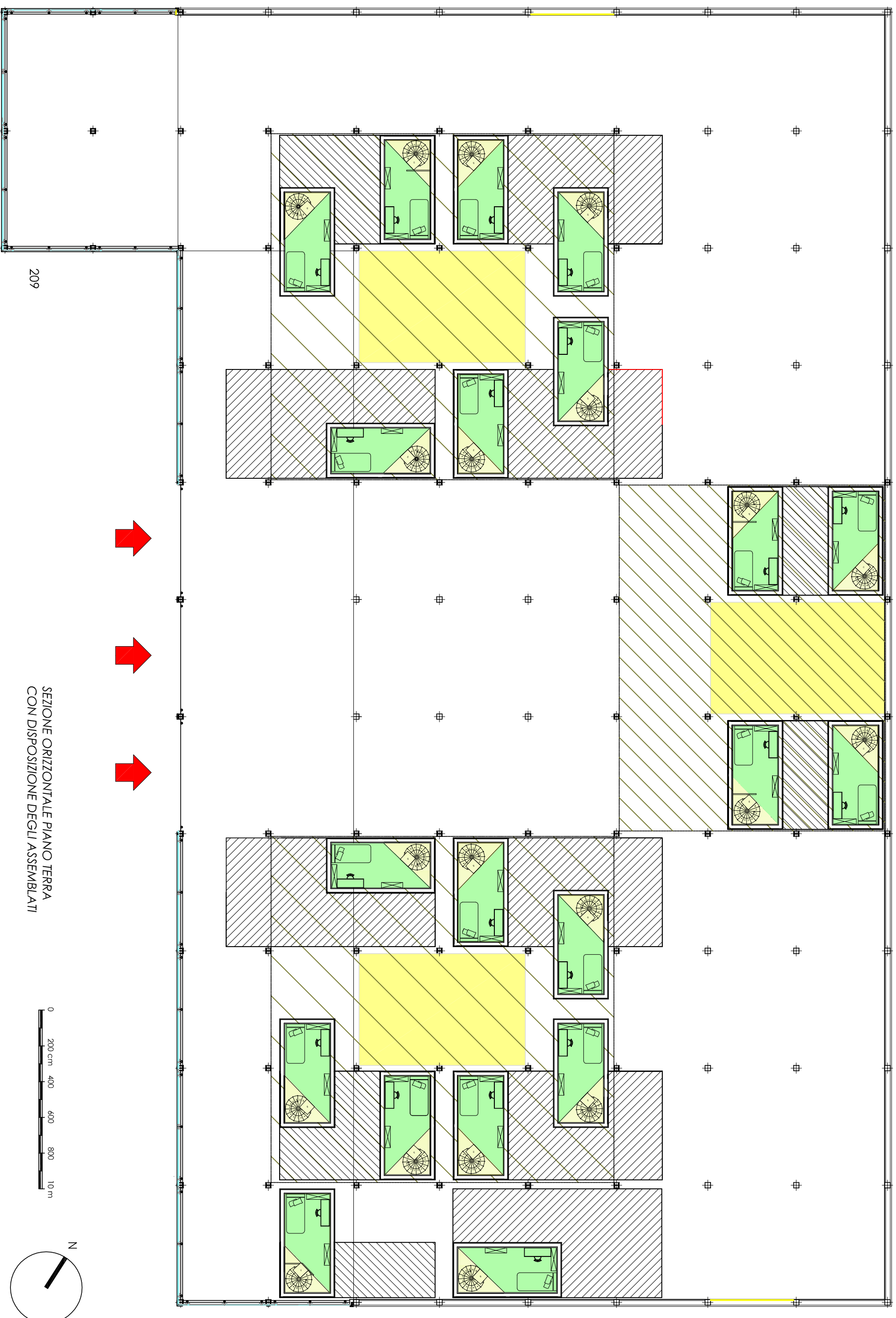
SCHEMA DI DEFINIZIONE DELLE TORRI



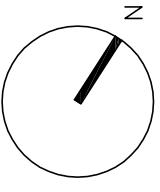
208

SEZIONE ORIZZONTALE PIANO TERRA  
CON DISPOSIZIONE DEGLI ASSEMBLATI





SEZIONE ORIZZONTALE PIANO TERRA  
CON DISPOSIZIONE DEGLI ASSEMBLATI



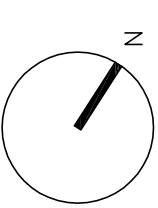


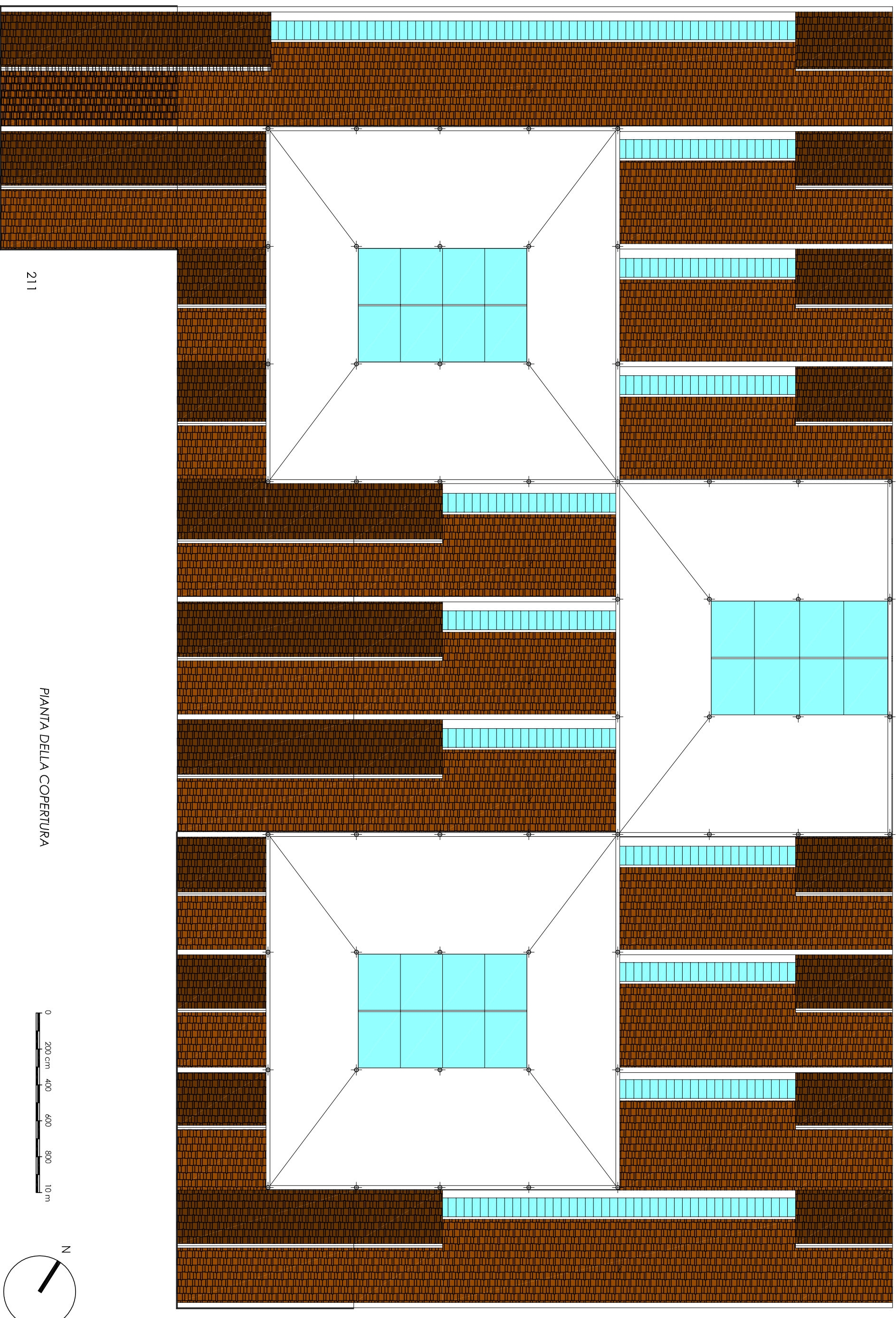
# 7



210

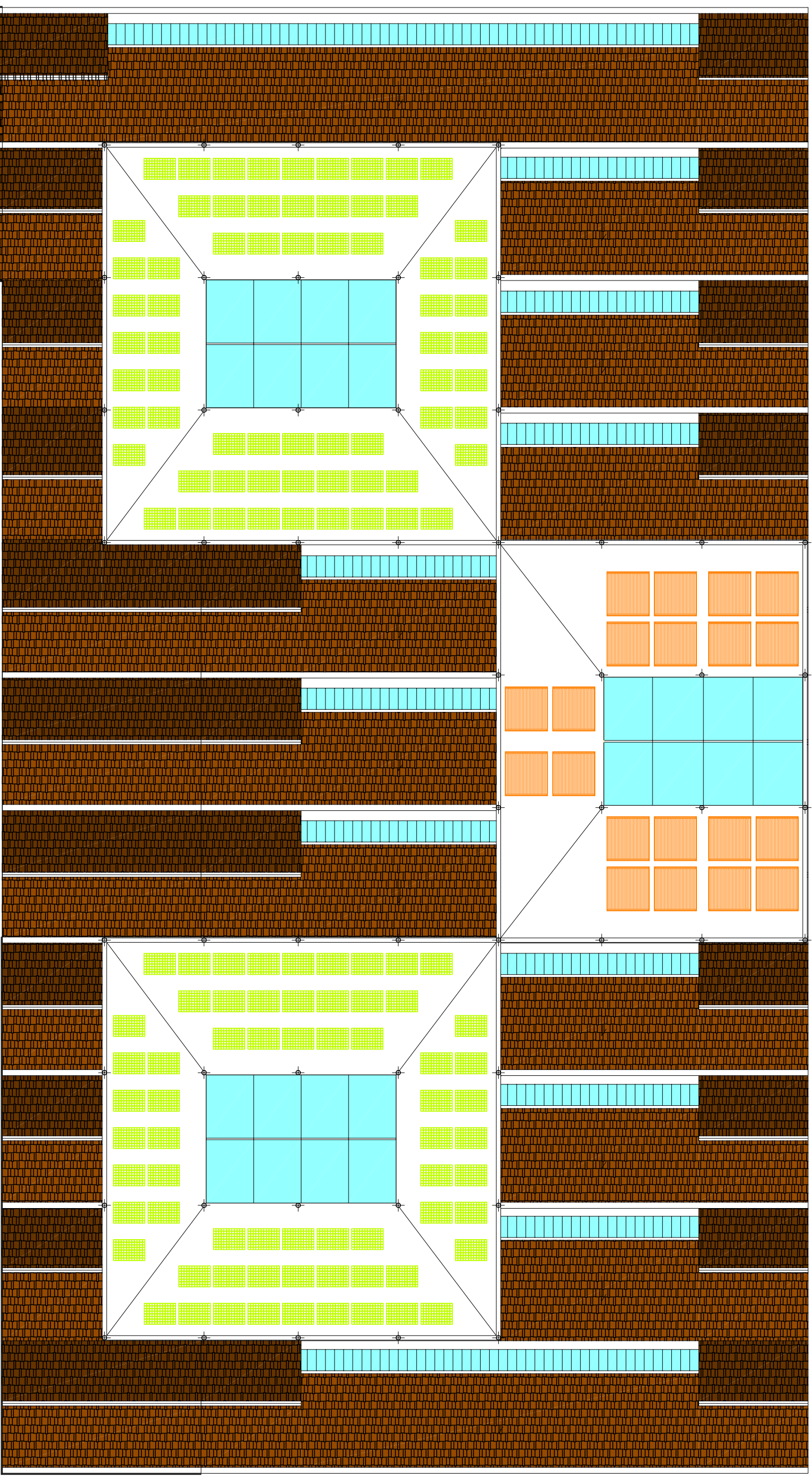
SCHEMA DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI PORTANTI VERTICALI





211

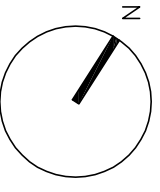
PIANTA DELLA COPERTURA



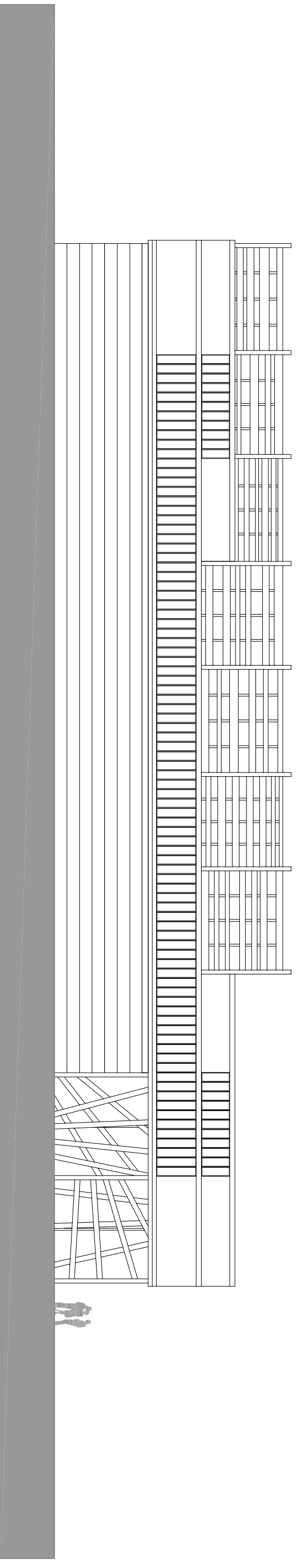
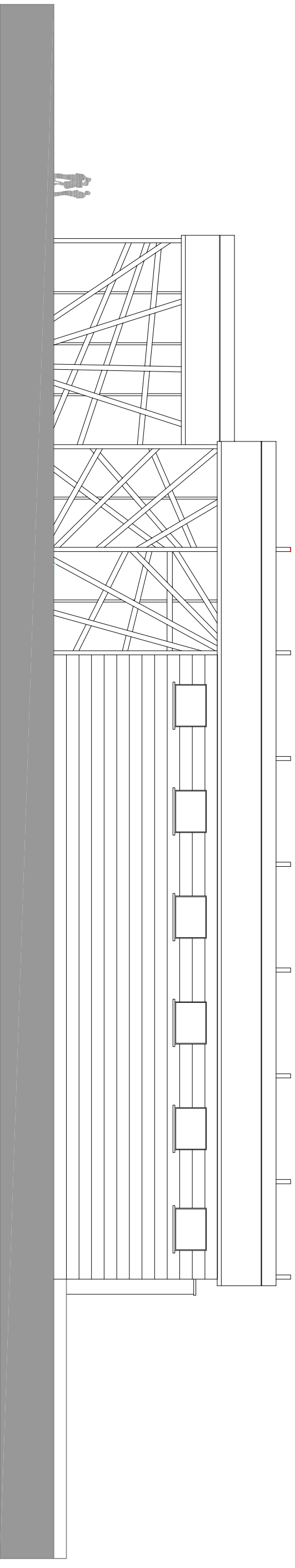
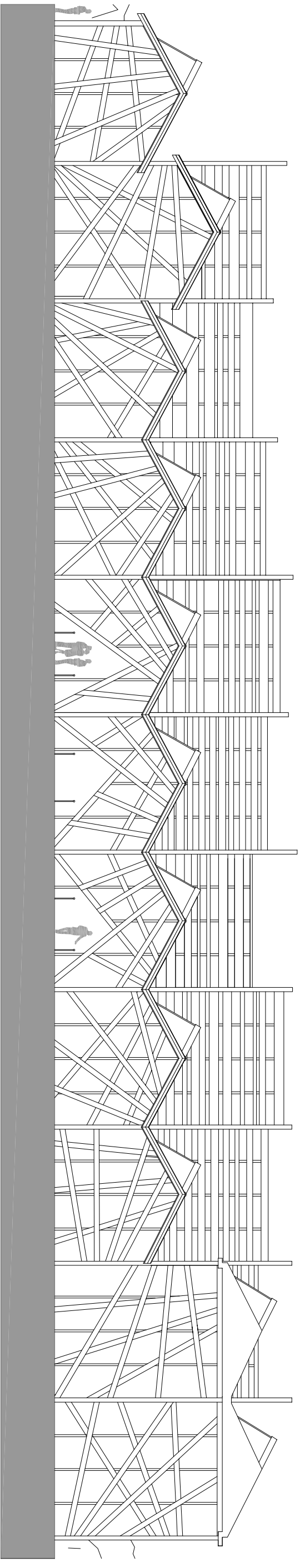
SOLARE TERMICO	
SOLARE FOTOVOLTAICO	

212

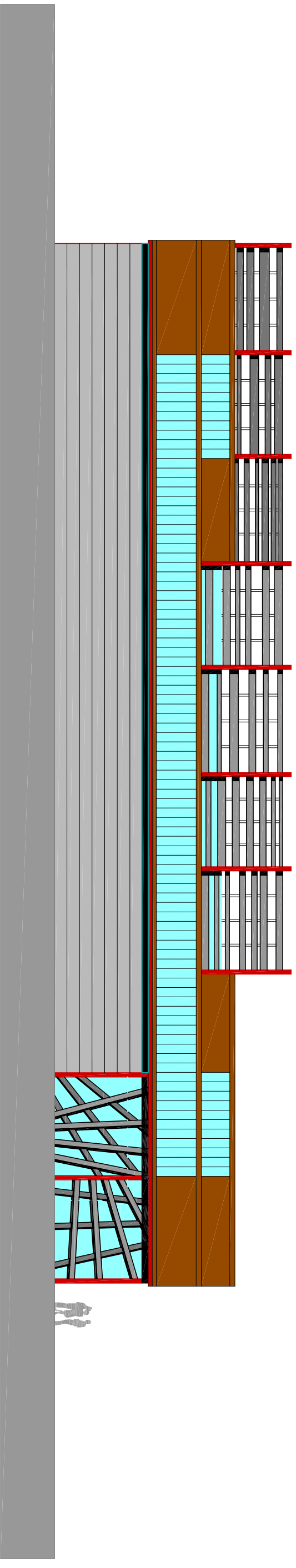
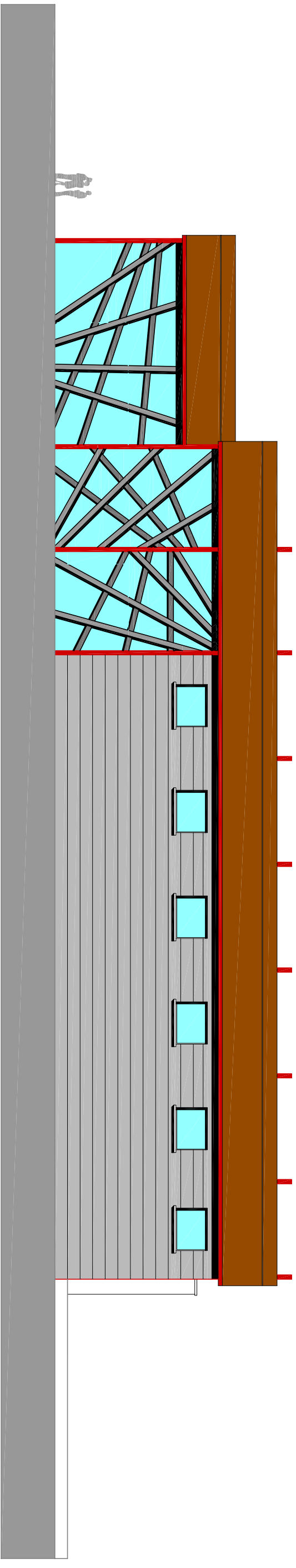
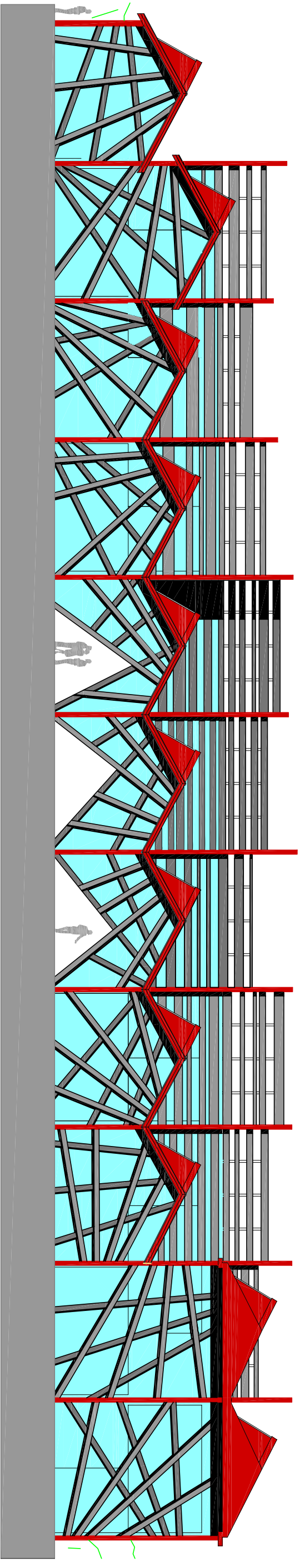
PIANTA DELLA COPERTURA CON DISPOSIZIONE  
DI MASSIMA DEGLI ELEMENTI SOLARI TERMICI  
E FOTOVOLTAICI

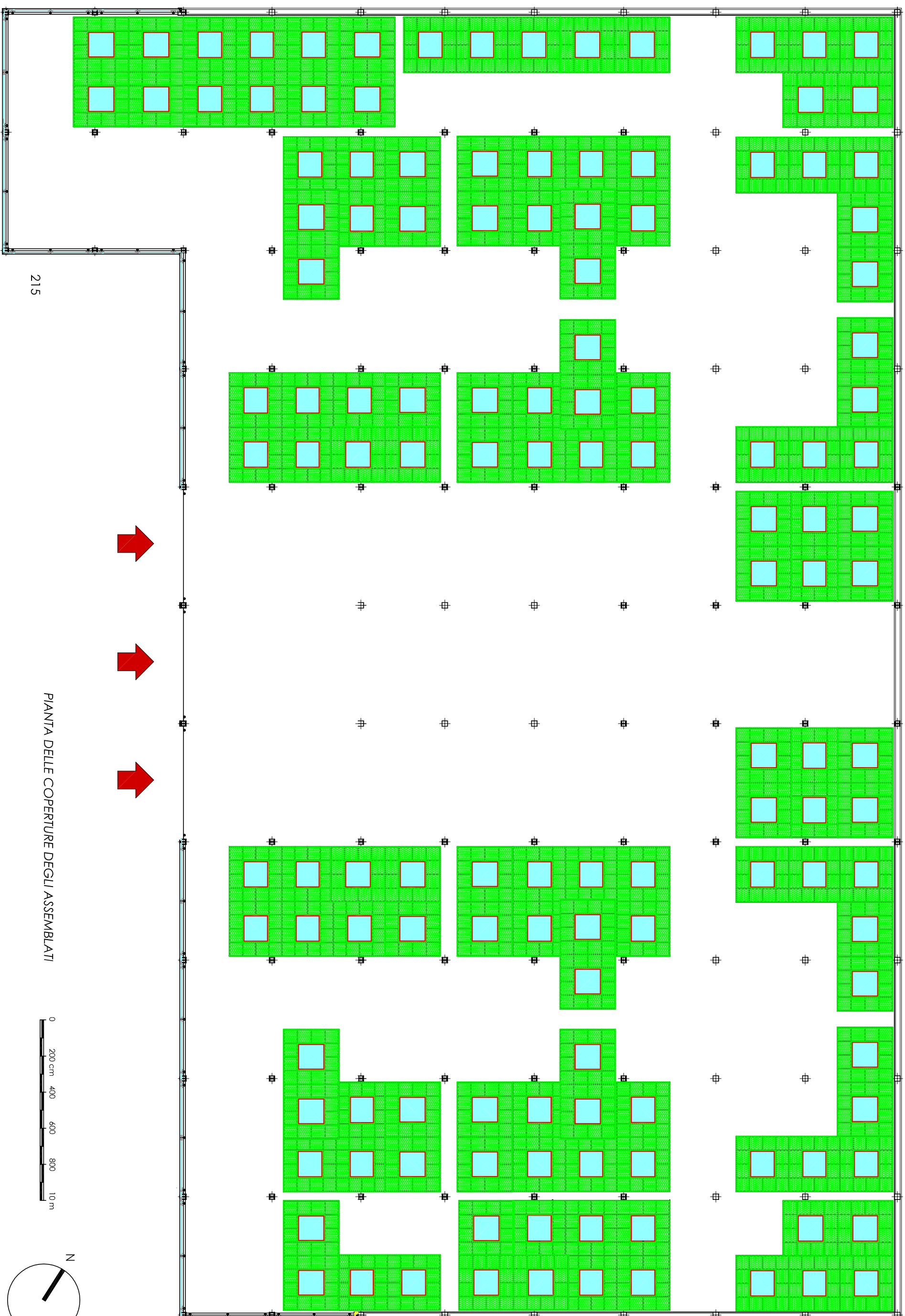


7

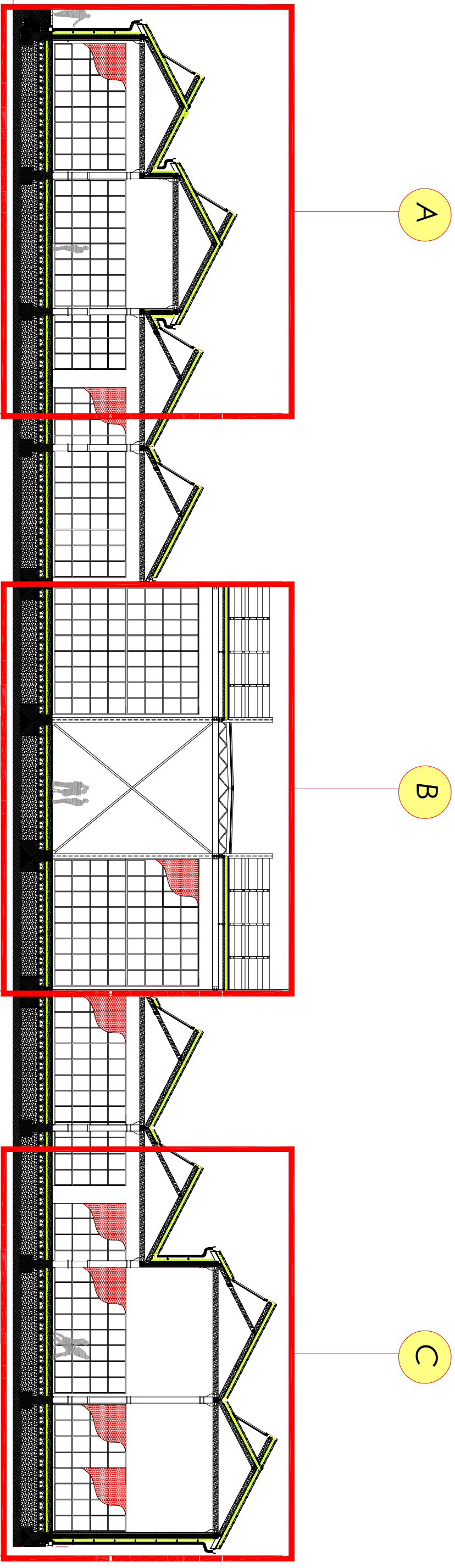


7





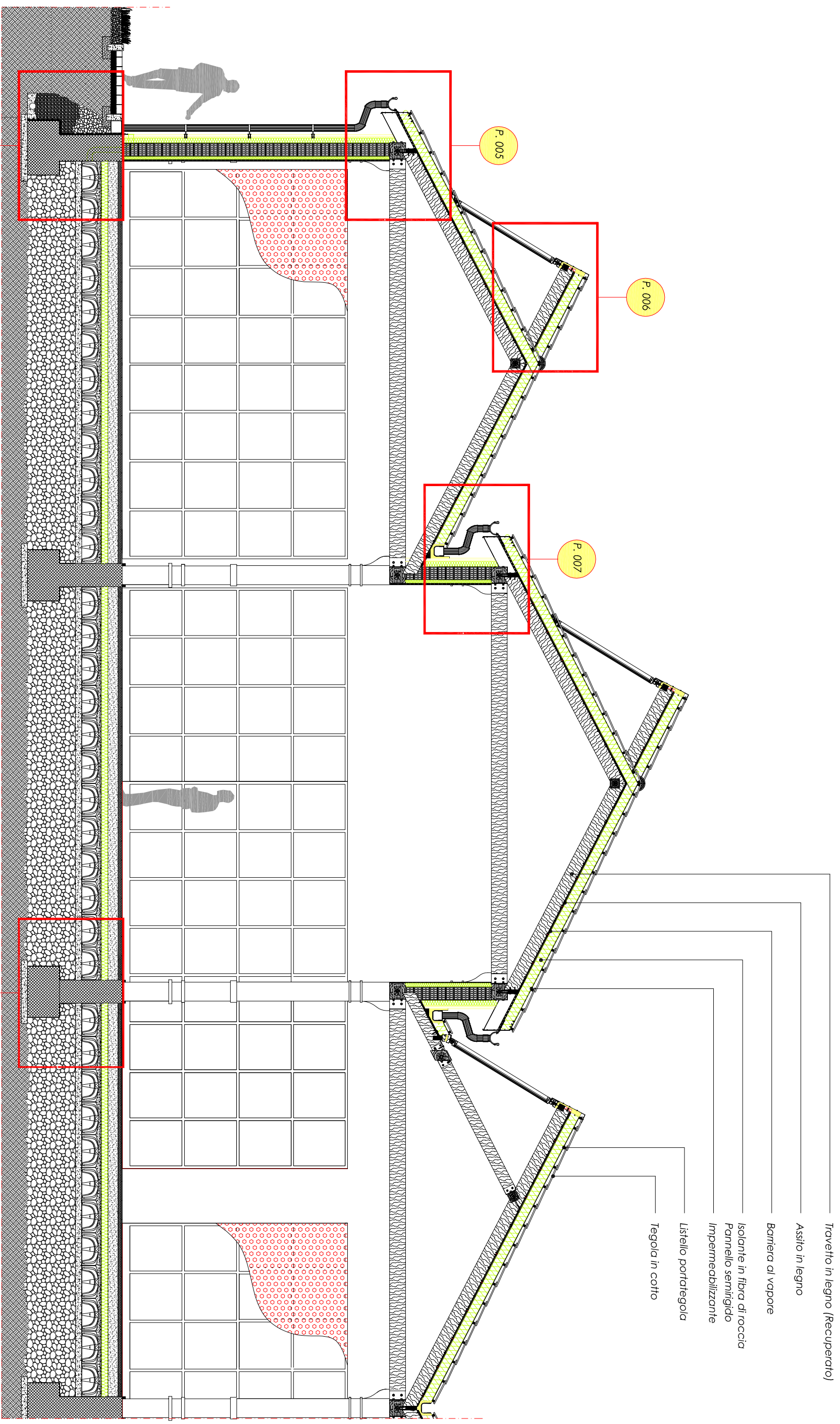
# 6



SEZIONE VERTICALE 7:7

NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunamente verificata nel capitolo 10 - CONFORT IGROTERMICO

NOTA: le strutture sono verificate nel capitolo 13 - ANALISI STRUTTURALE



Travetto in legno (Recuperato)

Assito in legno

Barriera al vapore

Isolante in fibra di roccia

Pannello semirigido

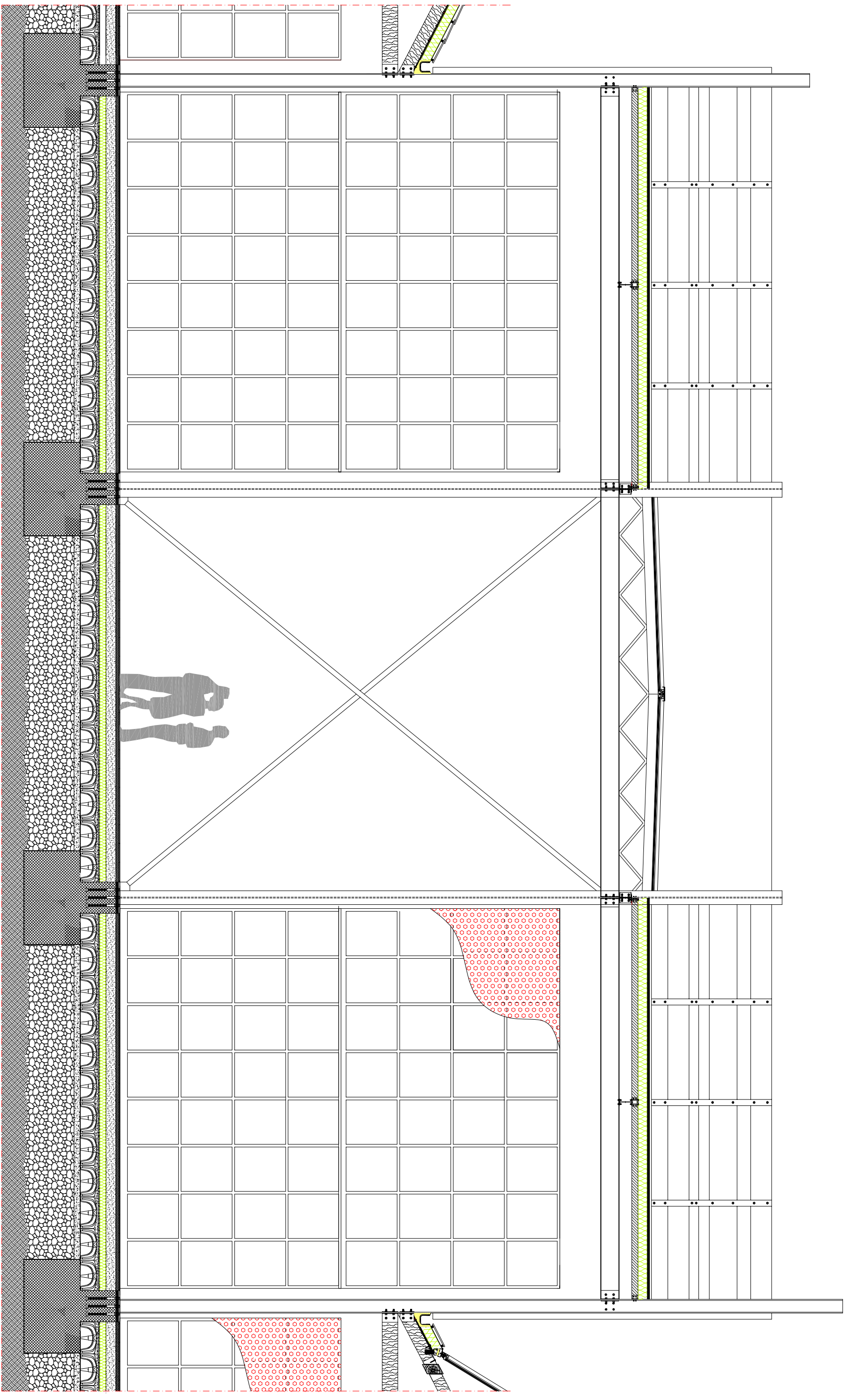
Impermeabilizzante

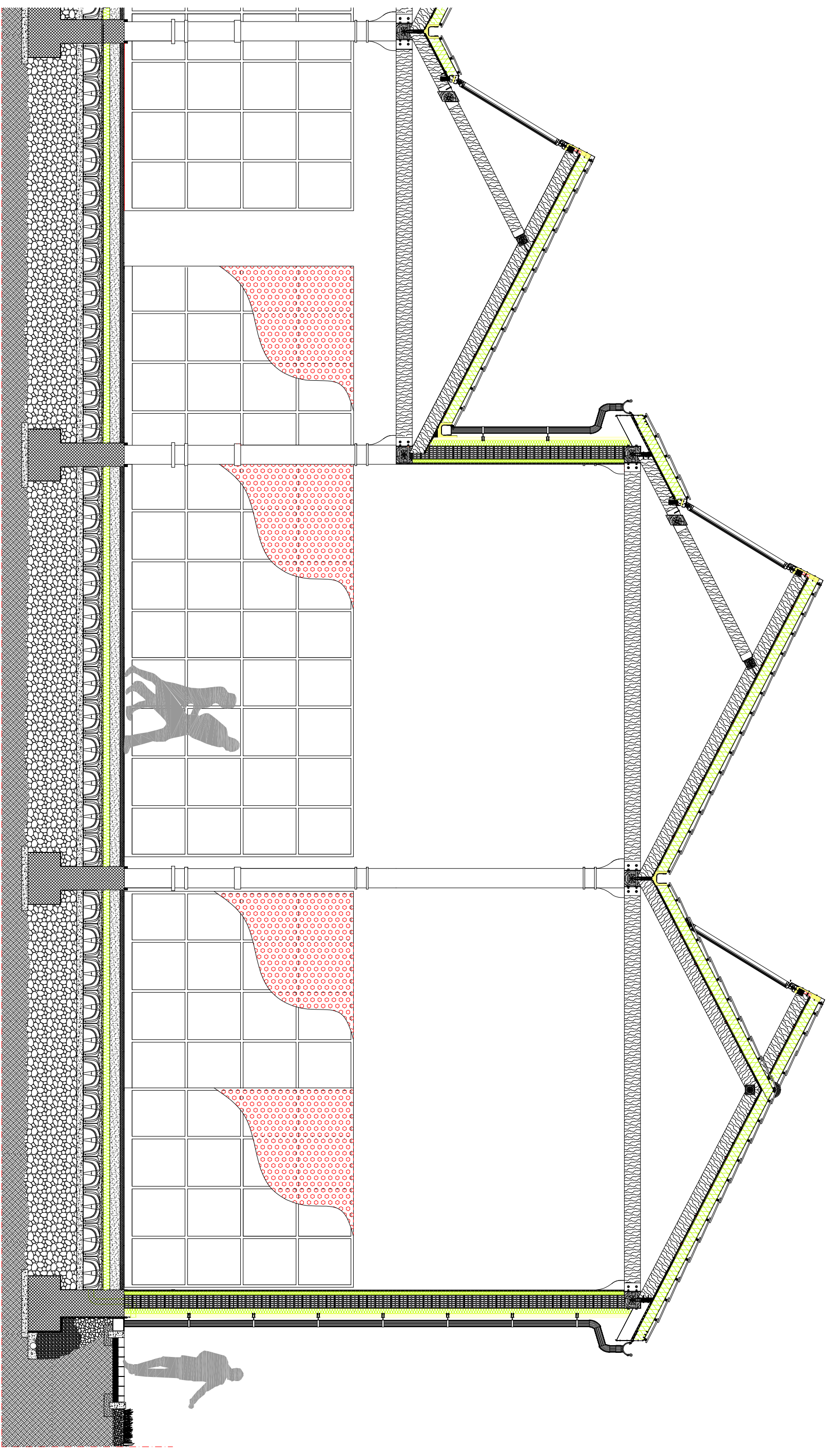
Listello portategola

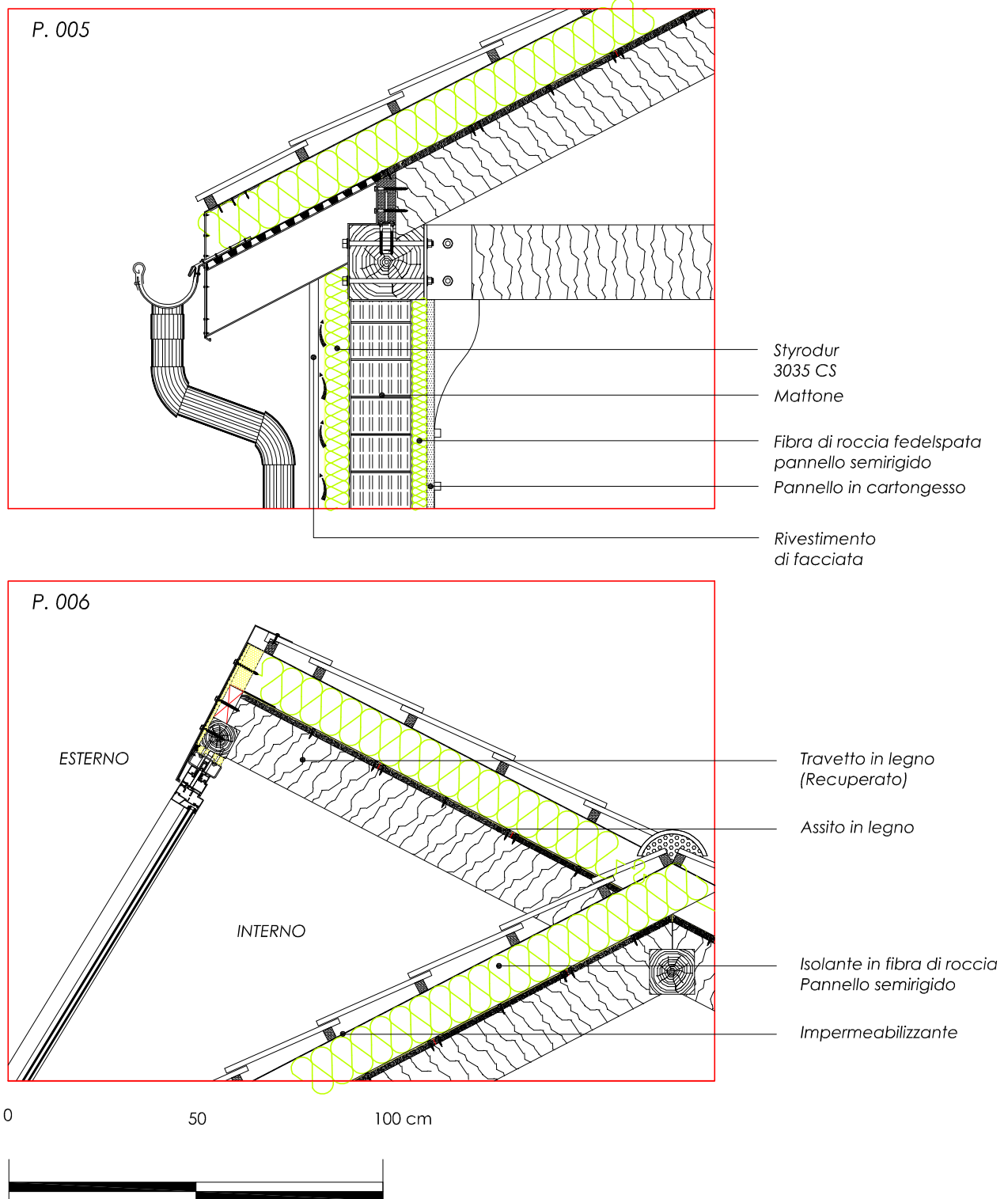
Tegola in cotto



# 6



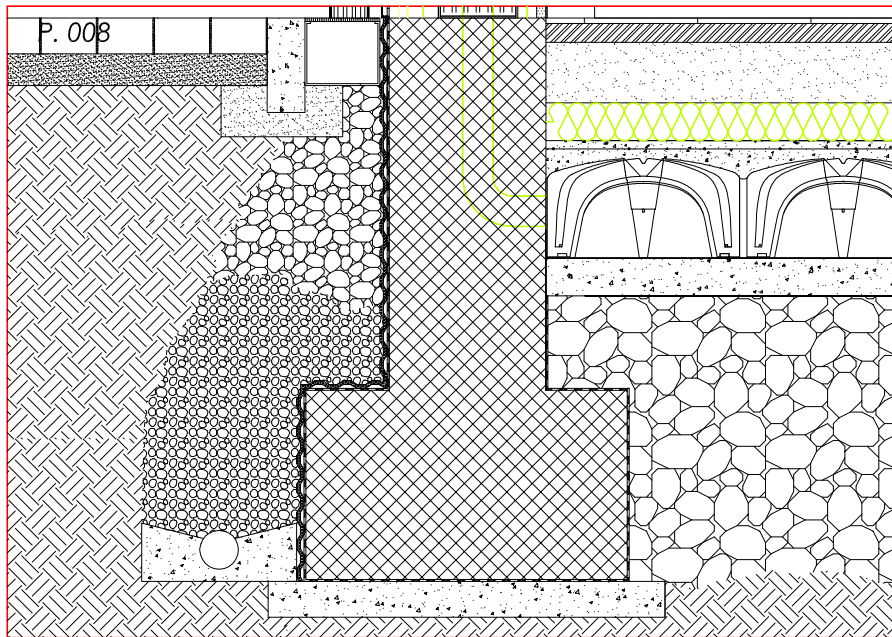
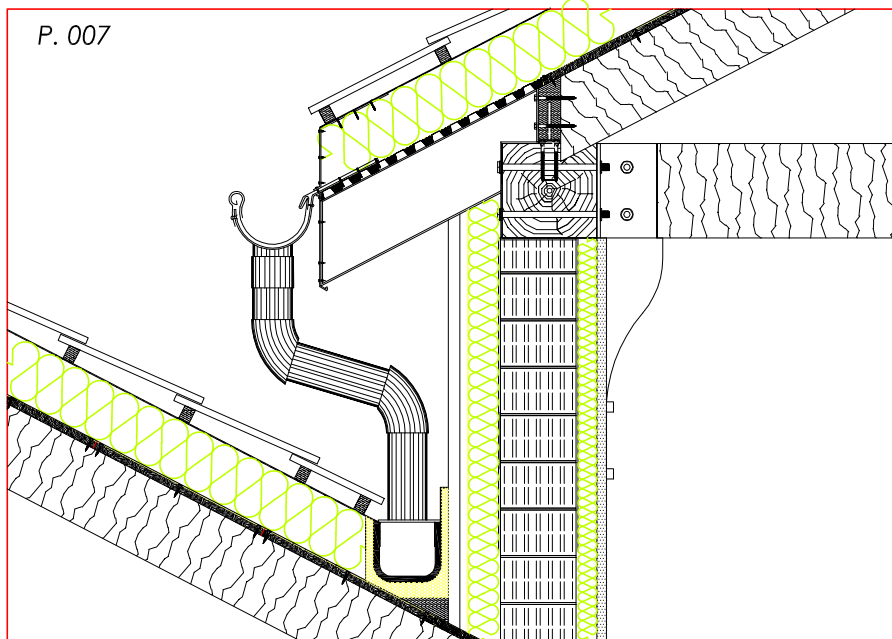




PARTICOLARE COSTRUTTIVO P 005 - P 006

NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunemente verificata nel capitolo 10 - CONFORT IGROTERMICO

7



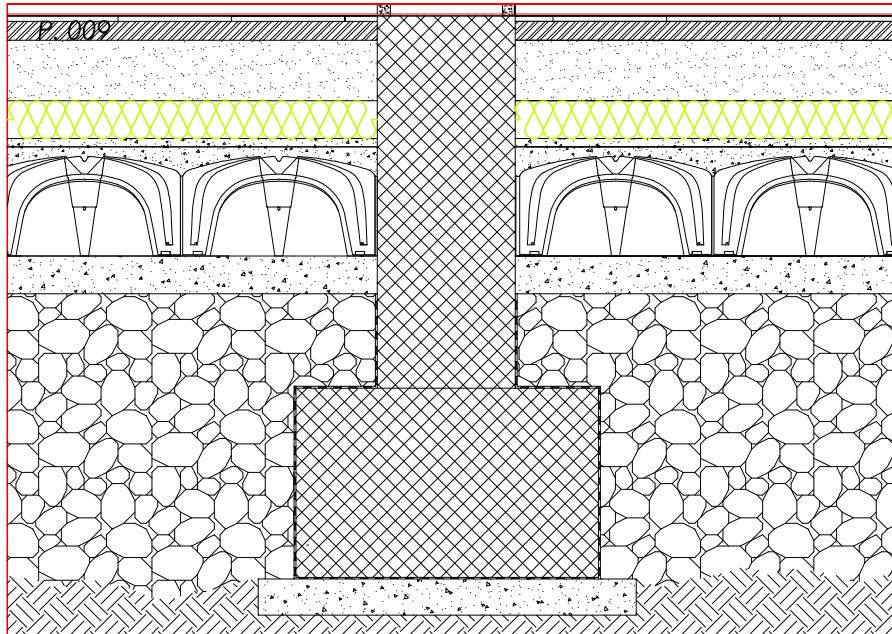
0 50 100 cm



PARTICOLARE COSTRUTTIVO P 007 - P 008

NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunamente verificata nel capitolo 10 - CONFORT IGROTERMICO

7



0 50 100 cm

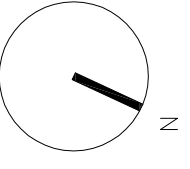


PARTICOLARE COSTRUTTIVO P 009

NOTA: la stratigrafia adottata è stata opportunamente verificata nel capitolo 10 - CONFORT IGROTERMICO

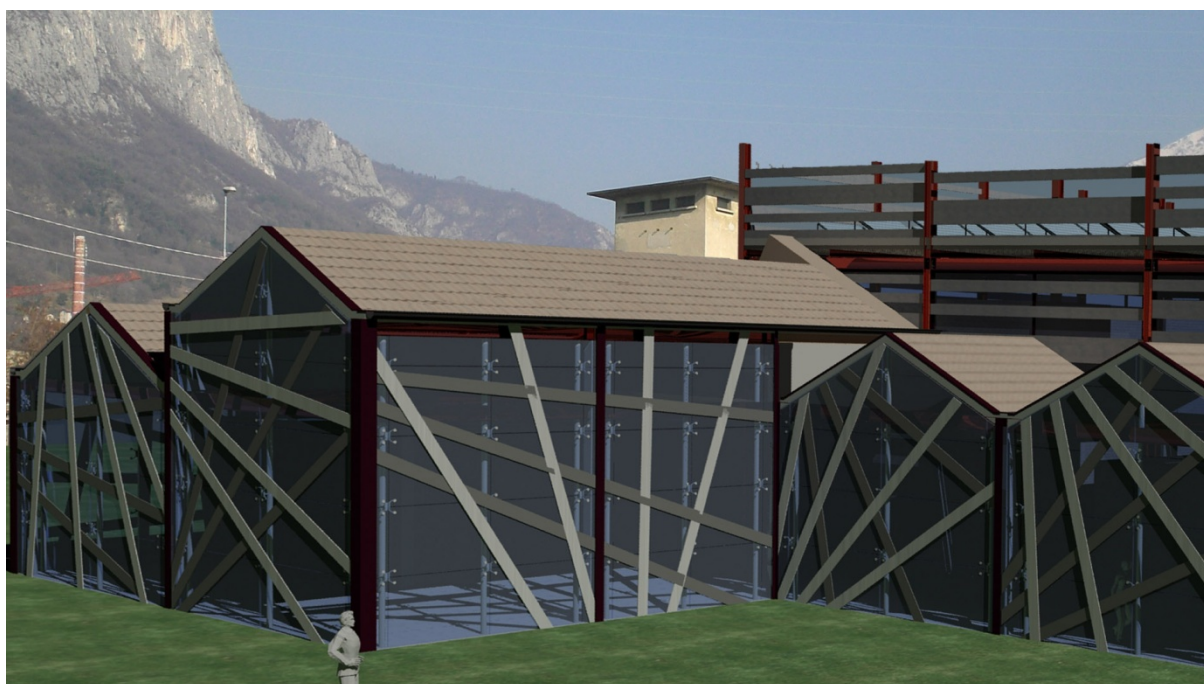


PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO DELL'AREA EX FAINI

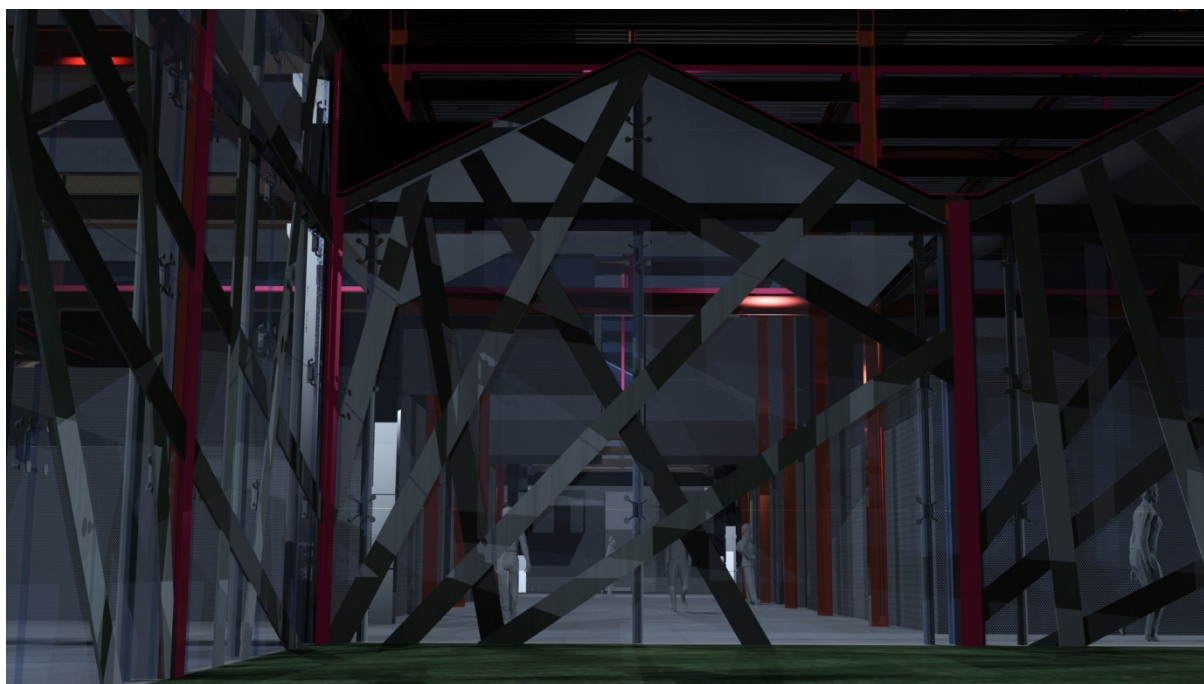




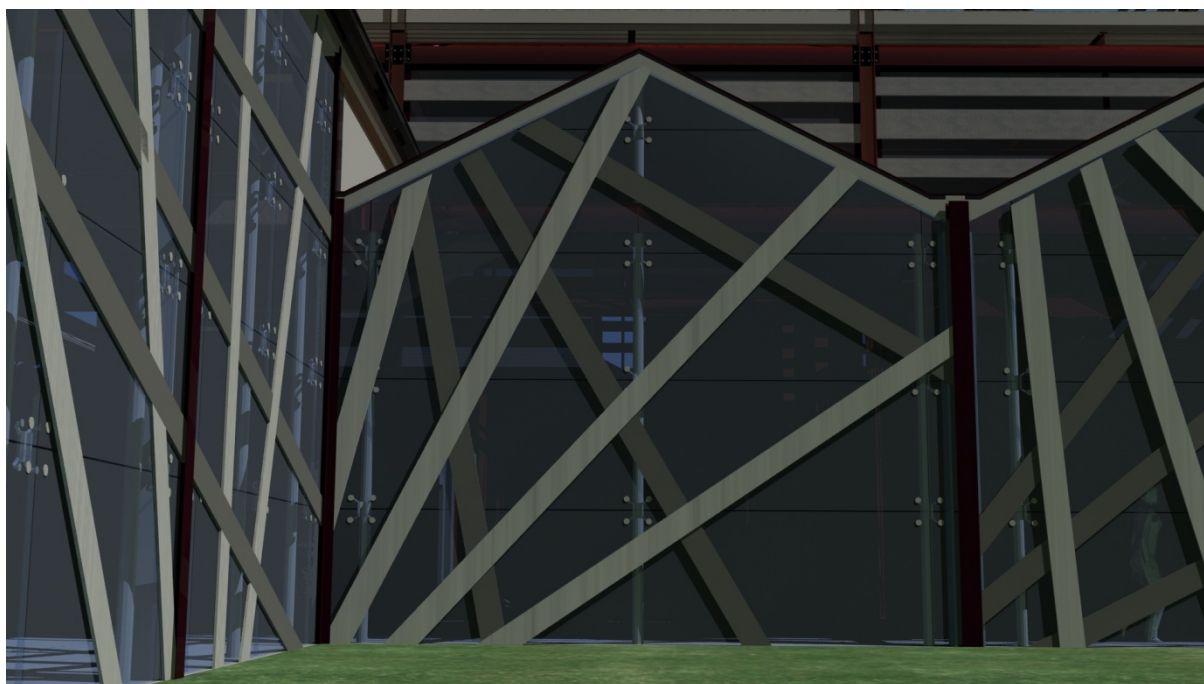
(Fotografia dello stato di fatto - Ore 13.00)



(Inserimento fotografico dello stato di progetto - Ore 13.00)

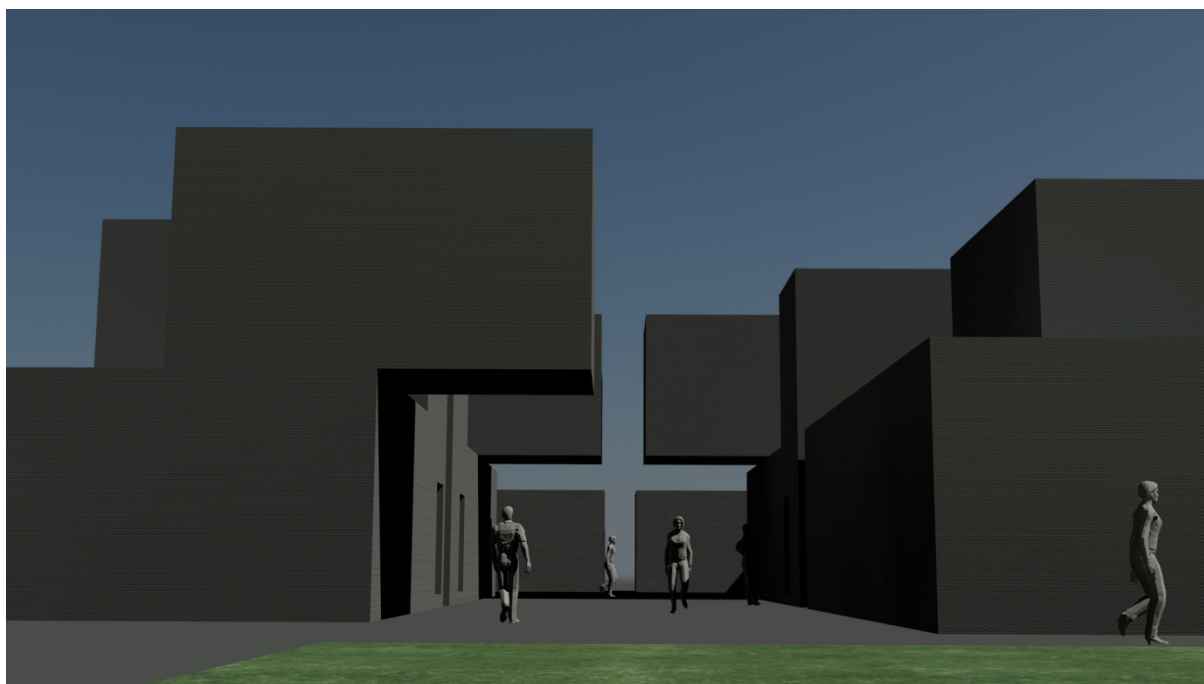


(Renderizzazione notturna della terza campata)

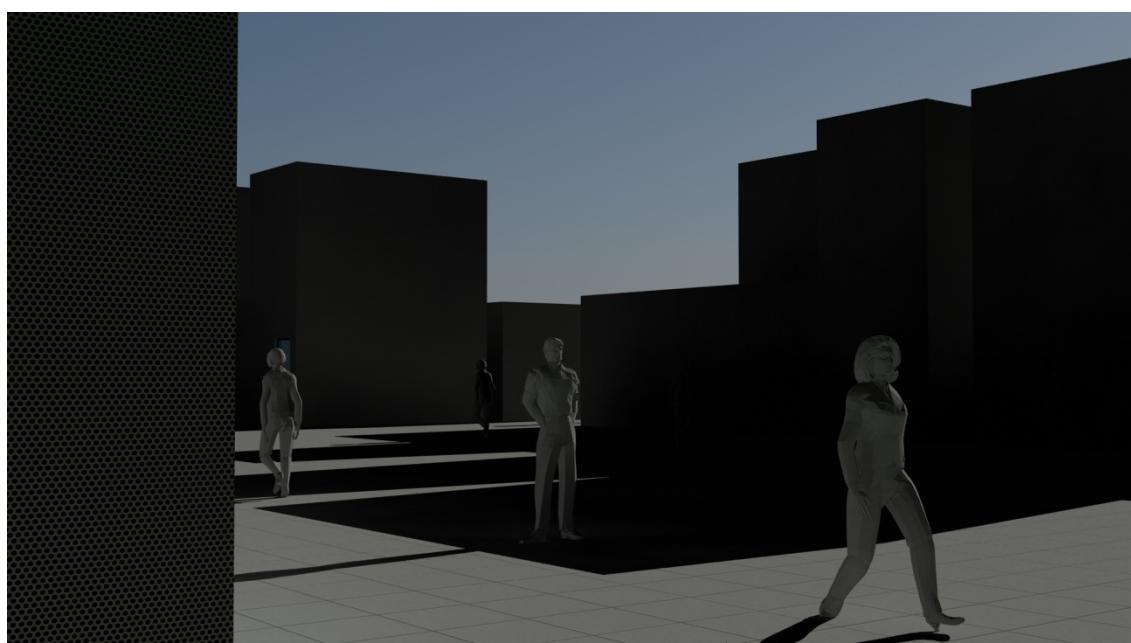


(Renderizzazione diurna della terza campata)

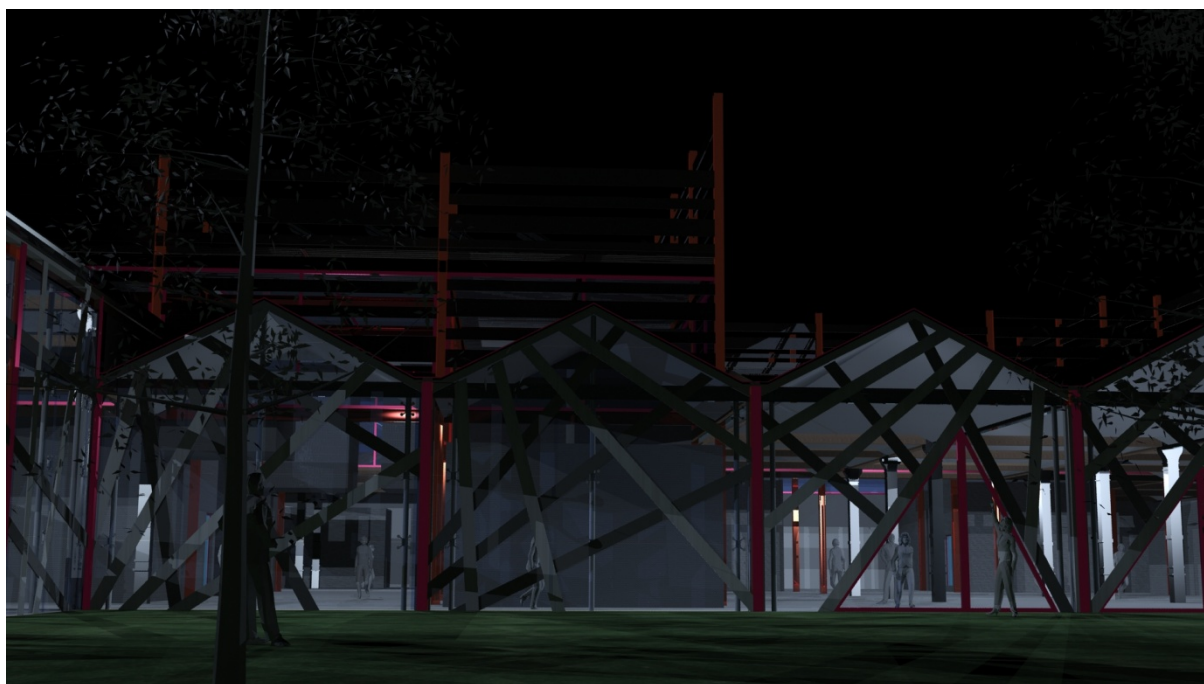




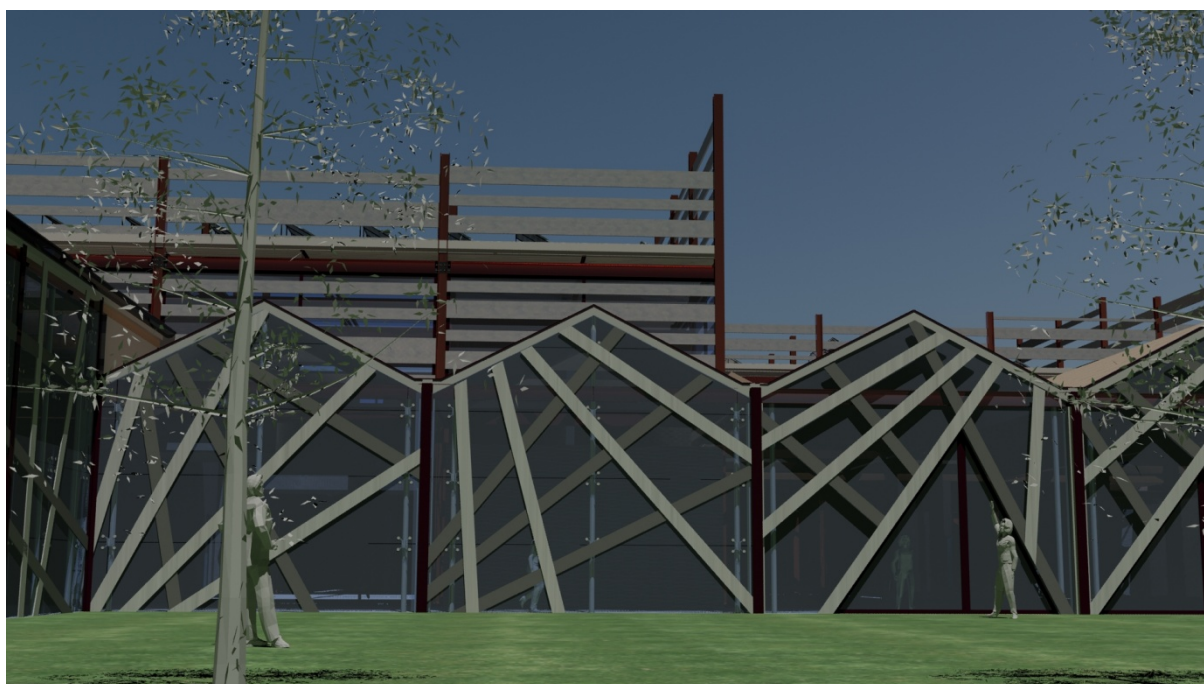
(Disposizione dei moduli sulla terza campata)



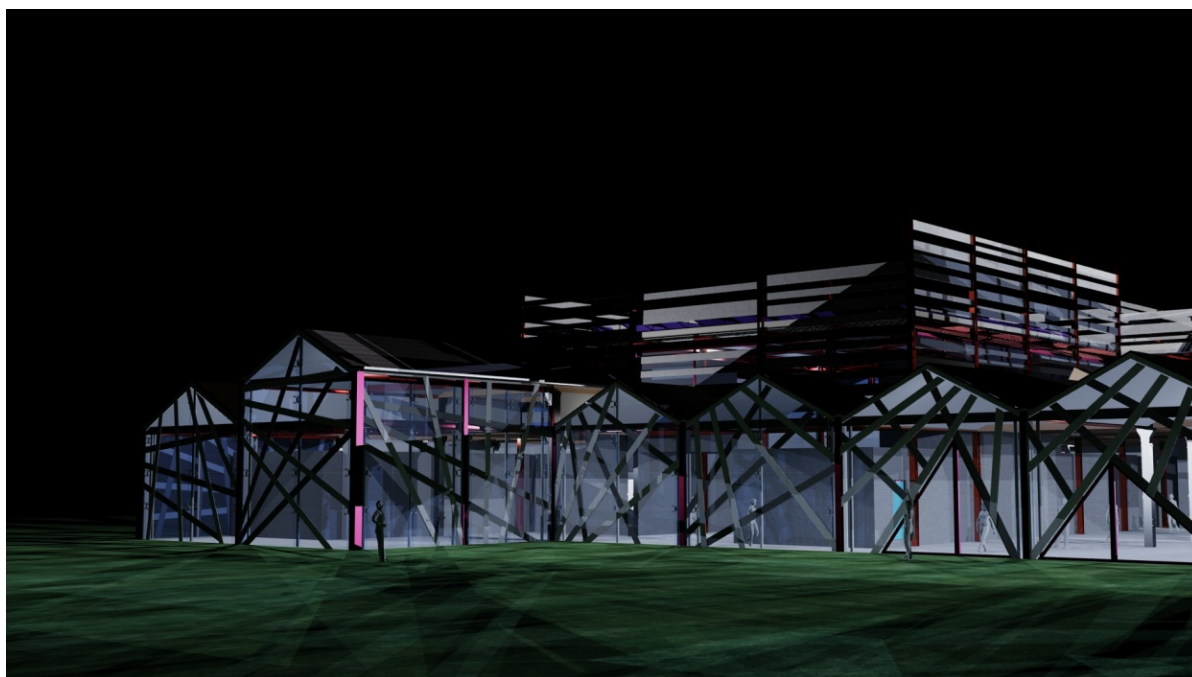
(Scorcio della dislocazione dei moduli interni)



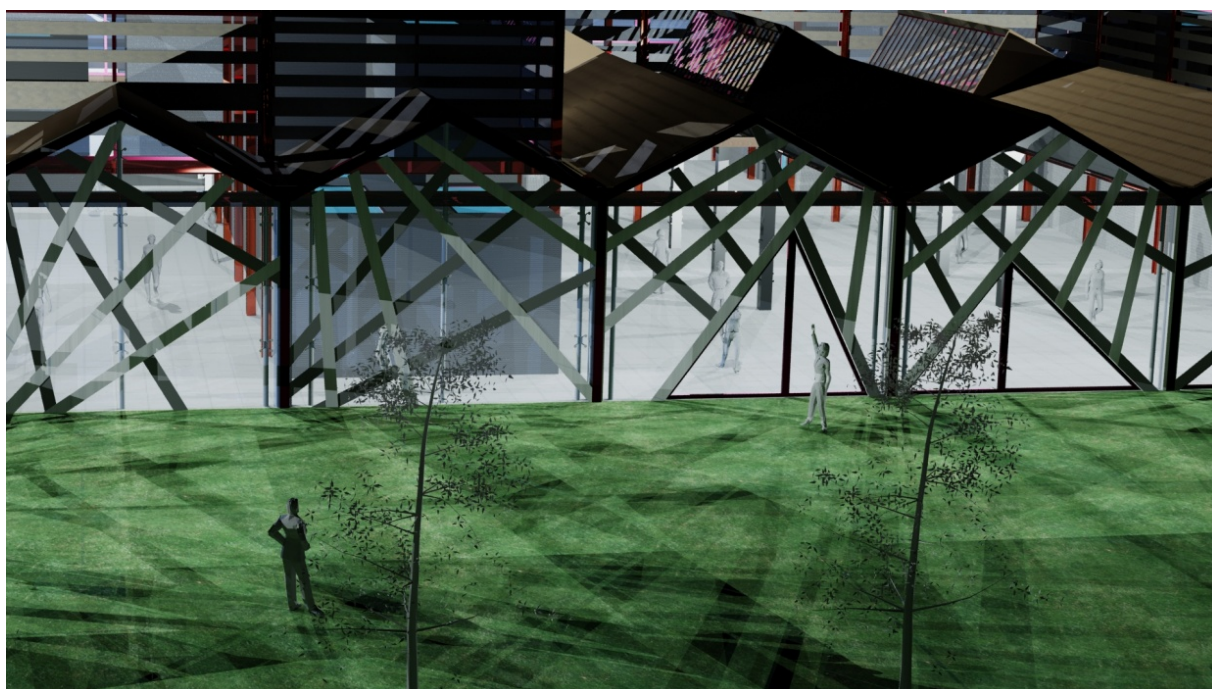
(Renderizzazione della visione notturna)



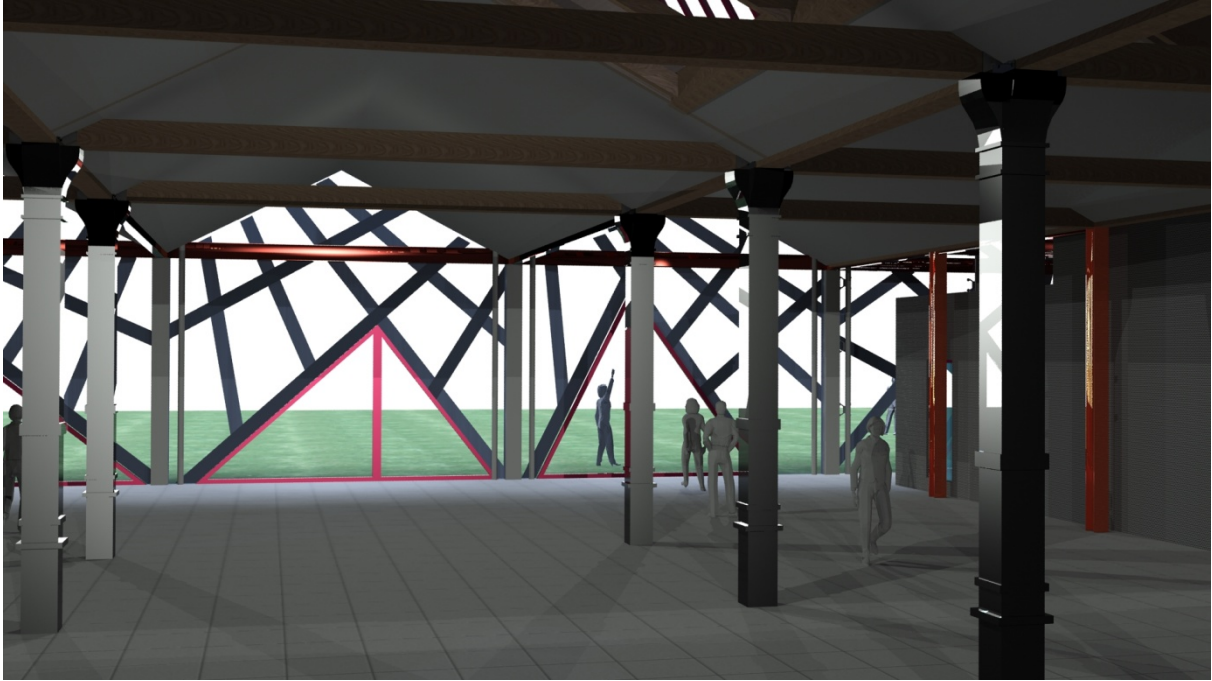
(Renderizzazione della visione diurna)



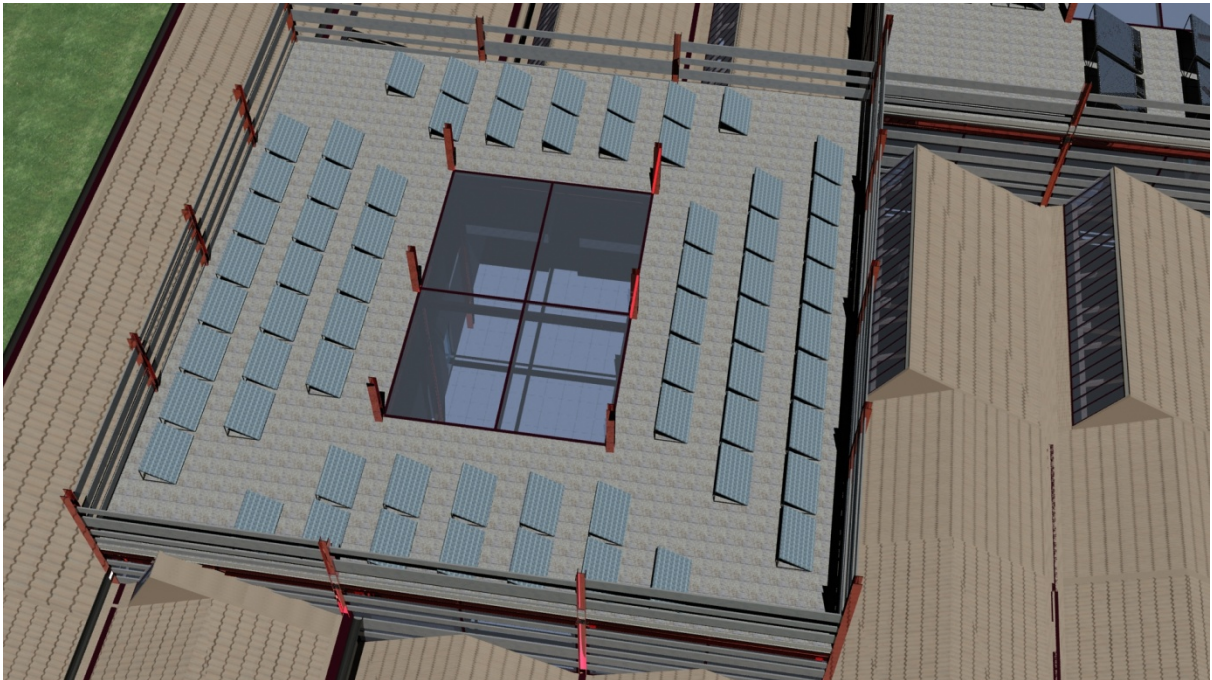
(Renderizzazione notturna)



(Dettaglio notturno della facciata in progetto)

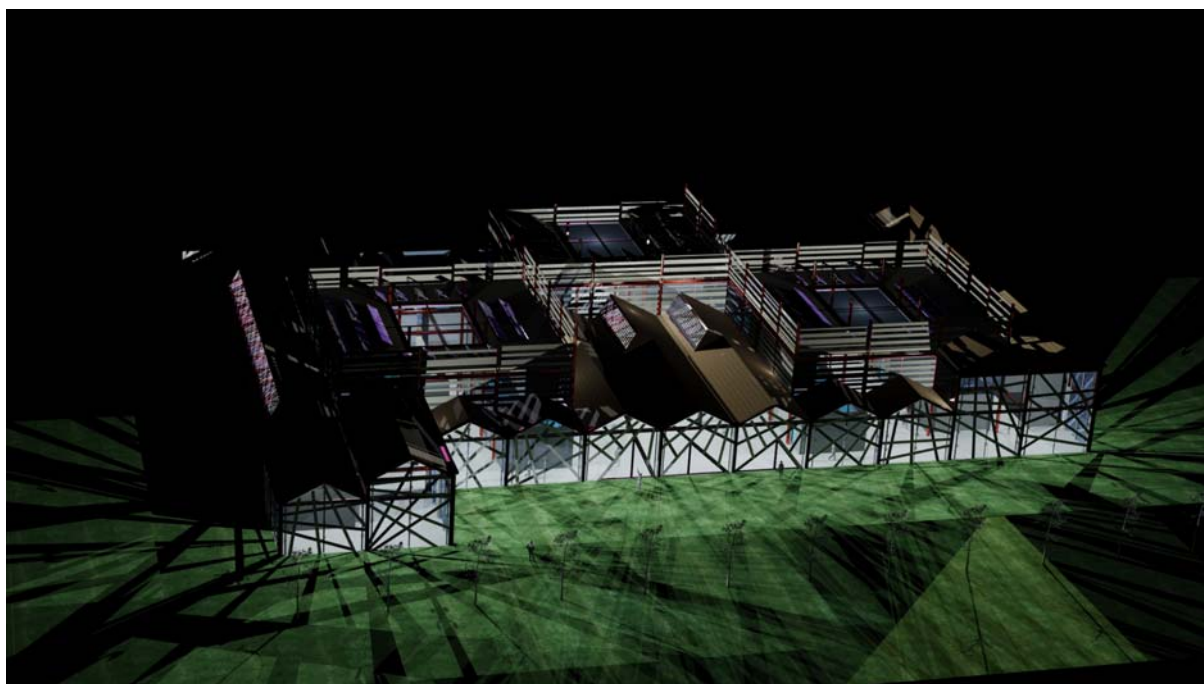


(Renderizzazione interna)

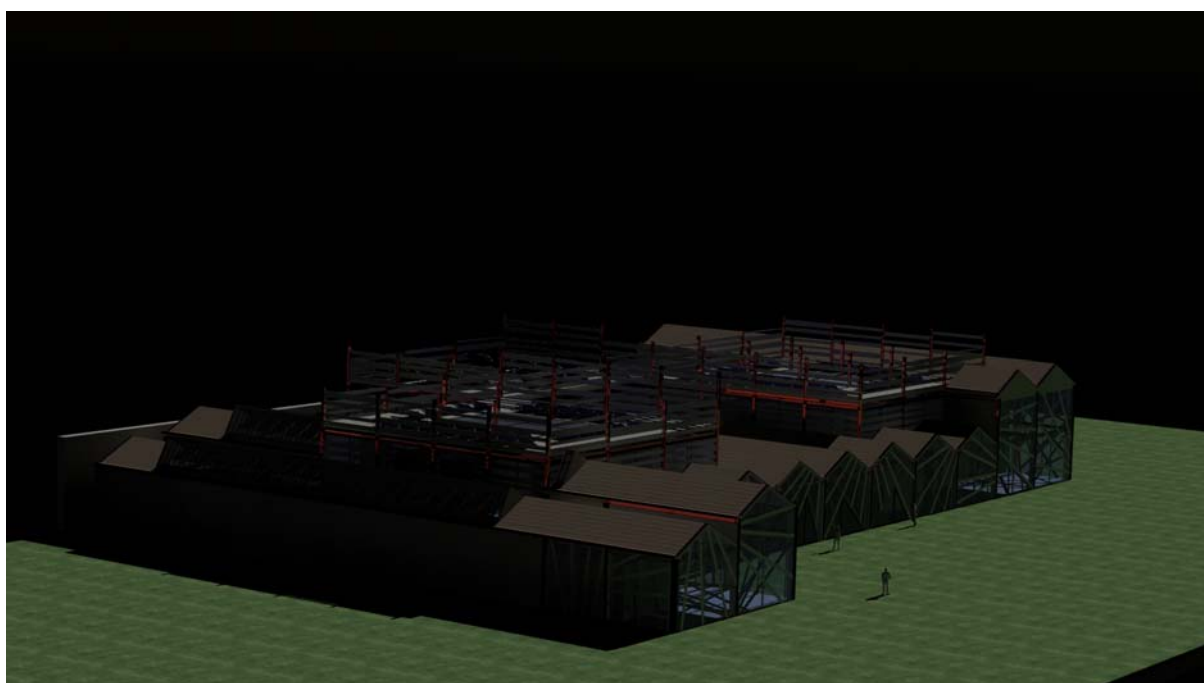


(Renderizzazione della torre con dislocazione dei moduli fotovoltaici)

7



(Renderizzazione di insieme del complesso)



(Renderizzazione di insieme del complesso)

*"Ci sono troppe idee da realizzare; ho bisogno più di una sola altra vita."*

*Norman Foster*

---



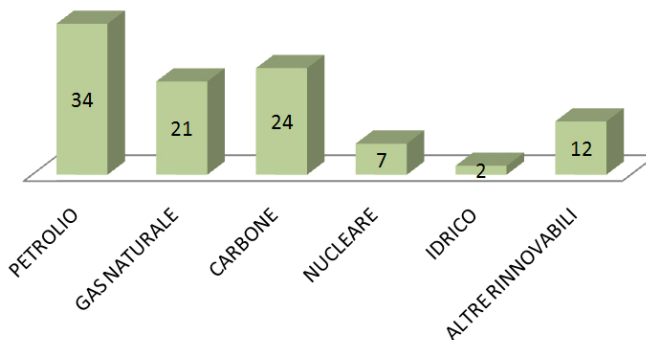
∞ INTRODUZIONE – IL FABBISOGNO ENERGETICO

**ENERGIA E CONSUMI**

La quantità di energia consumata ogni giorno a livello mondiale, attualmente, è pari a circa: 10 milioni di tonnellate di petrolio, 12,5 milioni di tonnellate di carbone e 7,5 miliardi di metri cubi di gas.

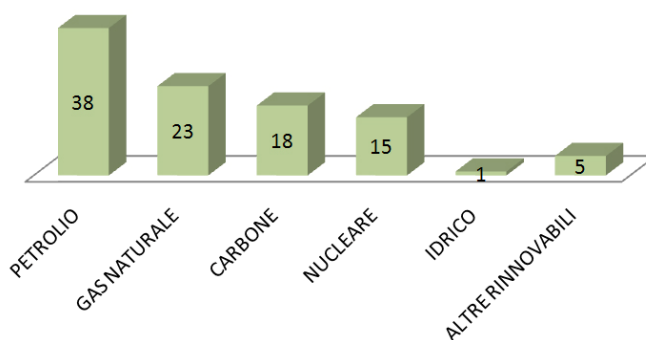
Circa l'80% del consumo energetico mondiale viene soddisfatto con l'utilizzo di energia fossile e il ricorso alle energie rinnovabili copre solamente il 12%.

**Consumo di Energia Mondo = 443 EJ**



CONSUMO DI ENERGIA NEL MONDO (ANNO 2008)

**Consumo di Energia UE25 = 73 EJ**



CONSUMO DI ENERGIA IN EUROPA A 25 PAESI (ANNO 2008)

**8**

Se vogliamo un futuro sostenibile dobbiamo dunque risparmiare energia sfruttando per quanto possibile le fonti rinnovabili.

La ricetta vincente potrebbe essere quella di:

- Sfruttare ogni possibile risparmio energetico;
- Ridurre il ricorso a fonti energetiche inquinanti;
- Utilizzare al massimo, e dunque potenziare, le energie pulite e rinnovabili, rispettando la sopportabilità e i tempi di auto generazione della natura.

Quanto dureranno ancora le riserve di petrolio? A questa domanda hanno cercato di rispondere due compagnie petrolifere. Secondo BP dureranno ancora per 36 anni, la SHELL e l'Agencia Internazionale per le Energie prevedono 46 anni. Le opinioni sono dunque diverse e divergenti.

La maggior parte delle stime indica un periodo tra i 20 e i 50 anni.

Subito dopo il petrolio, il gas è la fonte energetica più ambita al mondo.

Dobbiamo prepararci ad un periodo in cui le fonti energetiche di origine fossile diventeranno sempre più care e meno disponibili. Quanto prima iniziamo a fare a meno di queste, tanto meno drammatiche saranno le conseguenze.

Potremmo pensare all'energia atomica, purtroppo questa non è l'alternativa, le ragioni sono la limitatezza dei giacimenti di uranio e il problema dello smaltimento delle scorie radioattive. Inoltre non irrilevante è il pericolo rappresentato da un sempre più attivo terrorismo internazionale e dunque legato alla sicurezza degli impianti e dei trasporti di materiali radioattivi.

**COSTI ENERGETICI**

Prima della crisi energetica del 1973, un barile di petrolio greggio costava meno di un dollaro. Tali prezzi, molto bassi dell'energia degli anni 60-70 hanno consentito la costruzione di edifici che oggi possono essere considerati dei veri "colabrodo energetici".

Oggi il petrolio ha quotazioni variabili dai 150 \$/barile (marzo 2008) ai 40 \$/barile (dicembre 2008) essenzialmente per la crisi ed effetti recessivi che perdureranno per



**8**

tutto il 2009 ma già i livelli di prezzo stanno salendo (70 \$/barile a giugno 2009) e non è poi così improbabile che si ritorni ai livelli di marzo 2008 a anche a livelli di prezzo superiore se la domanda dovesse iniziare ad aumentare. Le stime sul futuro non incoraggianti ci obbligano a tenerne conto sulla progettazione edilizia.

Secondo l'Agencia Casa Clima, un'autorevole Ente Certificatore della Provincia autonoma di Bolzano, un anno di riscaldamento ha i seguenti costi:

- Casa tradizionale: 18-25 €/mq.
- Casa di recente costruzione (dopo il 1991): 12-15 €/mq

Costi che possono e devono essere ancora notevolmente ridotti.

In Italia ci sono circa 32 milioni di appartamenti, più della metà di questi costruiti tra il 1946 e il 1981 senza l'impiego di materiali termoisolanti.

Il recupero di questi edifici deve tenere conto dei potenziali risparmi attuabili grazie a tecniche innovative date da nuovi prodotti e tecnologie.

L'Italia è tra i paesi dell'Unione Europea che deve affrontare una sfida molto complessa, infatti l'UE dipende dalle importazioni di energia per il 50% mentre l'Italia il 90% di quella necessaria. Nei prossimi anni anche l'intera UE, causa il prosciugarsi delle proprie riserve dovrà importare circa l'80%. Prospettiva molto problematica per una potenza economica di 450 milioni di abitanti.

**IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA**

I consumi energetici domestici sono causati al giorno d'oggi per il 70-80 % dal riscaldamento. Piccole modificazioni a questo settore possono portare ad importanti risparmi energetici ed economici.

- Ridurre la temperatura nelle abitazioni:

La diminuzione di un solo grado della temperatura interna può fare risparmiare tra il 6-8% dei costi di riscaldamento. Le temperature consigliate sono: soggiorno 20°C, camera da letto 18°C, bagno 22°C.

**8**

- Arieggiare in modo consapevole:  
Nei giorni freddi si possono avere forti dispersioni di calore a causa delle operazioni di arieggiamento dei locali. Arieggiare è importante, meglio farlo intensivamente per poco tempo lasciando contemporaneamente aperte tutte le aperture per qualche minuto. Questo metodo di areazione fa risparmiare energia garantendo comunque aria fresca. In impianti ad aria forzata è invece utile regolare correttamente il ricircolo.
  
- Posizione arredi e termosifoni:  
Bisogna prestare molta attenzione ai componenti di arredo e alle loro posizioni rispetto a termostati o termosifoni. Molto meglio, rispetto al classico termosifone un sistema a pannelli radianti a pavimento o a parete.
  
- Controlli periodici di combustione:  
Fare eseguire regolarmente il controllo della qualità della combustione. Se il combustibile viene bruciato bene si risparmiano soldi e si tutela la qualità dell'aria. Possibilmente valutare un sistema combinato a pannelli fotovoltaici.
  
- Risparmiare con le pompe:  
Le pompe che provvedono alla circolazione dell'acqua calda nei circuiti di riscaldamento, stando spesso in funzione per l'intera giornata, consumano rilevanti quantità di energia elettrica. Un timer ed un termostato permettono di limitarne notevolmente il tempo di esercizio, bisogna inoltre fare attenzione che siano di classe energetica A.

**CONTRIBUTI FINANZIARI**

Con la legge finanziaria del 2008 e per gli anni successivi, lo Stato incentiva in modo importante il risparmio energetico per gli edifici esistenti. La finanziaria ha infatti prorogato fino al 31 dicembre 2010 la detrazione di imposta del 55% delle spese sostenute per interventi di risparmio energetico sugli edifici esistenti. Possono usufruire di tali detrazioni persone fisiche, le società, gli enti pubblici e privati; dunque l'intervento oggetto di Tesi può esserne assoggettato.

## 8

Se da una parte è comprensibile l'importanza di rivestire una casa con un isolamento termico di buona qualità, molto meno evidente è la necessità di costruire un edificio ermetico al passaggio dell'aria.

La libera ed incontrollata fuoriuscita di aria dai locali riscaldati è causa di perdite di calore tanto maggiori quanto minore è l'ermeticità dell'edificio. Ogni metro cubo di aria che fuoriesce in inverno porta con sé una certa quantità di energia termica. Per tale ragione un involucro ben sigillato consente di risparmiare energia.

Ma per garantire la salubrità delle abitazioni dobbiamo anche garantire un continuo ricambio d'aria. La ventilazione dei locali ha due funzioni principali: asportare dai locali l'umidità e le sostanze inquinanti contenute nell'aria apportando al contempo aria fresca ed asciutta.

Le abitudini delle persone si differenziano tra loro con il risultato che si arieggia troppo o troppo poco. L'installazione di un impianto di ventilazione controllata con recupero di calore può essere una valida soluzione alle cattive abitudini.

Infatti, indipendentemente dal comportamento delle persone, l'impianto di ventilazione garantisce una buona qualità dell'aria interna senza per questo pesare sui consumi di combustibile.

Il risparmio energetico si ottiene grazie all'applicazione di uno scambiatore di calore nell'impianto di ventilazione che consente di trasferire il calore dell'aria espulsa all'aria fresca in entrata (rendimento tra il 70 e il 90%).

## PUNTI DEBOLI

Di notevole importanza l'eliminazione puntuale di tutti i punti deboli dell'involucro che possono presentarsi e formarsi in diversi modi. I ponti termici non provocano solo maggiori costi energetici, ma possono anche danneggiare i materiali di costruzione. In questi punti possono attecchire e proliferare delle muffe che rappresentano anche un rischio sanitario per chi vi abita. Per questa ragione è davvero importante che i progettisti siano particolarmente impegnati ad evitare il formarsi di ponti termici o perlomeno a compiere ogni sforzo per ridurli al minimo.

*"L'architettura è un cristallo."*

*Gio Ponti*



9 CONFORT IGROTERMICO – IL MODULO

## COMFORT IGROTERMICO

In questa sezione si valuterà il comfort igrotermico del MODULO ABITATIVO senza tenere conto dell'involucro esterno recuperato, in cui è contenuto, a cui verrà destinata un'altra approfondita analisi.

Affinché non si producano situazioni di disagio per gli utenti, durante la fase di progettazione esecutiva si determinano dei valori limite - minimi e massimi – entro cui devono collocarsi i parametri rilevati al termine della progettazione, al termine della costruzione dell'edificio e nella fase di collaudo.

Tali intervalli devono essere dimensionati in relazione a fattori legati alla fisiologia umana; infatti, il corpo umano può essere visto come un sistema termodinamico: se debitamente alimentato, produce costantemente calore, variando tale produzione per avere una temperatura interna costante e sufficiente a mantenere i parametri vitali stabili (intervallo di temperatura:  $37 \pm 0,5$  °C).

Pertanto, la dispersione di calore corporeo verso l'esterno è strettamente legata alle condizioni ambientali in cui l'utente si trova ad operare, oltre, ovviamente, al tipo di abbigliamento adottato.

In relazione a tali considerazioni, è possibile distinguere tra input ed output calorici dal cui bilanciamento dipendono le condizioni di benessere termico.

Vengono considerati INPUT:

- metabolismo;
- conduzione (contatto con corpi caldi);
- convezione (se l'aria è più calda della pelle);
- dal sole, dal cielo e dai corpi caldi.

Vengono considerati OUTPUT:

- conduzione (contatto con corpi freddi);
- convezione (se l'aria è più fredda della pelle);
- radiazione (verso il cielo notturno o superfici fredde);
- evaporazione (di umidità e sudore).

## 9

Per mantenere un certo livello di benessere igrotermico, le calorie prodotte dall'organismo e le calorie emesse nell'ambiente devono essere in equilibrio; per questo motivo occorre distinguere tra:

- situazione estiva: le condizioni igrotermiche ambientali ostacolano la cessione termica e la temperatura del sangue tende a crescere. Si avverte una sensazione di caldo;
- situazione invernale: le condizioni igrotermiche ambientali attivano una eccessiva cessione termica e la temperatura del sangue tende a decrescere. Si avverte una sensazione di freddo.

Tali sensazioni sono fondamentali per valutare quali siano le condizioni esterne che innescano un innalzamento della temperatura corporea al di là dei limiti di sopravvivenza.

A seguito di tali considerazioni, è facile intuire come sia necessario prevedere misure di protezione termica per le porzioni di edificio a contatto con l'esterno, come pareti perimetrali, pareti di interrati e coperture.

E per verificare che il benessere igrotermico in tali porzioni sia ottimale, si valuteranno i seguenti parametri:

- Trasmittanza termica o termotrasmittanza
- Controllo della condensazione

PRESTAZIONI	Struttura portante	Pareti perimetrali	Infissi esterni	Coperture	Pareti interne	Infissi interni	Controsoffittature	Pavimentazioni interne	Rivestimenti interni	Pavimentazioni esterne	Rivestimenti esterni
Controllo della condensazione	A	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C
Trasmittanza termica o termotrasmittanza	A	A	A	A	C	C	B	B	B	B	B

Legenda:

A	generalmente richiesta
B	richiesta per determinate applicazioni
C	non significativa

## 9

## PROPRIETA' DELL'ARIA UMIDA

L'atmosfera terrestre è una miscela gassosa costituita da azoto, ossigeno, anidride carbonica, vapor d'acqua, gas nobili e particelle in sospensione.

Generalmente in termodinamica ci si riferisce ad un campione con:

$$T = 20 \quad ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura dell'aria}$$

$$P = 101,3 \quad \text{kPa} \quad \text{pressione}$$

$$c_{sp} = 0,241 \quad \text{kcal/kg}^\circ\text{C} \quad \text{calore specifico a calore costante}$$

e l'aria, nelle nostre analisi, può essere considerata come un gas perfetto.

Lo studio delle trasformazioni dell'aria umida si effettua mediante l'impiego del diagramma di Mollier. A questo proposito, occorre ribadire che si parla di aria umida in quanto si considera l'aria come miscela di aria secca (incondensabile almeno entro i limiti delle trasformazioni in esame) e e vapor d'acqua che può passare allo stato liquido.

Nota ciò, occorre tenere presente che tutte le valutazioni vengono eseguite con pressione dell'aria costante e pari ad 1atm (ossia 101,3 Pa) e tale pressione è data da:

$$p = p_a + p_v$$

dove:

$$P_a = \text{pressione parziale aria secca;}$$

$$p_v = \text{pressione parziale del vapore (generalmente riferita al vapore surriscaldato, ossia in assenza di parte liquida).}$$

Allorché si continuasse a fornire vapore acqueo a temperatura costante, ad un determinato punto l'aria diventa satura di vapore e vi è presenza di acqua allo stato liquido.

La pressione del vapore è allora la massima ottenibile a quella temperatura e viene definita pressione di saturazione pvs.

## 9

Nella seguente tabella vengono riportati i valori della pressione di saturazione del vapore acqueo, in funzione della temperatura:

Temperatura [°C]	Pressione [kPa]	Pressione [mm Hg]
-10	0,260	1,95
-8	0,309	2,32
-6	0,368	2,76
-4	0,437	3,28
-2	0,517	3,88
0	0,610	4,58
2	0,705	5,29
4	0,813	6,10
6	0,934	7,01
8	1,070	8,05
10	1,220	9,21
12	1,400	10,52
14	1,600	11,99
16	1,820	13,63
18	2,060	15,48
20	2,340	17,53
22	2,640	19,83
24	2,980	22,38
26	3,360	25,21
28	3,780	28,35
30	4,240	31,82
32	4,750	35,66
34	5,320	39,90
36	5,940	44,56
38	6,620	49,69
40	7,370	55,32
42	8,200	61,500

(Valori della pressione di saturazione del vapore acqueo)



## 9

## LA TERMOTRASMITTANZA

Il benessere termico in un ambiente confinato dipende dai processi di termoscambio (scambi convettivi, conduttivi, radiattivi) e da quelli di igroscambio (sudorazione, respirazione).

I parametri principali per valutare tali condizioni variano a seconda del tipo di intervento edilizio:

- Edifici nuovi;
- Grandi ristrutturazioni;
- Piccole ristrutturazioni con ampliamento dell'edificio inferiore al 20% del volume dell'edificio esistente.

Nel caso del modulo abitativo in analisi è possibile verificare che la termotrasmittanza ( $U$ ) sia inferiore a quella prevista dalla normativa regionale della Lombardia ( $U_{lim}$ ) che prevede limiti differenti a seconda delle zone climatiche:

ZONA CLIMATICA	STRUTTURE VERTICALI OPACHE ( $W/m^2K$ )	COPERTURE ( $W/m^2K$ )	PAVIMENTI ( $W/m^2K$ )	CHIUSURE TRASPARENTI ( $W/m^2K$ )
D	0,36	0,32	0,36	2,4
E	<b>0,34</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>2,2</b>
F	0,33	0,29	0,32	2,0

*(Limiti delle termotrasmittanze in Regione Lombardia)*

## 9

Verifichiamo nel seguito il seguente modulo abitativo:



(Modulo abitativo tipo oggetto di verifiche)

## 9

Quindi verifico i valori di trasmittanza riferiti al singolo modulo abitativo:

### CHIUSURE VERTICALI (Modulo abitativo)

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	mm	W/mK	W/m <sup>2</sup> K	kg/m <sup>3</sup>	kg/msPa	kg/msPa	m <sup>2</sup> K/W
A	Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	7,700	-	-	-	-	0,130
B	Lastra in cartongesso con BV	25,0	0,720	28,80	750,0	1,000	1,000	0,035
C	Intercapedine verticale 20mm	20,0	0,130	6,50	1,3	187,520	187,520	0,154
D	Isolante Iperisolante	20,0	0,004	0,20	40,0	0,000	0,000	5,000
E	Intercapedine verticale 20mm	20,0	0,130	6,50	1,3	187,520	187,520	0,154
F	Feltro resinato fibra vetro 11	100	0,053	0,53	11,0	150,000	150,000	1,887
G	Intercapedine verticale 20mm	40,0	0,130	3,25	1,3	187,520	187,520	0,308
H	Abete (flusso parallelo) 450	40,0	0,180	4,50	450,0	4,500	6,000	0,222
I	Impermeabilizzazione	1,0	0,500	500,00	1.200,0	62,000	62,000	0,002
J	Intercapedine verticale 40mm	40,0	0,260	6,50	1,3	187,520	187,520	0,154
K	Alluminio	1,5	220,00	145.000,0	2.700,0	0,000	0,000	0,000
L	Adduttanza esterna (flusso verticale)	0,0	25,000	-	-	-	-	0,040

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conduttività termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
<b>RESISTENZA TERMICA TOTALE</b>	<b>8,085 m<sup>2</sup>K/W</b>	<b>TRASMITTANZA TERMICA TOTALE</b>	<b>0,124 W/m<sup>2</sup>K</b>

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

## 9

## COPERTURA (Modulo abitativo)

Per quanto riguarda la copertura si verifica la seguente stratigrafia:

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	mm	W/mK	W/m <sup>2</sup> K	kg/m <sup>3</sup>	kg/msPa	kg/msPa	m <sup>2</sup> K/W
A	Adduttanza esterna (flusso ascendente)	0,0	25,000	-	-	-	-	0,040
B	Alluminio	1,5	220,00	145.000,0	2.700,00	0,000	0,000	0,000
C	Intercapedine orizz. asc. 40mm	40,0	0,280	7,00	1,30	187,520	187,520	0,143
D	Impermeabilizzazione	1,0	0,500	500,00	1.200,00	62,000	62,000	0,002
E	Abete (flusso parallelo) 450	40,0	0,180	4,50	450,00	4,500	6,000	0,222
F	Intercapedine orizz. asc. 20mm	20,0	0,140	7,00	1,30	187,520	187,520	0,143
G	Feltro resinato fibra vetro 11	50,0	0,053	1,06	11,00	150,000	150,000	0,943
H	Intercapedine orizz. asc. 20mm	20,0	0,140	7,00	1,30	187,520	187,520	0,143
I	Isolante Iperisolante	20,0	0,004	0,20	40,00	0,000	0,000	5,000
J	Intercapedine orizz. asc. 20mm	20,0	0,140	7,00	1,30	187,520	187,520	0,143
K	Lastra in cartongesso con BV	25,0	0,720	28,80	750,00	1,000	1,000	0,035
L	Adduttanza interna (flusso ascendente)	0,0	7,700	-	-	-	-	0,130

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conduttività termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
<b>RESISTENZA TERMICA TOTALE</b>	<b>6,944 m<sup>2</sup>K/W</b>	<b>TRASMITTANZA TERMICA TOTALE</b>	<b>0,144 W/m<sup>2</sup>K</b>

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

## 9

## PAVIMENTO (Modulo abitativo)

L'analisi della stratigrafia delle pavimentazioni porta ai seguenti risultati:

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	mm	W/mK	W/m <sup>2</sup> K	kg/m <sup>3</sup>	kg/msPa	kg/msPa	m <sup>2</sup> K/W
A	Adduttanza interna (flusso ascendente)	0,0	7,70	-	-	-	-	0,130
B	Acero (flusso perpendicolare)	1,6	0,18	112,50	715,00	4,500	4,500	0,009
C	Polistirene espanso 15	2,0	0,045	22,50	15,00	6,300	6,300	0,044
D	Abete (flusso parallelo) 450	40,0	0,18	4,50	450,00	4,500	6,000	0,222
E	Intercapedine orizz. dis. 80mm	80,0	0,42	5,25	1,30	187,520	187,520	0,190
F	Isolante Iperisolante	20,0	0,004	0,20	40,00	0,000	0,000	5,000
G	Intercapedine orizz. dis. 20mm	20,0	0,10	5,00	1,30	187,520	187,520	0,200
H	Feltro resinato fibra vetro 11	80,0	0,053	0,66	11,00	150,000	150,000	1,509
I	Abete (flusso parallelo) 450	40,0	0,18	4,50	450,00	4,500	6,000	0,222
J	Impermeabilizzazione	1,0	0,50	500,00	1.200,00	62,000	62,000	0,002
K	Alluminio	1,5	220,00	145.000,0	2.700,00	0,000	0,000	0,000
L	Adduttanza esterna (flusso ascendente)	0,0	25,00	-	-	-	-	0,040

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conduttività termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
RESISTENZA TERMICA TOTALE	<b>7,570</b> m <sup>2</sup> K/W	<b>TRASMITTANZA TERMICA TOTALE</b>	<b>0,132</b> W/m <sup>2</sup> K

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

## 9

## CHIUSURE TRASPARENTI

Per le chiusure trasparenti vengono esclusivamente utilizzati serramenti in alluminio a taglio termico con doppio o triplo vetro e camera d'aria; la trasmittanza calcolata col metodo semplificato UNI EN ISO 10077-1 risulta pari a **1,405 W/m<sup>2</sup>K**.

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

La valutazione prestazionale del modulo abitativo soddisfa i requisiti della normativa vigente nella Regione Lombardia in Zona Climatica E.

Dal 2 gennaio 2007 è in vigore il Decreto Legislativo emanato a fine Dicembre 2006, che aggiorna il D. Lgs 192 del 2005. Il Decreto Legislativo riguarda sia gli edifici di nuova costruzione che quelli ristrutturati.

Per le finestre fissa dei limiti massimi di trasmittanza termica U, sia per la finestra nel suo insieme che, indipendentemente, per i vetri. Entrambi questi valori debbono essere rispettati. I valori riportati nella tabella seguente cambiano in funzione delle zone climatiche (definite dal DPR 26/08/93 N° 412) in cui vengono installati i serramenti.

Valori di trasmittanza massima delle finestre (infissi più vetro W/m <sup>2</sup> K)			
Zona climatica	Dal 01/01/2006	Dal 01/01/2008	Dal 01/01/2010
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
<b>E</b>	<b>2,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>
F	2,4	2,2	2,0

Valori di trasmittanza massima dei vetri (W/m <sup>2</sup> K)			
Zona climatica	Dal 01/01/2006	Dal 01/01/2008	Dal 01/01/2010
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
<b>E</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>
F	2,1	1,7	1,3

## 9

Nel caso in esame:

Caratteristiche termiche							
Descrizione strato	Ag	Af	Lg	Ug	Uf	Ul	Uw
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/mK	W/m <sup>2</sup> K
SERRAMENTO SINGOLO	4,410	0,880	8,400	1,100	2,363	0,060	1,405

Dove:

Ag	Area del vetro
Af	Area del telaio
Lg	Lunghezza della superficie vetrata
Kg	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf	Trasmittanza termica del telaio
Kl	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)
Kw	Trasmittanza termica totale del serramento

I valori di trasmittanza in progetto rispettano e sono inferiori ai valori massimi previsti dalla vigente normativa e risultano essere inferiori ai limiti previsti dal 01 gennaio 2010.

## 9

## LA CONDENSAZIONE

Per valutare il rischio di condensa si può percorrere la strada analitica attraverso la legge di Fick determinando la quantità di vapore eventualmente condensato, oppure si può risolvere il problema graficamente ricorrendo al *Diagramma di Glaser*; tale diagramma consiste nel rappresentare unitamente l'andamento dei valori di temperatura all'interno della struttura anche i relativi valori della pressione di saturazione; confrontando questi ultimi con i valori delle pressioni parziali si è in grado di stabilire, seppure con un grado di incertezza piuttosto elevato, la possibilità di rischi di condensazione. Mediante il programma TERMOLOG EpiX (Logical Soft), sono stati disegnati i diagrammi mensili per ogni partizione verticale e orizzontale e verificata la presenza di eventuale formazione di condensa all'interno della parete. Il problema della formazione di condensa può essere risolto operando in diverse maniere, per esempio disponendo una barriera al vapore verso il lato caldo della parete e quindi abbassando il valore della pressione parziale del vapore, oppure disponendo uno strato isolante verso il lato freddo facendo un isolamento a capotto, innalzando così il valore della temperatura e quindi della pressione di saturazione.

## CHIUSURE VERTICALI OPACHE E COPERTURA (Modulo abitativo)

Località: Lecco

Condizioni climatiche:

Dati climatici					
Mese	$T_i$ [°C]	$\varphi_{int}$ [%]	$T_e$ [°C]	$\varphi_{ext}$ [%]	$n$ [1/h]
Gennaio	20,0	65,0	3,9	83,8	0,50
Febbraio	20,0	65,0	5,7	80,3	0,50
Marzo	20,0	65,0	9,6	73,2	0,50
Aprile	20,0	65,0	13,3	72,4	0,50
Maggio	20,0	65,0	16,0	72,3	0,50
Giugno	20,0	65,0	20,1	70,8	0,50
Luglio	20,0	65,0	22,6	67,3	0,50
Agosto	20,0	65,0	22,1	69,8	0,50



## 9

Settembre	20,0	65,0	19,2	75,1	0,50
Ottobre	20,0	65,0	14,3	78,9	0,50
Novembre	20,0	65,0	9,2	84,9	0,50
Dicembre	20,0	65,0	5,3	84,7	0,50

Condizioni al contorno				
CONDIZIONE	$T_i$	$P_i$	$T_e$	$P_e$
	K	Pa	K	Pa
INVERNALE	20,0	1519,0	3,9	676,4
ESTIVA	22,6	1781,4	22,6	1844,4

Dove:

$T_i$	Temperatura interna
$P_i$	Pressione parziale interna
$T_e$	Temperatura esterna
$P_e$	Pressione parziale esterna

Condensa superficiale: fattore di resistenza superficiale  $fR_{si}$

Mese	$T_e$ [°C]	$\varphi_e$ [%]	$F_i$ [%]	$\Pi_i$ [Pa]	$p_s$ [Pa]	$T_{si}$ [°C]	$fR_{si}$
ottobre	14,3	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,62
novembre	9,2	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,8
dicembre	5,3	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,85
gennaio	3,9	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,87
febbraio	5,7	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,85
marzo	9,6	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,79
aprile	13,3	20,0	65	1635,87	2044,83	17,84	0,68

Verificata:  $fR_{si} \max: 0,866 < fR_{si} \text{ ammissibile: } 0,969$  - **Mese critico: Gennaio**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale: **Verificato**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale: **Verificato**

## 9

## DIAGRAMMI DI GLASER CHIUSURE VERTICALI OPACHE (Modulo abitativo)

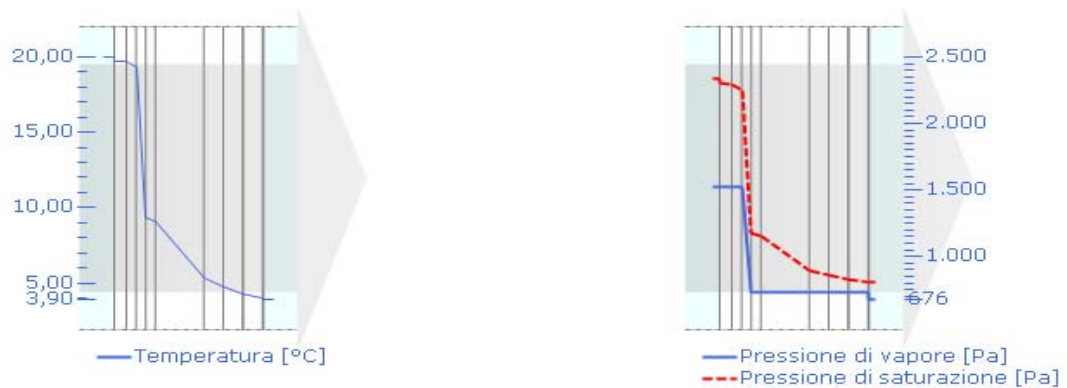
Diagrammi dell'andamento della temperatura e della pressione di vapore per il mese di Gennaio (mese critico).

Spessore: 308 mm

Trasmittanza: 0,1237 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza: 8,0848 m<sup>2</sup>K/W

Massa efficace: 44,06 Kg



*La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa.*

## 9

## DIAGRAMMI DI GLASER COPERTURA (Modulo abitativo)

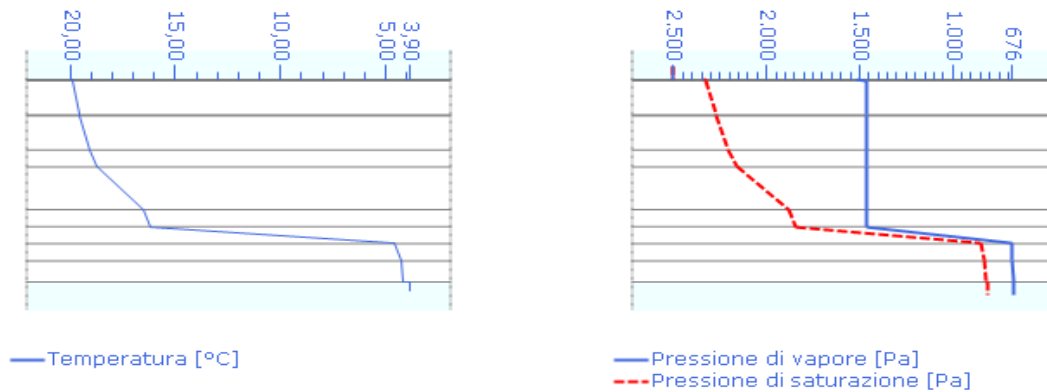
Diagrammi dell'andamento della temperatura e della pressione di vapore per il mese di Gennaio (mese critico).

Spessore: 238 mm

Trasmittanza: 0,1440 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza: 6,9436 m<sup>2</sup>K/W

Massa efficace: 43,48 Kg



La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa.

## 9

## DIAGRAMMI DI GLASER PAVIMENTO (Modulo abitativo):

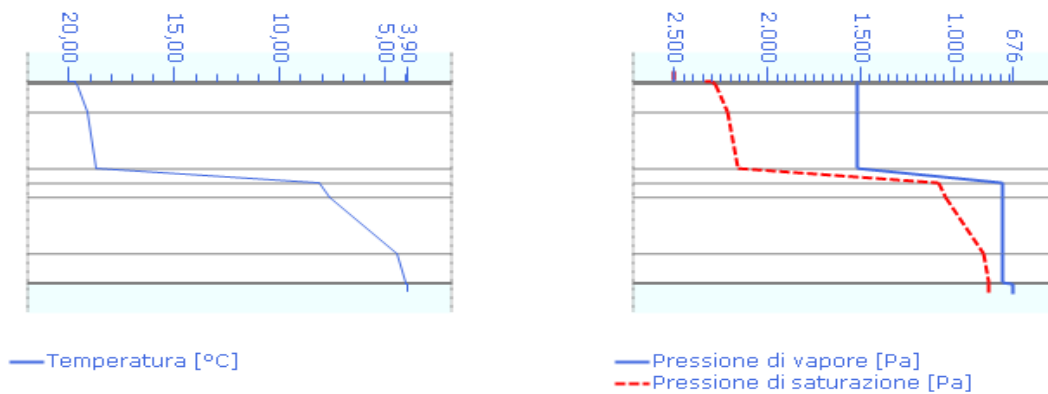
Diagrammi dell'andamento della temperatura e della pressione di vapore per il mese di Gennaio (mese critico).

Spessore: 286 mm

Trasmittanza: 0,1321 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza: 7,5696 m<sup>2</sup>K/W

Massa efficace: 44,23 Kg



*La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa.*

Il modulo progettato, nel suo complesso, risulta essere protetta da fenomeni di condensazione permanenti che possono avere effetti sfavorevoli sulla struttura.

## LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEL MODULO ABITATIVO SECONDO LA PROCEDURA CENED (Regione Lombardia)

La direttiva 2002/91/CE dice:

*“La quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori calcolati tenendo conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di generazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico”*

La certificazione energetica di un edificio consente di conoscere il fabbisogno di energia primaria, ovvero quanta energia l'edificio consumerebbe in condizioni standard e con un utilizzo corretto da parte degli occupanti. Essa è caratterizzata da una serie di parametri che hanno la capacità di rappresentare con un solo numero la prestazione dell'edificio per assolvere ad un determinato bisogno.

Tale certificazione comprende:

- i valori di prestazione energetica dell'edificio: climatizzazione invernale (EPH), riscaldamento acqua sanitaria (EPW), climatizzazione estiva (EPC), produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili (ERES);
- i valori di legge o di riferimento della prestazione energetica dell'edificio;
- suggerimenti sugli interventi di riqualificazione
- emissioni gas serra.

Esistono differenti obblighi a seconda del tipo di intervento :

- Nuove edificazioni: verifica prestazionale energetica integrata (limiti massimi di  $EPH_{lim}$  tabellati) e verifica prescrittiva (eliminazione limiti massimi alle trasmittanza termiche  $U_{max}$ );

## 9

- Grandi ristrutturazioni: verifica prestazionali integrata (limiti massimi di  $EPH_{lim}$  tabellati) o non integrata;
- Piccole ristrutturazioni: verifica prescrittiva (eliminazione limiti massimi alle trasmittanza termiche  $U_{max}$ )

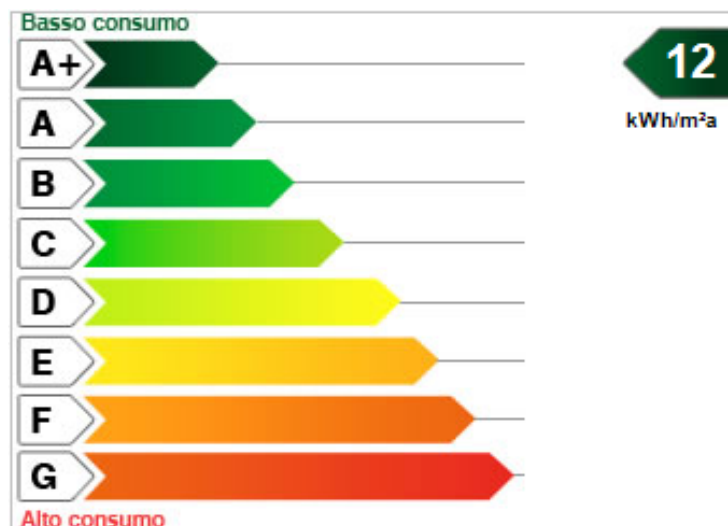
Avendo già verificato i valori di trasmittanza dell'edificio, andiamo ora a valutare il nostro fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale secondo ciò che dice la DGR 5018 della Regione Lombardia:

$$EPH \approx \text{dispersioni involucro} / \text{rendimento impianto} = \frac{Q_{INVOLUCRO}}{\eta_{IMPIANTO}}$$

Tale valore dovrà risultare inferiore a quello dettato dalla normativa.

La Regione Lombardia mette a disposizione di tutti il software "CENED" necessario per la certificazione energetica degli edifici. Tale software è stato realizzato in conformità agli algoritmi di cui al Decreto n. 15833 del 13 dicembre 2007.

Da tali risultati abbiamo ricavato la classe energetica del modulo abitativo assemblato:



(Valore di classe energetica secondo la procedura CENED – Regione Lombardia)

## 9

Fabbisogno specifico di energia primaria (climatizzazione invernale) - <b>EP<sub>H</sub></b>	12,2 kWh/m <sup>2</sup> a
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione invernale) - <b>E<sub>H</sub></b>	36,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione estiva) - <b>E<sub>C</sub></b>	0,3 kWh/m <sup>2</sup> a

Il nostro Modulo abitativo risulta cadere all'interno della classe **A+** nella classificazione energetica della regione Lombardia con il valore di  $EP_h = 12,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ : tale risultato è da attribuire, oltre che alle soluzioni tecnologiche studiate appositamente per la riduzione degli scambi termici con l'ambiente esterno (quindi soluzioni tipo cappotto interno e doppi vetri), alla tipologia di pompa di calore utilizzata (in questo caso una pompa di calore ad elevato rendimento con sonde geotermiche terra/acqua) associata ad un impianto solare termico di riscaldamento dell'acqua sanitaria e per la produzione di energia elettrica.

L'edificio risulta rientrare nei parametri stabiliti dalla Regione Lombardia in quanto il fabbisogno specifico di energia primaria risulta inferiore a quello dettato da normativa.

Specifiche dell'immobile		Dati generali	
Comune:	Lecco	Zona climatica:	E
Indirizzo:	Area ex Faini	Gradi giorno:	2383
Foglio-particella-sub:	-	Volume lordo riscaldato:	57,0 m <sup>3</sup>
Oggetto dell'intervento:	Recupero edificio	Superficie utile riscaldata:	20,0 m <sup>2</sup>
Destinazione d'uso:	Residenze studenti	Trasmittanza media involucro:	0,19
Anno di costruzione:	2009	Trasmittanza media copertura:	0,20
Nome intestatario:	Politecnico di Milano	Trasmittanza media basamento:	0,47
Progettista:	Alessandro Salvagni Marco Tosarini	Trasmittanza media serramenti:	0,91
Direttore dei lavori:		Tipologia impianto riscaldamento:	Pompa di calore
Costruttore:		Vettore energetico:	Elettrica
Soggetto certificatore:			

Principali indicatori di prestazione energetica		Classe energetica	Zona climatica E
Fabbisogno specifico di energia primaria (climatizzazione invernale) - EP <sub>H</sub>	12,2 kWh/m <sup>2</sup> a		
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione invernale) - E <sub>H</sub>	36,9 kWh/m <sup>2</sup> a		
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione estiva) - E <sub>C</sub>	0,3 kWh/m <sup>2</sup> a		
Fabbisogno specifico di energia primaria (acqua calda sanitaria) - EP <sub>W</sub>			
Fabbisogno energetico specifico totale per usi termici (riscaldamento e acqua calda) - EP <sub>T</sub>			

Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - CO <sub>2</sub>	
	14,6 kg/m <sup>2</sup> a

Note

(Scheda di certificazione energetica)



## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- UNI EN ISO 13790 Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
- UNI 832 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento.
- UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per l'edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.
- UNI 7357 Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici.
- UNI 8477/1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.
- UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato.
- UNI EN ISO 10077-2 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.
- UNI 10339 Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- UNI 10348 Riscaldamento degli edifici - Rendimenti dei sistemi di riscaldamento - Metodo di calcolo.
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
- UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduktività termica e permeabilità al vapore.
- UNI 10355 Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo.
- UNI EN ISO 13788 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.
- UNI EN 13789 Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione.

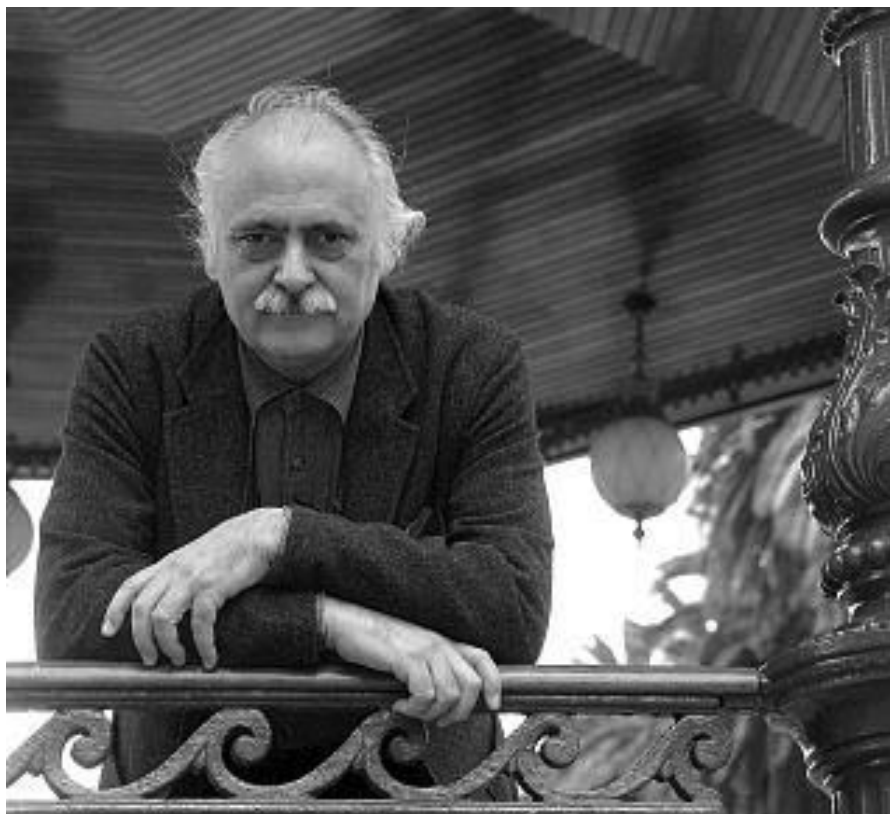
# 9

- DGR VIII/5773 “Disposizioni inerenti all’efficienza energetica in edilizia”
- Decreto 15833 “Procedura di calcolo” – Regione Lombardia.

*“Non si tratta di portare il passato ai giorni nostri,  
ma di saper vivere con esso.”*

*Victor Lopez Coteló*

---



10 CONFORT IGROTERMICO – L'INVOLUCRO

## COMFORT IGROTERMICO DELL'INVOLUCRO

In questa sezione si valuterà il comfort igrotermico dell'involucro recuperato contenente i moduli analizzati nel precedente capitolo.

Come operato nel Capitolo 9, in base alle regole già esposte procediamo con la verifica dei vari elementi trasparenti ed opachi per stabilire il fabbisogno energetico e successivamente la classificazione energetica della struttura in oggetto.

## LA TERMOTRASMITTANZA

Nel caso dell'involucro recuperato in analisi, come fatto per i moduli abitativi è possibile verificare che la termotrasmittanza ( $U$ ) sia inferiore a quella prevista dalla normativa regionale delle Lombardia ( $U_{lim}$ ) che prevede limiti differenti a seconda delle zone climatiche:

ZONA CLIMATICA	STRUTTURE VERTICALI OPACHE ( $W/m^2K$ )	COPERTURE ( $W/m^2K$ )	PAVIMENTI ( $W/m^2K$ )	CHIUSURE TRASPARENTI ( $W/m^2K$ )
D	0,36	0,32	0,36	2,4
E	<b>0,34</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>2,2</b>
F	0,33	0,29	0,32	2,0

(Limiti delle termotrasmittanze in Regione Lombardia)

Verifichiamo nel seguito la seguente struttura:



## 10

Quindi verifico i valori di trasmittanza:

**CHIUSURE VERTICALI (Involucro):**

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	[mm]	[W/mK]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/msPa]	[kg/msPa]	[m <sup>2</sup> K/W]
A	Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	7,700	-	-	-	-	0,130
B	Lastra in cartongesso con BV	25,0	0,720	28,80	750,0	1,000	1,000	0,035
C	Fibre da rocce felds.:p.semir. 40	50,0	0,042	0,84	40,0	150,000	150,000	1,190
D	Malta di calce e cemento 1800	5,0	0,900	180,00	1.800,0	8,500	8,500	0,006
E	Mattone pieno posa esterno	240,0	1,054	4,39	2.000,0	18,750	18,750	0,228
F	Malta di calce e cemento 1800	5,0	0,900	180,00	1.800,0	8,500	8,500	0,006
G	Pannello poliuretano Isotec	80,0	0,028	0,35	35,0	3,750	3,750	2,857
H	Styrodur 3035 CS	3,0	0,039	13,00	35,0	4,000	4,000	0,077
I	Adduttanza esterna (flusso verticale)	0,0	25,000	-	-	-	-	0,040

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conduttività termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
<b>RESISTENZA TERMICA TOTALE</b>	<b>4,568 m<sup>2</sup>K/W</b>	<b>TRASMITTANZA TERMICA TOTALE</b>	<b>0,219 W/m<sup>2</sup>K</b>

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

## 10

## COPERTURA (Involucro)

Per quanto riguarda la copertura si verifica la seguente stratigrafia:

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	[mm]	[W/mK]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/msPa]	[kg/msPa]	[m <sup>2</sup> K/W]
A	Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	7,700	-	-	-	-	0,130
B	Abete (flusso parallelo) 450	30,0	0,120	4,00	450,00	4,500	6,000	0,250
C	Styrodur 3035 CS	2,0	0,039	19,50	35,00	4,000	4,000	0,051
D	Fibre da rocce felds.:p.semir. 40	150,0	0,042	0,28	40,00	150,000	150,000	3,571
E	Styrodur 3035 CS	2,0	0,039	19,50	35,00	4,000	4,000	0,051
F	Adduttanza esterna (flusso verticale)	0,0	25,000	-	-	-	-	0,040

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conduktività termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
<b>RESISTENZA TERMICA TOTALE</b>	<b>4,094 m<sup>2</sup>K/W</b>	<b>TRASMITTANZA TERMICA TOTALE</b>	<b>0,244 W/m<sup>2</sup>K</b>

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

## 10

## PAVIMENTO (Involucro)

L'analisi della stratigrafia della pavimentazione porta ai seguenti risultati:

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	[mm]	[W/mK]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/msPa]	[kg/msPa]	[m <sup>2</sup> K/W]
A	Adduttanza interna (flusso ascendente)	0,0	7,700	-	-	-	-	0,130
B	Pavimento ceramico	15,0	1,000	66,66	2.300,00	0,938	0,938	0,015
C	Caldana sabbia e cemento	50,0	0,930	18,60	2.000,00	62,000	62,000	0,054
D	Calcest. autoc. espanso int. 400	160,0	0,150	0,93	400,00	25,000	50,000	1,067
E	Polietilene espanso Isolmant FR	100,0	0,027	0,27	33,00	0,063	0,063	3,704
F	Battuto in calcestruzzo	100,0	1,160	11,60	2.000,00	62,000	62,000	0,086

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conduttività termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
RESISTENZA TERMICA TOTALE	5,055 m <sup>2</sup> K/W	TRASMITTANZA TERMICA TOTALE	0,198 W/m <sup>2</sup> K

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

## 10

## FACCIATA VETRATA (Involucro)

Caratteristiche termiche e igrometriche della struttura								
	Descrizione strato	s	l	C	r	$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	R
	dall'interno verso l'esterno	[mm]	[W/mK]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/msPa]	[kg/msPa]	[m <sup>2</sup> K/W]
A	Adduttanza interna (flusso verticale)	0,0	7,700	-	-	-	-	0,130
B	Vetro da finestre 2500	6,0	1,000	166,67	2.500,00	0,001	0,001	0,006
C	Vetro da finestre 2500	5,0	1,000	200,00	2.500,00	0,001	0,001	0,005
D	Intercapedine vert. con StopRay 67-37	15,0	0,028	1,87	1,30	187,520	187,520	0,536
E	Vetro da finestre 2500	5,0	1,000	200,00	2.500,00	0,001	0,001	0,005
F	Vetro da finestre 2500	6,0	1,000	166,67	2.500,00	0,001	0,001	0,006
G	Adduttanza esterna (flusso verticale)	0,0	25,000	-	-	-	-	0,040

Dove:

s	Spessore dello strato
l	Conducibilità termica del materiale
C	Conduttanza unitaria
r	Massa volumica
$\delta a$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 0-50%
$\delta u$ ( $\times 10^{-12}$ )	Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità 50-95%
R	Resistenza termica dei singoli strati

Riassumendo:

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7,700 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0,130 m <sup>2</sup> K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25,000 W/mK	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0,040 m <sup>2</sup> K/W
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0,728 m <sup>2</sup> K/W	TRASMITTANZA TERMICA TOTALE	1,374 W/m <sup>2</sup> K

La termotrasmittanza della facciata vetrata risulta inferiore a quella indicata dalla normativa riferita alle chiusure trasparenti: **Verificato**.



## CHIUSURE TRASPARENTI

Per le chiusure trasparenti vengono esclusivamente utilizzati serramenti in alluminio a taglio termico con doppio o triplo vetro e camera d'aria; la trasmittanza calcolata col metodo semplificato UNI EN ISO 10077-1 risulta pari a **1,647 W/m<sup>2</sup>K** per le finestre orientate a sud-est, pari a **2,018 W/m<sup>2</sup>K** e **2,034 W/m<sup>2</sup>K** per le aperture sulla copertura.

La termotrasmittanza risulta inferiore a quella indicata dalla normativa: **Verificato**.

La valutazione prestazionale dell'involucro soddisfa i requisiti della normativa vigente nella Regione Lombardia in Zona Climatica E.

Dal 2 gennaio 2007 è in vigore il Decreto Legislativo emanato a fine Dicembre 2006, che aggiorna il D. Lgs 192 del 2005. Il Decreto Legislativo riguarda sia gli edifici di nuova costruzione che quelli ristrutturati.

Per le finestre fissa dei limiti massimi di trasmittanza termica U, sia per la finestra nel suo insieme che, indipendentemente, per i vetri. Entrambi questi valori debbono essere rispettati. I valori riportati nella tabella seguente cambiano in funzione delle zone climatiche (definite dal DPR 26/08/93 N° 412) in cui vengono installati i serramenti.

Valori di trasmittanza massima delle finestre (infissi più vetro W/m <sup>2</sup> K)			
Zona climatica	Dal 01/01/2006	Dal 01/01/2008	Dal 01/01/2010
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
<b>E</b>	<b>2,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>
F	2,4	2,2	2,0

Valori di trasmittanza massima dei vetri (W/m <sup>2</sup> K)			
Zona climatica	Dal 01/01/2006	Dal 01/01/2008	Dal 01/01/2010
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
<b>E</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>
F	2,1	1,7	1,3

## 10

## LA CONDENSAZIONE

Mediante il programma TERMOLOG EpiX (Logical Soft), come effettuato per il modulo abitativo si procede alla verifica in questione.

Il problema della formazione di condensa è stato anche in questo caso risolto operando in diverse maniere, per esempio disponendo una barriera al vapore verso il lato caldo della parete e quindi abbassando il valore della pressione parziale del vapore, oppure disponendo uno strato isolante verso il lato freddo facendo un isolamento a capotto, innalzando così il valore della temperatura e quindi della pressione di saturazione.

## CHIUSURE VERTICALI OPACHE (Involucro)

Località: Lecco

Condizioni climatiche:

<i>Dati climatici</i>					
Mese	$T_i$ [°C]	$\varphi_{int}$ [%]	$T_e$ [°C]	$\varphi_{ext}$ [%]	$n$ [1/h]
Gennaio	20,0	65,0	3,9	83,8	0,50
Febbraio	20,0	65,0	5,7	80,3	0,50
Marzo	20,0	65,0	9,6	73,2	0,50
Aprile	20,0	65,0	13,3	72,4	0,50
Maggio	20,0	65,0	16,0	72,3	0,50
Giugno	20,0	65,0	20,1	70,8	0,50
Luglio	20,0	65,0	22,6	67,3	0,50
Agosto	20,0	65,0	22,1	69,8	0,50
Settembre	20,0	65,0	19,2	75,1	0,50
Ottobre	20,0	65,0	14,3	78,9	0,50
Novembre	20,0	65,0	9,2	84,9	0,50
Dicembre	20,0	65,0	5,3	84,7	0,50

Dove:

$T_i$	Temperatura interna
$P_i$	Pressione parziale interna
$T_e$	Temperatura esterna
$P_e$	Pressione parziale esterna

## 10

Condensa superficiale:

Condensa superficiale: fattore di resistenza superficiale fRsi									
Mese	Te [°C]	φe [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	ps [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
ottobre	14,3	84	1368,44	76,95	1453,09	1816,36	15,97	20	0,2929
novembre	9,2	88	1023,48	145,8	1183,86	1479,83	12,8	20	0,3336
dicembre	5,3	89	792,36	198,45	1010,65	1263,32	10,41	20	0,3476
gennaio	3,9	87	702,22	217,35	941,3	1176,63	9,35	20	0,3385
febbraio	5,7	84	768,93	193,05	981,29	1226,61	9,97	20	0,2986
marzo	9,6	77	920	140,4	1074,44	1343,04	11,33	20	0,1664
aprile	13,3	71	1083,88	90,45	1183,37	1479,21	12,8	20	-0,0752

Verificata: Frsi max: 0,348 < Frsi ammissibile: 0,945 - **Mese critico: Dicembre**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale: **Verificato**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale: **Verificato**

## 10

## DIAGRAMMI DI GLASER CHIUSURE VERTICALI OPACHE (Modulo abitativo)

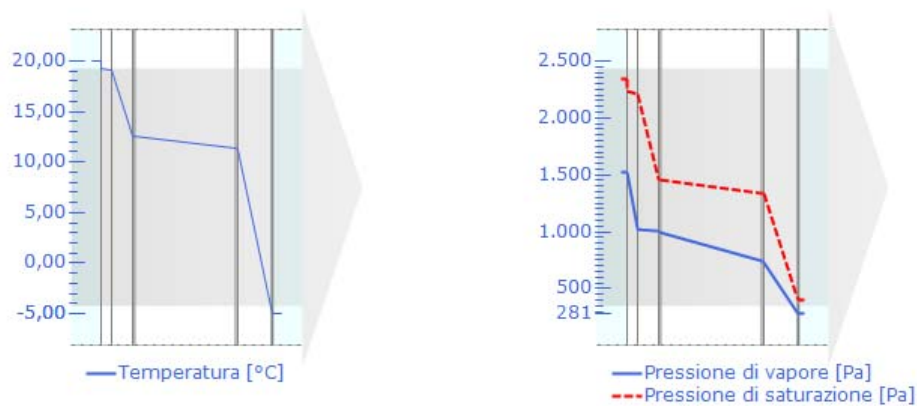
Diagrammi dell'andamento della temperatura e della pressione di vapore per il mese di Dicembre (mese critico).

Spessore: 408 mm

Trasmittanza: 0,2189 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza: 4,5679 m<sup>2</sup>K/W

Massa efficace: 521,65 Kg



*La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa.*

## 10

## COPERTURA (Involucro)

Condensa superficiale:

Condensa superficiale: fattore di resistenza superficiale fRsi									
Mese	Te [°C]	φe [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	ps [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
ottobre	14,3	84	1368,44	76,95	1453,09	1816,36	15,97	20	0,2929
novembre	9,2	88	1023,48	145,8	1183,86	1479,83	12,8	20	0,3336
dicembre	5,3	89	792,36	198,45	1010,65	1263,32	10,41	20	0,3476
gennaio	3,9	87	702,22	217,35	941,3	1176,63	9,35	20	0,3385
febbraio	5,7	84	768,93	193,05	981,29	1226,61	9,97	20	0,2986
marzo	9,6	77	920	140,4	1074,44	1343,04	11,33	20	0,1664
aprile	13,3	71	1083,88	90,45	1183,37	1479,21	12,8	20	0,0752

Verificata: Frsi max: 0,348 < Frsi ammissibile: 0,939 - Mese critico: Dicembre

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale: **Verificato**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale: **Verificato**

## 10

## DIAGRAMMI DI GLASER COPERTURA (Involucro)

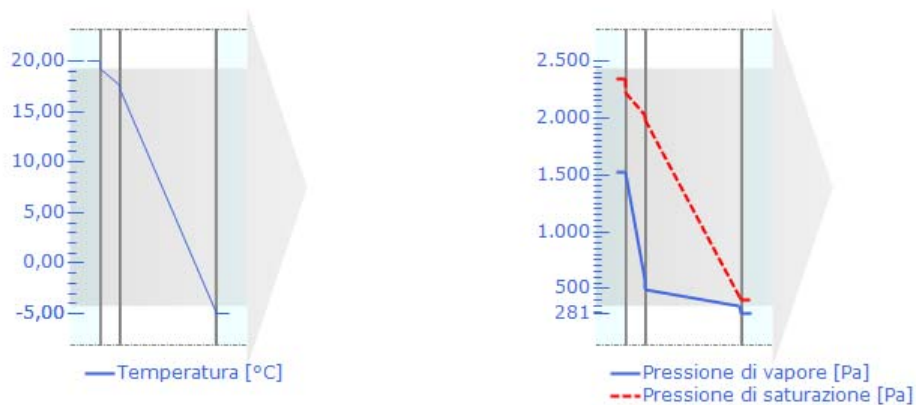
Diagrammi dell'andamento della temperatura e della pressione di vapore per il mese di Dicembre (mese critico).

Spessore: 184 mm

Trasmittanza: 0,2443 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza: 4,0939 m<sup>2</sup>K/W

Massa efficace: 19,64 Kg



*La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa.*

## 10

## PAVIMENTO SU VESPAIO (Involucro)

Condensa superficiale:

Condensa superficiale: fattore di resistenza superficiale fRsi									
Mese	$T_e$ [°C]	$\varphi_e$ [%]	$P_e$ [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	$P_i$ [Pa]	$p_s$ [Pa]	$T_{si}$ [°C]	$T_i$ [°C]	fRsi
ottobre	14,3	84	1368,44	76,95	1453,09	1816,36	15,97	20	0,2929
novembre	9,2	88	1023,48	145,8	1183,86	1479,83	12,8	20	0,3336
dicembre	5,3	89	792,36	198,45	1010,65	1263,32	10,41	20	0,3476
gennaio	3,9	87	702,22	217,35	941,3	1176,63	9,35	20	0,3385
febbraio	5,7	84	768,93	193,05	981,29	1226,61	9,97	20	0,2986
marzo	9,6	77	920	140,4	1074,44	1343,04	11,33	20	0,1664
aprile	13,3	71	1083,88	90,45	1183,37	1479,21	12,8	20	-0,0752

Verificata: Frsi max: 0,348 < Frsi ammissibile: 0,951 - Mese critico: Dicembre

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale: **Verificato**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale: **Verificato**

## 10

## DIAGRAMMI DI GLASER PAVIEMNTO SU VESPAIO (Involucro)

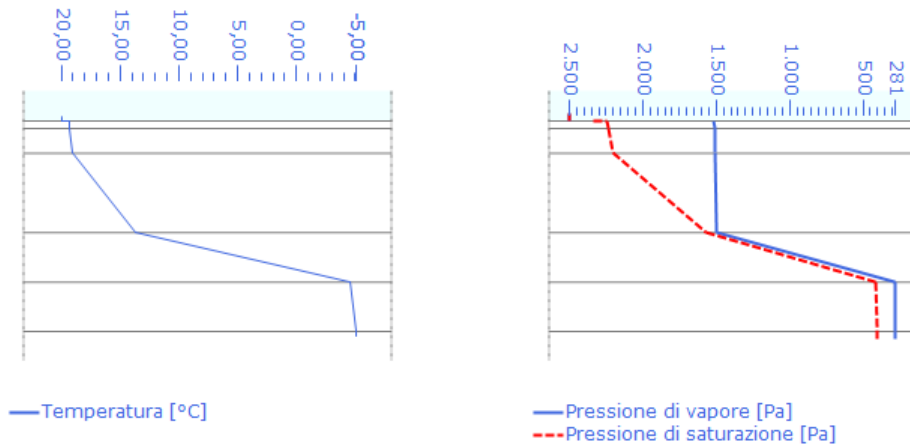
Diagrammi dell'andamento della temperatura e della pressione di vapore per il mese di Dicembre (mese critico).

Spessore: 425 mm

Trasmittanza: 0,1978 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza: 5,0552 m<sup>2</sup>K/W

Massa efficace: 401,80 Kg



*La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa.*

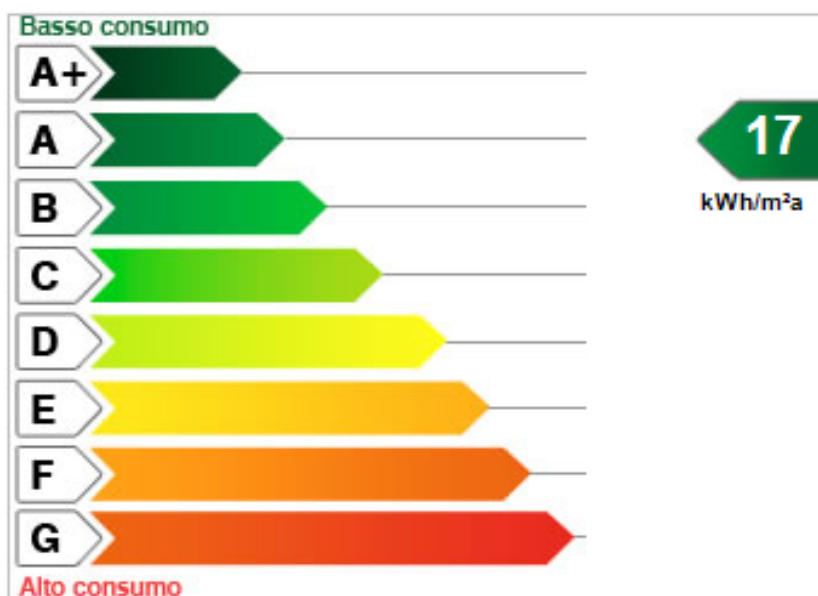


## 10

## LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DELL'INVOLUCRO SECONDO LA PROCEDURA CENED (Regione Lombardia)

Come già esplicitato nel capitolo relativo alla certificazione energetica del modulo abitativo si è proceduto nel caso dell'involucro.

Da tali risultati abbiamo ricavato la classe energetica del nostro edificio:



(Valore di classe energetica secondo la procedura CENED – Regione Lombardia)

Fabbisogno specifico di energia primaria (climatizzazione invernale) - $EP_H$	17,0 kWh/m²a
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione invernale) - $E_H$	67,8 kWh/m²a
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione estiva) - $E_C$	2,9 kWh/m²a

L'involucro recuperato risulta cadere all'interno della classe **A** nella classificazione energetica della regione Lombardia con il valore di  $EP_h = 17,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ : tale risultato è da attribuire, come nel modulo abitativo, oltre che alle soluzioni tecnologiche studiate appositamente per la riduzione degli scambi termici con l'ambiente esterno (quindi soluzioni tipo cappotto interno e doppi vetri), alla tipologia di pompa di calore utilizzata (in questo caso una pompa di calore ad elevato rendimento con sonde geotermiche terra/acqua) associata ad un impianto solare termico di riscaldamento dell'acqua sanitaria e per la produzione di energia elettrica.

**10**

L'edificio risulta rientrare nei parametri stabiliti dalla Regione Lombardia in quanto il fabbisogno specifico di energia primaria risulta inferiore a quello dettato da normativa.

Specifiche dell'immobile		Dati generali	
Comune:	Lecco	Zona climatica:	E
Indirizzo:	Area ex Faini	Gradi giorno:	2383
Foglio-particella-sub:	-	Volume lordo riscaldato:	19.856,0 m <sup>3</sup>
Oggetto dell'intervento:	Recupero edificio	Superficie utile riscaldata:	3.029,0 m <sup>2</sup>
Destinazione d'uso:	Spazio di aggregazione	Trasmittanza media involucro:	0,72
Anna di costruzione:	2009	Trasmittanza media copertura:	0,24
Nome intestatario:	Politecnico di Milano	Trasmittanza media basamento:	0,20
Progettista:	Alessandro Salvagni Marco Tosarini	Trasmittanza media serramenti:	1,99
Direttore dei lavori:	-	Tipologia impianto riscaldamento:	Pompa di calore
Costruttore:	-	Vettore energetico:	Elettrico
Soggetto certificatore:	-		

Principali indicatori di prestazione energetica		Classe energetica	Zona climatica E
Fabbisogno specifico di energia primaria (climatizzazione invernale) - EP <sub>H</sub>	17,0 kWh/m <sup>2</sup> a		17 kWh/m <sup>2</sup> a
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione invernale) - E <sub>H</sub>	67,8 kWh/m <sup>2</sup> a		
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione estiva) - E <sub>C</sub>	2,9 kWh/m <sup>2</sup> a		
Fabbisogno specifico di energia primaria (acqua calda sanitaria) - EP <sub>W</sub>			
Fabbisogno energetico specifico totale per usi termici (riscaldamento e acqua calda) - EP <sub>T</sub>			

Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera – CO <sub>2</sub>	
	6,7 kg/m <sup>2</sup> a

Note

(Scheda di certificazione energetica)

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

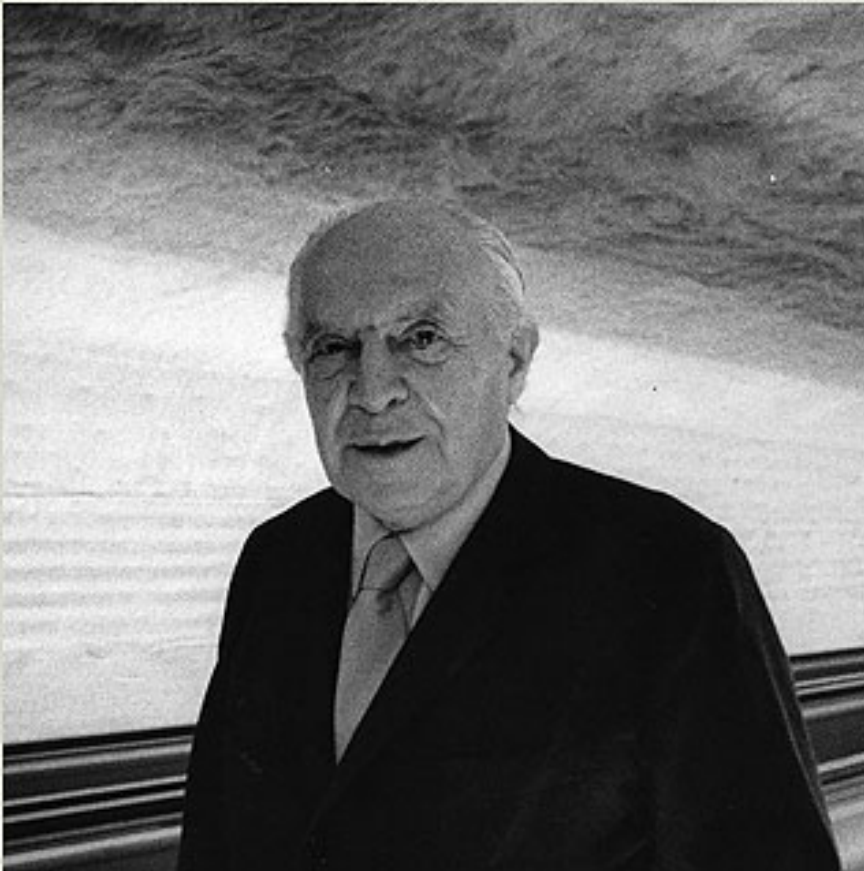
- UNI EN ISO 13790 Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
- UNI 832 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento.
- UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per l'edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.
- UNI 7357 Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici.
- UNI 8477/1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.
- UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato.
- UNI EN ISO 10077-2 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.
- UNI 10339 Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- UNI 10348 Riscaldamento degli edifici - Rendimenti dei sistemi di riscaldamento - Metodo di calcolo.
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
- UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduktività termica e permeabilità al vapore.
- UNI 10355 Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo.
- UNI EN ISO 13788 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.
- UNI EN 13789 Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione.

# 10

- DGR VIII/5773 "Disposizioni inerenti all'efficienza energetica in edilizia"
- Decreto 15833 "Procedura di calcolo" – Regione Lombardia.

*“Non è il cemento, non è il legno, non è la pietra, non è l'acciaio, non è il vetro l'elemento più resistente. Il materiale più resistente nell'edilizia è l'arte.”*

*Gio Ponti*



11 IMPIANTI – GEOTERMICO A POMPA DI CALORE

L'energia consumata per riscaldare gli edifici rappresenta attualmente il 40% dei consumi energetici totali europei. L'80% della bolletta energetica è rappresentata dai consumi di combustibile per il riscaldamento degli ambienti. Per questo è evidente e pressante la necessità di utilizzare nuove tecnologie di riscaldamento e climatizzazione che garantisca il risparmio di risorse pregiate.

L'uso di fonti o sistemi alternativi per coprire il fabbisogno di energia diventano necessari quando le strategie passive sono state prese tutte in considerazione o non sono applicabili.

Le soluzioni passive riscuotono maggiore successo, rispetto alle attive, ma bisogna comunque considerare che sono interconnesse, per questo motivo è necessaria una progettazione integrata e consapevole. In termini termodinamici, il rapporto tra strategie passive e attive può essere espresso come il mezzo per coprire il carico termico e nello stesso tempo assicurando la potenza installata necessaria per far fronte alla domanda massima di energia. In termini strettamente economici questo rapporto può essere descritto come la ricerca del costo minimo "life-cycle" dell'edificio, provando contemporaneamente a bilanciare il capitale e le spese operative in un modo attraente per l'utente dell'edificio.

La scelta impiantistica fatta per il complesso dell'ex Faini in Lecco, ha condotto alla soluzione della pompa di calore geotermica, il cui fabbisogno energetico è parzialmente coperto dall'impianto solare fotovoltaico.

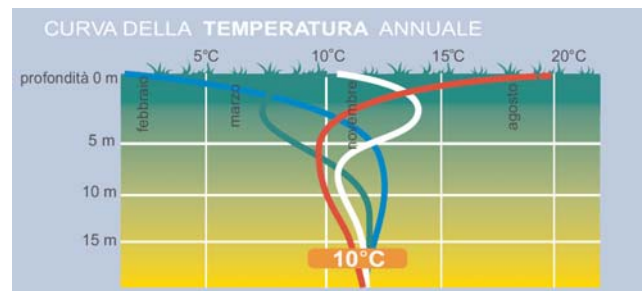
## **LA BASSA ENTALPIA**

Per sottosuoli "normali", cioè nella maggioranza dei casi, il sottosuolo ha una temperatura pressochè costante che in Italia oscilla fra i 12°C e i 14°C; In generale, questa temperatura si mantiene costante a partire dai 10 metri fino a 100 metri di profondità; al di sotto dei 100 metri la temperatura inizia a salire in ragione di 3°C per ogni 100 metri di profondità.

Per lo sfruttamento di tale tecnologia non esiste ancora una terminologia standard adottata in campo internazionale, per cui generalmente ci si riferisce per indicarla alla "geotermia a bassa entalpia" proprio per differenziarla da quella classica in cui l'applicazione tecnologica implica temperature del sottosuolo superiori a 40°C.

## IMPIANTI GEOTERMICI

Gli impianti geotermici si basano su una semplicissima constatazione elementare: mentre la temperatura nell'aria varia con una periodicità giornaliera ed annuale, la temperatura nel terreno risente della variazioni esterne solo nei primi metri superficiali. La variazione di temperatura diminuisce con la profondità ed è trascurabile al di sotto dei 15 metri. Le temperature locali del terreno dipendono dal clima, dalle coperture del terreno e nevose, inclinazione, proprietà del suolo. Il terreno assorbe circa la metà dell'energia incidente del sole.



(Curva della temperatura annuale nel terreno)

Negli impianti geotermici avviene un prelievo di calore dal terreno per conduzione, mediante un fluido vettore che circola in un circuito chiuso sotto terra ad una temperatura minore rispetto al terreno circostante. La quantità di calore prelevato è funzione delle caratteristiche di conducibilità termica del terreno, della superficie totale di scambio, della differenza di temperatura tra fluido e terreno, dalla portata e della velocità del fluido di circolazione.

L'utente di un impianto di questo tipo non necessita quindi di due sistemi distinti, uno per riscaldare e uno per condizionare, ma ottiene lo stesso risultato con un unico sistema ed in maniera più efficace ed efficiente.

Le componenti di un impianto ad energia geotermica sono tre:

- Una o più pompe di calore collocate all'interno dell'edificio in locale idoneo;
- Un'insieme di tubi opportunamente interrati per scambiare calore con il terreno;



# 11

- Un sistema di scambio di calore con l'ambiente interno (bocchette d'aria o pannelli radianti).

Nella pompa di calore i tubi provenienti dal terreno vengono a contatto con le spire di un evaporatore all'interno delle quali scorre un liquido refrigerante che, a contatto con i tubi più caldi evapora e viene inviato ad un compressore: qui il gas viene altamente compresso e quindi surriscaldato ed è pronto per essere inviato allo scambiatore con l'ambiente interno per cedere calore. Una volta che si è raffreddato il refrigerante ritorna allo stato liquido ed il ciclo ricomincia.

I sistemi di riscaldamento interni possono poi essere di qualsiasi genere: pavimento, parete, soffitto radianti, ventilconvettori o unità ad aria.

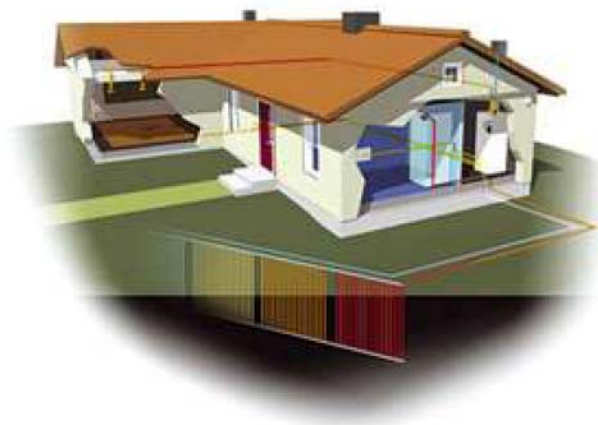
In estate il ciclo è invertito ed il sistema cede al terreno il calore estratto dall'ambiente interno rinfrescandolo, in modo naturale collegando gli scambiatori geotermici direttamente al sistema interno (raffrescamento passivo) o utilizzando le pompe di calore reversibili (raffrescamento attivo).

Gli impianti ad energia geotermica hanno un bassissimo impatto ambientale (nullo addirittura se l'energia elettrica usata dalla pompa di calore viene prodotta in maniera pulita integrandola con impianto fotovoltaico), comportando la più bassa emissione di gas serra rispetto a tutte le altre tecnologie esistenti.

Lo scambio di calore con il terreno avviene mediante un insieme di tubi in polietilene che possono essere interrati orizzontalmente o verticalmente.

La modalità del circuito di scambio – detto "geoscambiatore" – può essere principalmente di tre tipi:

- **Sonde Geotermiche Verticali**



Gli scambiatori vengono inseriti in perforazioni poi sigillare con prodotti specifici al fine di preservare le falde acquifere e massimizzare lo scambio termico. Si parla in questo caso di sonde geotermiche. Il costo è di 10 – 20 volte maggiore rispetto all'orizzontale per via dei costi di perforazione (50 €/metro), ma il macchinario è identico alla soluzione con scambiatori orizzontali. È possibile posizionare le sonde anche sotto la costruzione ma ci sono dei dubbi sul lungo termine.

- **Collettori orizzontali**



Gli scambiatori vengono posati in scavi, presuppongono quindi la disponibilità di un ampio spazio. Per avere l'idea dell'ordine di grandezza, una villetta isolata richiede circa di 180 mq, è necessario dunque uno scavo di 150 m profondo all'incirca 1 metro.

**- Pozzi di prelievo Geotermici**

Le sonde geotermiche verticali sono costituite da uno (o due) circuiti chiusi formati da tubi in polietilene di diametro 32-40 mm. inseriti all'interno di una perforazione di diametro 140-152 mm. e di profondità generalmente comprese tra 50 e 200 m. L'intercapedine tra foro e tubazione è riempita mediante miscele di cemento, bentonite e sabbia silicea (che devono garantire buone caratteristiche di conducibilità termica e di impermeabilità).

La lunghezza dei tubi, la profondità a cui arrivare ed il numero di loop da utilizzare vengono calcolati in base alla latitudine del luogo, al tipo di sottosuolo ed ai carichi termici dell'edificio.

Solitamente vengono utilizzati tubi a loop chiuso all'interno dei quali scorre una miscela con anticongelante non tossico ma esistono anche applicazioni che pescano acqua da una falda.

Impianti ad energia geotermica sono oggi molto diffusi nel Nord Europa, Stati Uniti, Canada e Australia, dunque, la loro validità è ampiamente dimostrata.

La pompa di calore permette il trasferimento di calore da una sorgente "fredda" ad un ambiente più caldo (invertendo ciò che avverrebbe naturalmente). Il rendimento della pompa di calore è tanto maggiore quanto minore è l'intervallo di temperatura tra la sorgente fredda e l'impianto di distribuzione. Per questo motivo uno scambiatore geotermico (dotato di temperatura costante di 10°-12°) permette di ottimizzare la resa della p.d.c.

La pompa di calore, grazie all'elevata efficienza, permette di fornire calore ad un ambiente mediante una quota di energia elettrica ed un contributo rilevante "gratuito" del terreno.

Il rapporto tra l'energia termica fornita all'impianto e l'energia elettrica assorbita è la misura dell'efficienza della pompa di calore (detto C.O.P. - Coefficiente di prestazione).

La geotermia può essere applicata in tutte le zone per la climatizzazione di ogni tipo di edificio, con alcuni pre-requisiti preferenziali:

Assenza di situazioni geologiche sfavorevoli (es. grandi spessori di ghiaie secche, grandi sistemi carsici, zone di tutela pozzi potabili)

Edifici con prestazioni energetiche medio-elevate, con utilizzo non saltuario. Maggiori convenienze per edifici che richiedono anche il raffrescamento

Impianto di distribuzione interno all'edificio a temperatura di diffusione bassa o media ( $T < 40-45^\circ$ ). Maggiore convenienza nel caso di pannelli radianti (che permettono anche il raffrescamento).

## **LE SONDE GEOTERMICHE**

Le sonde geotermiche verticali vengono posate in opera nel senso perpendicolare alla superficie terrestre e pertanto necessitano di posa in opera mediante perforazione.

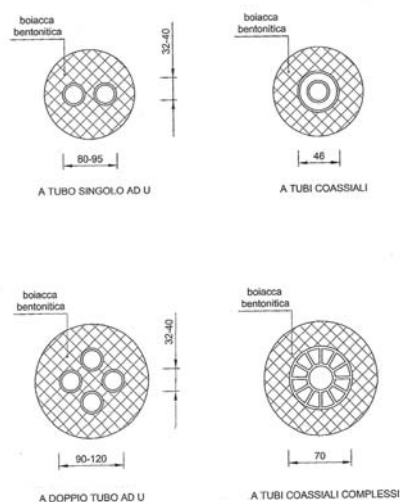
Le singole sonde, alloggiare in fori di diametro di 14-15 cm raggiungono in genere profondità di circa 100-150 m per cui la temperatura del terreno risente poco delle fluttuazioni stagionali. Da notare che il limite in profondità è strettamente legato alla massima pressione di esercizio alla quale si ritiene far lavorare la sonda.

La profondità mediamete raggiunta varia da regione a regione, e dipende ovviamente dal tipo di suolo. In Germania ad esempio per Legge non si può scendere sotto i 100 metri mentre in Svizzera, paese con la maggiore densità di scambiatori verticali nel mondo, si va dai 50 ai 350 metri con tendenza ad aumentare la profondità per sfruttare al meglio le temperature più elevate del terreno.

All'interno delle perforazioni si introducono le tubazioni (in genere a U, a doppia U, coassiali o coassiali comlessi) munite di contrappeso e il vuoto viene costipato con

# 11

miscele bentonite-cemento che consentono di assicurare un buon contatto termico tra i tubi e la parete di perforazione.



(Tipologie di sonde verticali)

Le diverse sonde sono idraulicamente raccordate in superficie mediante appositi collettori.

Prima di essere collegate alla pompa di calore le sonde vanno riempite di una soluzione di acqua e glicole, che consentirà alle sonde di scambiare energia con il sottosuolo, ovvero consentirà di trasferire calore dal sottosuolo in inverno e cedere calore durante la stagione estiva. Il fluido termovettore nei sistemi a terreno a circuito chiuso può essere acqua solo raramente, cioè qualora si abbia la certezza che le temperature del fluido stesso non scendano al di sotto di 0°C. Grazie ad esperienze oggi è prassi utilizzare glicole propilenico 1,2 propandiolo; ha infatti la caratteristica di non essere tossico, e in basse quantità è utilizzato come additivo nell'industria alimentare.

Per il dimensionamento degli impianti di grosse dimensioni è opportuno preventivamente realizzare una perforazione di prova per individuare con esattezza le caratteristiche del terreno e condurre la fase di progettazione conoscendo esattamente le caratteristiche del terreno evitando surdimensionamenti cautelativi che penalizzano i costi di primo impianto.

Per evitare interferenze con le fondazioni dell'edificio è necessario posizionare le sonde ad almeno 5 metri.

La quantità di calore che si possono estrarre per unità di lunghezza di perforazione può raggiungere i 50 [W/m].

Nel momento in cui si installano più scambiatori verticali è necessario considerare l'effetto di interferenza termica fra i diversi scambiatori. La distanza indicativa per ridurre l'interferenza è di non meno di 4,6 metri per un clima freddo e non meno di 6,1 metri per un clima caldo; in generale l'esperienza Svizzera consiglia una distanza dai 7-8 fino ai 10 metri.

### **IL FUNZIONAMENTO DI UN IMPIANTO GEOTERMICO A SONDE VERTICALI**

Come precedentemente indicato, nei primi 100-150 metri, la temperatura del sottosuolo è costante pari a circa 13°C. Per estrarre calore dal sottosuolo mediante sonda geotermica verticale è sufficiente immettere acqua nella sonda ad una temperatura di 4-6°C inferiore a quella del sottosuolo. Trovando il terreno a 13°C circa dopo aver percorso 200 metri, 100 in discesa e 100 in salita l'acqua tornerà in superficie ad una temperatura superiore a quella a cui è stata immessa.

La differenza di temperatura fra mandata e ritorno ( $\Delta T$ ) pari a circa 4°C, implica che ogni kg di acqua transitato nel circuito, ha ceduto alla pompa di calore 4 kcal, che poi verranno trasferite dalla pompa di calore, al circuito dell'impianto di riscaldamento che lavora a temperatura più elevata.

### **APPROCCI PROGETTUALI**

Aspetti fondamentali per gli impianti a terreno e per assicurare un corretto dimensionamento sono due:

- Conoscenza delle proprietà del terreno;
- Valutazione dello scambio termico sul breve, medio e lungo periodo.

Metodi semplificati sono accettabili solo al di sotto dei 30 kW; al di sopra di tale valore come nel caso in progetto oggetto di Tesi sono necessari la simulazione software e un test di resa termica sul campo.

# 11

Quando si va a sollecitare il terreno con importanti prelievi ed immissioni di energia durante l'anno è senza dubbio necessario valutare attraverso opportune procedure di dimensionamento l'andamento delle temperature dello scambiatore geotermico in un arco temporale di 20 – 30 anni allo scopo di assicurare che le temperature minime e massime di ingresso e di uscita della pompa di calore e dell'impianto rimangano coerenti con i valori di progetto.

Il "Ground Response Test" GRT, è lo strumento che permette di rilevare le proprietà termofisiche di scambio del sottosuolo, e di conseguenza di procedere al corretto dimensionamento del campo geotermico; il test consente tra l'altro, la determinazione della conduttività termica equivalente del terreno e della resistenza termica effettiva del pozzo geotermico.

Allo scopo di effettuare un dimensionamento corretto è necessario conoscere quindi:

- Conduttività termica del terreno (dal GRT);
- Resistenza termica equivalente del pozzo (dal GRT);
- Temperatura del terreno indisturbato (media annuale delle temperature dell'aria esterna);
- Caratteristiche della sonda (diametro, materiale);
- Caratteristiche del pozzo (diametro, materiale di riempimento);
- Layout del campo di sonde;
- Portata del pozzo;
- Fluido termovettore;
- Tipologia di pompa di calore scelta (elettrica o ad assorbimento);
- Fabbisogno termico e di raffrescamento mese per mese;
- Carico termico di picco mese per mese;
- COP medio mensile della pompa di calore;

fondamentale assicurare che il deflusso sia in regime turbolento, di norma la portata per sonda è compresa fra 1,0 e 3,0 mc/ora secondo l'esperienza media in Svizzera; si sceglie comunque la portata più bassa possibile allo scopo di minimizzare le perdite di carico e quindi i consumi di pompaggio.

## **SITUAZIONE INVERNALE – RISCALDAMENTO**

In modalità riscaldamento il fluido di circolazione scende attraverso la sonda di mandata ad una temperatura inferiore a quella del terreno (per esempio a 3-4° se è costituito solo da acqua, o a 0° se è additivata con glicole) e risale ad una temperatura di 4-5° superiore, dopo avere estratto calore dal terreno per conduzione.

La pompa di calore è in grado di trasferire il calore estratto dal terreno all'impianto di distribuzione facendo uscire acqua ad una temperatura di 30-32° (nel caso dei pannelli radianti); l'acqua di ritorno dall'impianto rientra nella pompa di calore ad una temperatura di 4-5° inferiori, dopo avere ceduto calore all'ambiente.

## **SITUAZIONE ESTIVA – RAFFRESCAMENTO ATTIVO**

Il raffrescamento attivo (active cooling o direct cooling) presuppone il funzionamento della pompa di calore anche in estate. Il fluido di circolazione deve scendere attraverso la sonda di mandata ad una temperatura superiore a quella del terreno (per esempio a 25-30°) e risale ad una profondità di 4-5° inferiore, dopo avere "ceduto" calore al terreno.

Anche in questo caso la pompa di calore trasferisce il calore dal corpo più caldo (ambiente), a quello più freddo (terreno) operando l'inversione del ciclo rispetto alla modalità di funzionamento invernale. In uscita dalla pompa l'acqua può raggiungere la temperatura necessaria per il raffrescamento con pannelli radianti (16-20°) o con i fancoil (7-12°). Il raffrescamento attivo va abbinato alla deumidificazione degli ambienti.

## **SITUAZIONE ESTIVA – RAFFRESCAMENTO NATURALE**

Il raffrescamento naturale (natural cooling, free cooling o geocooling) è una particolare applicazione, che permette un effetto di climatizzazione estiva semplicemente facendo circolare all'interno dei pannelli radianti l'acqua di ritorno dalle sonde geotermiche verticali.



E' necessaria la predisposizione specifica della pompa di calore. Anche in questo caso il raffrescamento naturale va abbinato alla deumidificazione degli ambienti.

Il natural cooling è il sistema di condizionamento più economico ed ecologico.

## PRINCIPALI VANTAGGI DELLA GEOTERMIA

- **Impianto ecologico:** non ci sono emissioni dirette nell'aria; gli unici impatti "indiretti" sono legati ai consumi elettrici; notevole riduzione di emissione di CO<sub>2</sub>; l'Ente Americano per la Protezione dell'Ambiente ha dichiarato che la Geotermia è la tecnica di climatizzazione più efficiente ed ecologica possibile;
- **Risparmio sui consumi:** il costo di gestione degli impianti geotermici è più economico di circa il 50% rispetto ai costi di gestione di impianti alimentati con il gas metano; in assenza di agevolazioni ed incentivi i tempi di ritorno del maggior investimento iniziale variano da un minimo di 6 anni ad un massimo di 12 anni;
- **Sicurezza:** non ci sono rischi di perdite di monossido di carbonio o di fuoriuscita di gas; con l'utilizzo delle "cucine a piastra" è possibile eliminare totalmente l'impianto a gas dell'edificio;
- **Confort:** una volta realizzato, la gestione della climatizzazione richiede solamente rari interventi di manutenzione sulla pompa di calore; gli ingombri sono inferiori a quelli degli impianti tradizionali (sommando macchine per caldo e freddo); non è necessario un locale tecnico dedicato (suggerito in impianti importanti);

## CALCOLO DELLA POTENZA TERMICA NECESSARIA AL RISCALDAMENTO INVERNALE MODULO ABITATIVO

La potenza dell'impianto di riscaldamento viene ricavata considerando la massima dispersione di calore che l'edificio raggiunge nella peggior condizione possibile: viene considerata una temperatura esterna di - 5°C ed

# 11

una interna di 20°C, quindi un  $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ , e per ogni superficie viene calcolato il flusso fuoriuscente.

$$\phi = (t_i - t_e) / (1/h_i + s/\lambda + 1/h_e) S = [(t_i - t_e) / R] S = K \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

In base a quanto ricavato dallo studio riportato nel capitolo di confort igrotermico, applicando la formula sopra esposta ottengo una dispersione attraverso l'involucro pari a 209,10 W considerato che il modulo si trova in un ambiente già riscaldato e quindi dato un  **$\Delta t$  di 5°C**.

Se consideriamo e dunque verifichiamo il modulo all'esterno del capannone recuperato per eventuali altri usi in cui è a contatto con l'ambiente circostante e quindi con un  **$\Delta t$  di 25°C** ricaviamo che la dispersione attraverso l'involucro salirà a 1045,30 W.

Nel caso in esame il "consumo" relativo ai **69 moduli utilizzati** è pari a circa 14427,90 W (14 kW), questo valore verrà utilizzato insieme agli altri valori trovati per il dimensionamento della pompa di calore geotermica.

Se gli stessi moduli fossero utilizzati in ambiente non riscaldato richiederebbero invece, globalmente circa 72125,80 W (72 kW) considerato un  **$\Delta t$  di 25°C**.

## CALCOLO DELLA POTENZA TERMICA NECESSARIA AL RISCALDAMENTO INVERNALE INVOLUCRO

Anche in questo caso, la potenza dell'impianto di riscaldamento viene ricavata considerando la massima dispersione di calore che l'edificio raggiunge nella peggior condizione possibile: viene considerata una temperatura esterna di  $-5^\circ\text{C}$  ed una interna di  $20^\circ\text{C}$ , quindi un  **$\Delta T = 25^\circ\text{C}$** , e per ogni superficie viene calcolato il flusso fuoriuscente con la formula precedentemente riportata:

# 11

$$\phi = (t_i - t_e) / (1/h_i + s/\lambda + 1/h_e) S = [(t_i - t_e) / R] S = K \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

## CALCOLO POTENZA NECESSARIA PER DISPERSIONI ATTRAVERSO L'INVOLUCRO

CHIUSURE	$K_{medio}$ [W/m <sup>2</sup> K]	S [m <sup>2</sup> ]	$\Delta T$	$\phi$ [W]
<i>Opache verticali</i>	0,218	815,24	25	5177,90
<i>Trasparenti facciata</i>	1,374	619,98	25	22752,45
<i>Basamento</i>	0,198	3028,79	11,25	6740,35
<i>Copertura</i>	0,244	3245,68	25	19820,40
<i>Trasparenti finestre</i>	1,647	18,18	25	823,44
<i>Trasparenti cop. A</i>	2,018	48,40	25	2808,52
<i>Trasparenti cop. B</i>	2,034	105,75	25	6182,91
<b>TOTALE POTENZA</b>				<b>64305,97</b>

La dispersione di calore attraverso l'involucro è quindi calcolato in circa **64305,97 W**, (**64 kW**), possiamo inoltre considerare cautelativamente che le infiltrazioni d'aria richiedano una potenza aggiuntiva pari a circa **3 Kw** tenendo conto di 0,1 volumi/ora sulla globalità dell'involucro.

## GEOTERMIA PROGETTO DI RECUPERO CAPANNONI NELL'AREA EX FAINI – SCELTE PROGETTUALI

Per il riscaldamento/condizionamento del volume recuperato della cubatura complessiva di **19.855,54 mc.** su una superficie complessiva di **3.028,79 mq.**, si è pensato di installare delle pompe di calore terra/acqua ad elevato rendimento

Il vantaggio di questo sistema sono molteplici:

- la riduzione delle emissioni di CO2 rispetto alle pompe di calore ad assorbimento alimentate a gas e a condensazione, grazie ad elevati valori di COP (Coefficient of Performance), fino 4,7 secondo EN14511 per la versione terra/acqua;
- riduzione dei costi annuali di riscaldamento di circa il 50%;
- temperatura di mandata fino a 55° C;
- Funzionamento monovalente per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria;
- Massima efficienza in ogni punto di funzionamento;

- Elevata sicurezza di esercizio, affidabilità e silenziosità;

Il sistema in questione è ideale per il riscaldamento di utenze ricettive come quella oggetto di tesi in applicazione geotermica. Ha la possibilità di fornire anche il raffreddamento in free-cooling (unità spenta) o in applicazioni geotermiche per raffrescamento attivo (unità accesa).

A questo scopo sono state scelte delle pompe di calore **Viessmann Vitocal 300**, che con il loro sistema RCD (Refrigerant cycle diagnostic System) e la valvola di espansione elettronica assicurano elevati coefficienti di lavoro annui grazie al controllo continuo e a un rapporto di regolazione ottimizzato, riducendo di conseguenza i costi di funzionamento. Grazie al compressore ermetico Scroll ad alta efficienza vengono raggiunte temperature di mandata fino 55°C garantendo un elevato confort sanitario. Le pompe di calore sfruttano al meglio l'energia termica presente in natura e possono essere impiegate come fonte di riscaldamento altamente efficiente per tutto l'arco dell'anno.

Questo tipo di pompa è predisposta per l'abbinamento al Natural Cooling Box o l'Active Cooling Box. Con quest'ultimo accessorio è possibile produrre acqua refrigerata e recuperare il calore di condensazione quando richiesto.

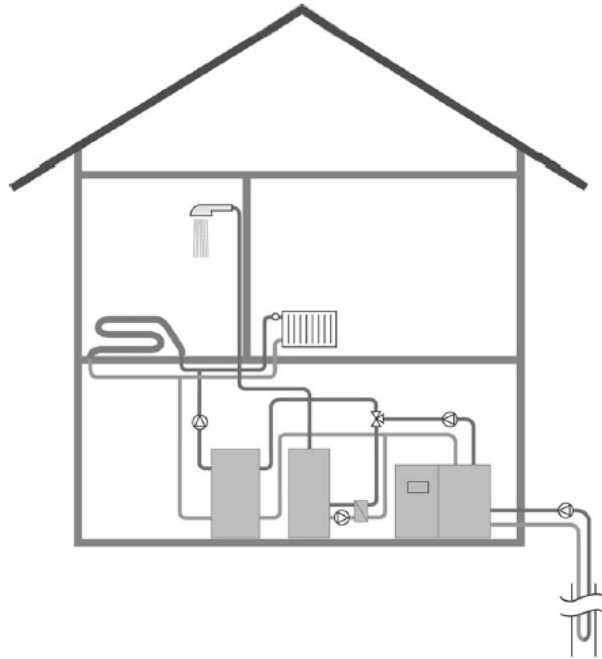
Per quanto riguarda la regolazione, la pompa Vitocal 300 consente anche la gestione e il comando a distanza tramite appositi accessori.

Per l'impiego nel caso vengano richieste potenze elevate come nel progetto qui analizzato è possibile gestire fino a 4 pompe di calore in cascata (1 master + 3 slave) che, grazie alla struttura modulare, sono più semplici da installare. Questo tipo di pompa di calore risponderà nel progetto in esame anche alle esigenze di raffrescamento passivo degli edifici con l'abbinamento del già menzionato accessorio Natural Cooling.

Il "Natural Cooling" permette di utilizzare queste sorgenti di calore naturale per ridurre la temperatura degli ambienti interni, senza che sia necessario attivare il compressore presente nel circuito frigorifero. Questo sistema si rivela un metodo per raffreddare gli edifici particolarmente conveniente dal punto di vista energetico ed economico. Infatti l'unico assorbimento elettrico richiesto è quello dei circolatori del circuito primario e secondario. In questo modo l'inerzia termica dall'edificio viene

# 11

mantenuta a un livello costantemente basso durante tutta la giornata, attenuando così i picchi termici nelle ore centrali.



(Schema impianto geotermico a sonde verticali)

Se consideriamo i **64305,97 W** richiesti dall'involucro e i **14427,90 W** richiesti dai moduli abitativi e i **3000,00 W** per le infiltrazioni d'aria, otteniamo che la potenza richiesta ad esclusione della produzione di ACS (trattata nel capitolo successivo) è pari a **81733,87 W** dunque la pompa di calore terra/acqua Vitocal 300 modello WW280 è in grado di coprire il fabbisogno richiesto in quanto la potenzialità utile in riscaldamento è pari a **81,2 kW**.

Per quanto riguarda le principali caratteristiche possiamo richiamare la potenza elettrica assorbita pari a **18,9 kW** e dunque il relativo COP (Coefficiente di prestazione) dato dal rapporto tra le due potenze e pari a 4,3.

# 11

In seguito viene riportata la scheda con i principali dati tecnici della pompa di calore geotermica adottata:

## Dati tecnici (continua)

### Impiego come pompa di calore terra/acqua

Vitocal 300	Tipo	WW 240	WW 254	WW 268	WW 280
<b>Dati di resa</b>					
<b>Potenzialità utile in riscaldamento</b>	kW	39,6	55,6	68,6	81,2
Funzionamento B0/W35*1 secondo EN 255					
Potenza refrigerante	kW	30,4	42,7	52,6	62,3
Potenza elettrica assorbita*2	kW	9,2	12,9	16,0	18,9
Coefficiente di rendimento COP		4,3	4,3	4,3	4,3
<b>Acqua riscaldamento (secondario)</b>					
Capacità	litri	3,5	4,9	5,9	7,0
Portata min.*3	litri/h	3600	4800	6200	7200
Perdita di carico	mbar	90	80	100	100
Temperatura di mandata max.	°C	55	55	55	55
<b>Circuito di terra (primario)</b>					
Capacità	litri	3,5	4,9	5,9	7,0
Portata min.*3	litri/h	9200	12600	15600	18600
Perdita di carico	mbar	650	650	710	740
Temperatura max. d'ingresso	°C	25	25	25	25
Temperatura min. d'ingresso	°C	-5	-5	-5	-5
<b>Valori elettrici</b>					
Pompa di calore					
Tensione nominale					
3/N/PE 400 V~/50 Hz					
Corrente nominale (max.)	A	29,2	38,4	46	55,6
Corrente di avviamento (per ogni compressore)	A	47	64	80	95
Corrente di avviamento (per ogni compressore) (con rotore bloccato)	A	94	127	159	189
Fusibile di protezione (ritardata)	A	3 × 40	3 × 60		3 × 80
Tipo di protezione					
IP 20					
Tensione nominale circuito di comando					
230 V~/50 Hz					
Protezione (interna)					
T 6,3 A H					
<b>Circuito del freddo</b>					
Fluido di lavoro					
R 407 C					
Volume di riempimento	kg	2 × 5,0	2 × 5,5	2 × 6,0	2 × 6,5
Compressore					
2 Scroll ermetici					
<b>Dimensioni d'ingombro</b>					
Lunghezza totale	mm	760	760	760	760
Larghezza totale	mm	1200	1200	1200	1200
Altezza totale	mm	1505	1505	1505	1505
<b>Pressione massima d'esercizio</b>					
Circuito di terra (primario)	bar	4	4	4	4
Circuito acqua di riscaldamento (secondario)	bar	4	4	4	4
<b>Attacchi</b>					
Primario ON e OFF	R	2	2	2	2
Mandata e ritorno riscaldamento	R	1¼	1¼	1½	1½
<b>Peso</b>	kg	440	480	520	540

(Scheda tecnica pompa di calore geotermica terra-acqua)

**CONCETTO IMPIANTISTICO SPAZIO EX FAINI**

Ventilazione meccanica con unità di trattamento aria con il recupero termico ad altissima efficienza con abbinata la posa di pavimenti radianti. La copertura termica del carico base deriva da energia geotermica sfruttata attraverso sonde geotermiche verticali, pompe di calore reversibili e raffrescamento come precedentemente indicato in Free-Cooling.

**CONCETTO IMPIANTISTICO DEL MODULO**

Pavimentazioni radianti per riscaldamento e raffrescamento a bassa temperatura con ventilazione meccanica con recupero termico ad altissima efficienza per il controllo della qualità dell'aria e dell'umidità. Per l'applicazione in oggetto è stato scelto il sistema a lamelle di efficienza DRY. Il tipo di sistema si caratterizza per la mancanza del massetto di cemento, permette dunque di realizzare l'impianto con spessori ridotti rispetto a quelli tradizionalmente richiesti. Il pannello è di polistirene sintetizzato stampato in idrorepellenza a celle chiuse, di elevata resistenza meccanica, con superficie superiore sagomata con incavi speciali per l'alloggiamento delle lamelle termo conduttrici porta tubo. Le lamelle sono di acciaio zincato per la diffusione del calore e il contenimento del tubo di polietilene ad alta densità reticolato nella sua massa per via elettrofisica, con barriera antiossigeno. Per il funzionamento e la massima efficienza in raffrescamento, oltre che in riscaldamento, l'impianto deve essere dotato di un sistema di termoregolazione in grado di garantire il controllo di tutti i parametri e di un sistema di deumidificazione che permetta di tenere sotto controllo l'umidità dell'aria ed eviti i rischi di condensa.

*"La verità si ritrova sempre nella semplicità, mai nella confusione."*

*Isaac Newton*

---





# 12

In Europa, l'edilizia è responsabile di un terzo dei consumi energetici globali, dunque delle emissioni di Anidride Carbonica dovute alla combustione delle fonti fossili. Ridurre i consumi nel settore edilizio non è sinonimo di "maggiore spesa" ma di "risparmio".

Negli anni a venire, tutti gli edifici dovranno essere a emissioni zero, la legislazione britannica ha già stabilito che nel 2016 tutti i nuovi edifici non dovranno emettere nell'ambiente CO<sub>2</sub>. Bisogna inoltre prendere coscienza del fatto che l'incremento di valore di un'edificio a basse emissioni può essere maggiore dell'incremento di costo. I vantaggi che derivano dall'utilizzo dell'energia solare sono molteplici:

- Il sole è una fonte di energia inesauribile, almeno per le nostre prospettive temporali;
- Il sole è l'unica fonte di energia "esterna" rispetto alle risorse disponibili sul nostro pianeta;
- L'energia solare è distribuita in maniera molto più uniforme sul pianeta rispetto a tutte le attuali fonti energetiche;
- L'energia solare che investe la Terra è circa 15.000 volte superiore al fabbisogno energetico mondiale. Basti pensare che l'energia solare che investe in un anno una superficie di poco meno di 2 metri quadrati di suolo (Italia Centrale) equivale ai consumi elettrici annuali di una famiglia media (circa 3.000 kWh).

## **PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA**

I sistemi normalmente utilizzati per produrre acqua calda sanitaria sono: quello istantaneo e quello ad accumulo; Il sistema istantaneo è concepito e dimensionato per fare fronte alle richieste d'acqua calda con una produzione diretta; Il sistema ad accumulo è invece concepito e dimensionato per fare fronte alle richieste d'acqua calda sia con produzione diretta, sia con l'aiuto di una riserva d'acqua preriscaldata.

Rispetto a quello istantaneo, il sistema ad accumulo consente l'utilizzo di generatori meno potenti e un funzionamento dell'impianto più continuo e regolare e quindi a maggiore resa termica.

# 12

La pompa di calore geotermica, ampiamente analizzata nel precedente capitolo, può sfruttare il calore estratto dal terreno anche per la produzione dell'acqua sanitaria. In questo caso, essendo maggiore la temperatura dell'acqua da produrre l'efficienza della pompa tende ad abbassarsi leggermente. Anche per questo è opportuno valutare sempre la possibilità di produrre l'acqua calda sanitaria con un'altra fonte energetica pulita costituita dai pannelli solari ed eventualmente integrata con l'impianto geotermico.

Di seguito verranno esaminati i principali parametri che servono a calcolare il volume di un serbatoio di accumulo:

TIPO UTENZA	Consumi nei periodi di punta							temperatura utilizzo	periodo punta	periodo prerisc.	
<b>Edifici Residenziali</b>	260 l	per ogni alloggio con 1 locale servizi <sup>(1)</sup>							40°C	1,5 h	2,0 h
	340 l	per ogni alloggio con 2 locali servizi <sup>(1)</sup>									
<sup>(1)</sup> I consumi previsti vanno moltiplicati per il fattore di contemporaneità ( <b>F</b> ) che dipende dal numero di alloggi ( <b>n</b> )											
<b>n</b>	1÷5	6÷12	13÷20	21÷30	31÷45	46÷60	61÷80	81÷110	111÷150	151÷200	>200
<b>F</b>	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50

**PERIODO DI PUNTA:** È il periodo, valutato in ore, in cui risulta concentrato il maggior consumo d'acqua calda.

**CONSUMO D'ACQUA CALDA NEL PERIODO DI PUNTA:** È il consumo totale di acqua calda nel periodo di punta.

**PERIODO DI PRERISCALDAMENTO:** È il tempo che può essere riservato al preriscaldamento dell'acqua nei bollitori.

**TEMPERATURA DI UTILIZZO DELL'ACQUA CALDA:** Per le utenze più comuni, il suo valore può essere derivato dalla tabella.

**TEMPERATURA DELL'ACQUA FREDDA:** Il suo valore dipende da molti fattori quali la temperatura del terreno, la temperatura esterna, la zona di provenienza dell'acqua

# 12

e la natura della rete di distribuzione. Consideriamo nel caso in progetto una temperatura di 14°C.

*TEMPERATURA DI ACCUMULO DELL'ACQUA CALDA:* Il suo valore deve essere scelto in funzione dei seguenti criteri:

- evitare (o almeno limitare) fenomeni di corrosione e deposito del calcare. Tali fenomeni sono molto più rapidi e aggressivi quando l'acqua di accumulo supera i 60-65°C;
- limitare le dimensioni dei bollitori. Basse temperature dell'acqua di accumulo fanno aumentare notevolmente il volume dei bollitori;
- evitare lo sviluppo nell'acqua dei batteri. In genere i batteri possono sopportare a lungo temperature fino a 50°C. Muoiono invece in tempi rapidi oltre i 55°C.

In considerazione di questi aspetti, accumulare acqua calda a 60°C è in genere un buon compromesso, compatibile anche con i limiti imposti dalla attuale norma UNI 9182.

## SERBATOIO DI ACCUMULO

Per calcolare il volume di un bollitore si procede nel modo seguente.

Il consumo d'acqua calda C richiesta nel periodo di punta, in base ai criteri esposti in precedenza:

	n°	litri
Alloggi con doppi servizi	1	340
Alloggi con unico servizio	20	260
F: Fattore di contemporaneità		0,9
<b>C: TOTALE CONSUMO LITRI ACS</b>		<b>4986</b>

# 12

Si calcola successivamente il calore totale  $Q_t$  necessario per riscaldare l'acqua richiesta nel periodo di punta, moltiplicando quest'ultimo valore per il salto termico che sussiste fra la temperatura di utilizza ( $t_u$ ) dell'acqua calda e la temperatura di alimentazione dell'acqua fredda ( $t_f$ ):

$$Q_t = C (t_u - t_f) = 4986 \text{ litri} \times (40 - 14) \text{ }^\circ\text{C} = \mathbf{129636 \text{ kcal}}$$

A questo punto si calcola il calore orario  $Q_h$  che deve essere ceduto all'acqua in base al calore totale richiesto e al tempo in cui può essere ceduto: cioè in base al tempo dato dalla somma fra il periodo di preriscaldamento ( $t_{pr}$ ) e il periodo di punta ( $t_{pu}$ ):

$$Q_h = Q_t / (t_{pu} + t_{pr}) = 129636 \text{ kcal} / (1,5 + 2,0) \text{ h} = \mathbf{43212 \text{ kcal/h}}$$

Determino il calore da accumulare  $Q_a$  nella fase di preriscaldamento moltiplicando il calore orario ( $Q_h$ ) per il periodo di preriscaldamento ( $t_{pr}$ ):

$$Q_a = Q_h \times t_{pr} = 43212 \text{ kcal/h} \times 2 \text{ h} = \mathbf{86424 \text{ kcal}}$$

Calcolo ora il volume  $V$  del preparatore d'acqua calda dividendo il calore da accumulare ( $Q_a$ ) per la differenza fra la temperature dell'acqua di accumulo ( $t_a$ ) e la temperature dell'acqua fredda ( $t_f$ ):

$$V = Q_a / (t_a - t_f) = 86424 \text{ kcal} / (60 - 14) \text{ }^\circ\text{C} = \mathbf{1878,8 \text{ litri}}$$

Il serbatoio del preparatore d'ACS in commercio più vicino alla capacità calcolata ha un volume di **2000 litri**.

# 12

## CALCOLO DELLA POTENZA NECESSARIA AL RISCALDAMENTO DELL'ACS

La potenza utile per riscaldare il quantitativo di acqua è facilmente ricavabile definendo la portata oraria e il salto termico: con 2000 litri da preparare in due ore possiamo ipotizzare 1000 litri/ora. Da qui il calcolo della potenza è semplicemente basato sul  $\Delta T$  tra temperatura dell'acqua entrante e temperatura dell'acqua da fornire all'utenza:

Considerando una  $T = 14^{\circ}\text{C}$  dell'acqua proveniente dall'aquedotto, ed una  $T = 40^{\circ}\text{C}$  finale si ricava una potenza necessaria dell'impianto di **26,00 kW**.

Questo dato è avvalorato anche dal fatto che la norma VDI 4640 indica 500 watt per persona la potenza necessaria. Nel caso in progetto avremmo:

$0,5 \text{ kW/persona} \times 36 \text{ persone} = \mathbf{18,00 \text{ Kw}}$ .

Per questa richiesta di ACS verrà installato un serbatoio di accumulo collegato a collettori solari a tubi sottovuoto. Il principio di funzionamento verrà descritto nel paragrafo successivo che tratterà specificatamente il solare termico.

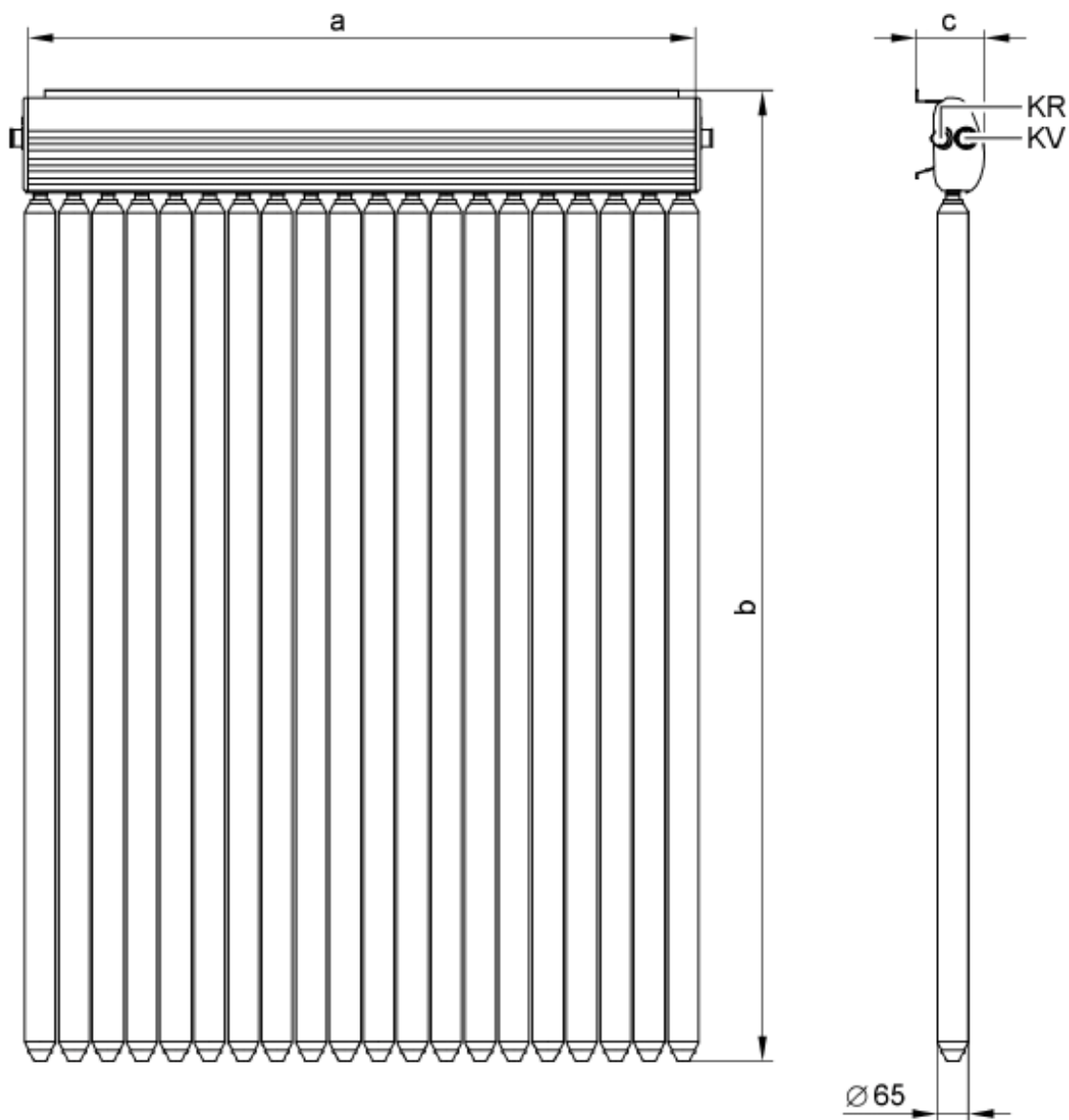
## COLLETTORE SOLARE PER LA PRODUZIONE DI ACS

I pannelli esposti verso sud sulla copertura piana delle torri sono caratterizzati da elevati rendimenti e qualità assoluta dei materiali. Per la produzione di ACS verrà installato un serbatoio di accumulo pari a 5000 litri e collettori solari a tubi sottovuoto **Viessmann VITOSOL 300-T**, in tal modo riusciremo a coprire il consumo totale pari a 4986 litri di ACS, limitando al minimo l'intervento della pompa di calore che avrebbe dovuto avere senza questo sistema una potenza pari a 26,00 kW.

Il principio di funzionamento prevede che il fluido termovettore non scorra direttamente nei tubi del collettore, bensì all'interno di uno speciale tubo termovettore collegato ad un condensatore. Il fluido, evaporando per effetto delle radiazioni solari, si condensa e cede calore allo scambiatore di calore. I condensatori sono completamente avvolti nello scambiatore di calore a doppio tubo, che ha notevoli capacità di assorbire il calore e di cederlo al fluido

# 12

termovettore che circola all'esterno dello scambiatore, in tal modo è possibile sostituire i tubi anche quando l'impianto è riempito e sotto pressione. Per ogni modulo abitativo verrà installato un **collettore da 3 mq** con 30 tubi per un totale di **60 mq** (20 moduli abitativi assemblati).



(Collettori solari a tubi)

In seguito riportiamo la scheda tecnica fornita dal produttore con riportate le principali caratteristiche tecniche:

# 12

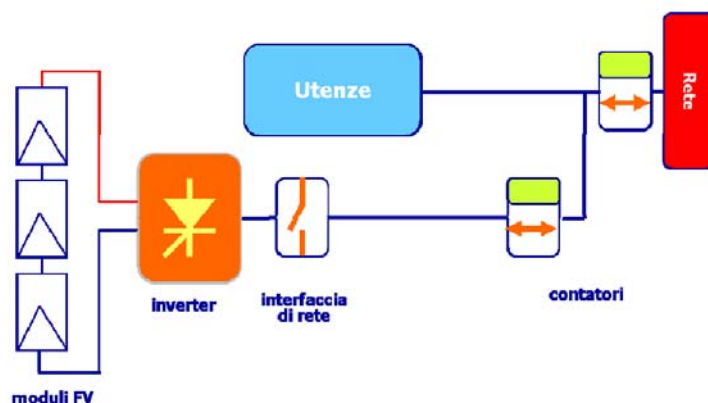
**Dati tecnici**

Tipo		SP3, 2 m <sup>2</sup>	SP3, 3 m <sup>2</sup>
Numero tubi		20	30
Superficie lorda* <sup>1</sup>	m <sup>2</sup>	2,88	4,32
Superficie di assorbimento	m <sup>2</sup>	2,05	3,07
Superficie di apertura* <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	2,11	3,17
<b>Dimensioni d'ingombro</b>			
Larghezza a	mm	1418	2127
Altezza b	mm	2031	2031
Profondità c	mm	143	143
Grado di rendimento ottico* <sup>3</sup>	%	81,5	78,4
Coefficiente di dispersione termica k <sub>1</sub> * <sup>3</sup>	W/(m <sup>2</sup> · K)	1,43	1,36
Coefficiente di dispersione termica k <sub>2</sub> * <sup>3</sup>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,0076	0,0045
Capacità termica	kJ/(m <sup>2</sup> · K)	5,4	5,4
Peso	kg	51	76
Contenuto di liquido (fluido termovettore)	litri	1,2	1,8
Pressione max. d'esercizio* <sup>4</sup>	bar	6	6
Temperatura max. di inattività* <sup>5</sup>	°C	150	150
Attacco	Ø mm	22	22
Requisiti del sottotetto e ancoraggio		costruzione della copertura del tetto sufficientemente resistente alla forza del vento	

(Scheda tecnica)

## FOTOVOLTAICO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

Per cercare di rendere il più possibile indipendente dal punto di vista energetico il complesso in questione, verrà dotato di un'adeguato sistema fotovoltaico architettonicamente integrato nella copertura. I moduli in questione saranno collegati ad un inverter che collegato ad un'interfaccia di rete sarà inoltre in grado di immettere l'energia prodotta nella rete elettrica secondo lo schema seguente:



(Schema di immissione in rete dell'energia prodotta)

# 12

La produzione elettrica annua di un impianto fotovoltaico può essere stimata attraverso un calcolo che tiene conto:

- Della radiazione solare annuale del luogo;
- Di un fattore correttivo calcolato sulla base dell'orientamento, dell'angolo d'inclinazione dell'impianto e di eventuali ombre temporanee;
- Delle prestazioni tecniche dei moduli fotovoltaici, dell'inverter e degli altri componenti dell'impianto;
- Dalle condizioni operative dei moduli (con l'aumento della temperatura di funzionamento diminuisce l'energia prodotta).

La potenza di picco di un impianto fotovoltaico si esprime in kW<sub>p</sub> (chilovatt di picco), cioè la potenza teorica massima che l'impianto può produrre nelle condizioni standard di insolazione e temperatura dei moduli (1000W/mq e 25°C).

Nel progetto in questione si cercherà principalmente di coprire il fabbisogno richiesto dalla pompa di calore geotermica di **18,9 kW** per generare grazie al geotermico ben **81,2 kW**.

L'impianto verrà comunque collegato alla rete, in modo tale che durante i periodi estivi o di ridotto utilizzo delle residenze l'energia possa essere ceduta alla rete.

A questo scopo verranno installati **132 moduli** fotovoltaici Sunpower che forniranno una potenza nominale installata di picco pari a:

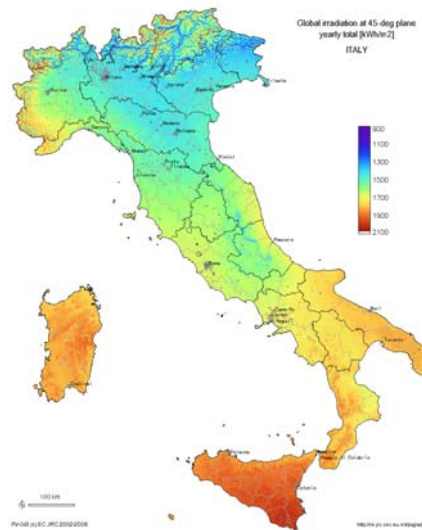
$$P_{PV} = \Sigma P_{mod} = 0,30 \text{ kW}_P \cdot 132 = \mathbf{39,60 \text{ kW}_P}$$

Questo particolare modulo fotovoltaico utilizza 96 celle solari con tecnologia in grado di fornire un elevato grado di energia per Watt di picco, il singolo modulo ne garantisce **300 W<sub>p</sub>**.

La disponibilità di energia solare fotovoltaica dipende però da quella radiazione solare che investe i moduli. Il profilo di quest'ultima subisce notevoli variazioni e generalmente si ricorre ai dati climatici delle località prossime a quella interessata all'installazione: quelli a cui si farà riferimento in questo dimensionamento sono forniti dall'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente).



# 12



Latitudine: 45°51'23" North

Longitudine: 9°24'14" East

Inclinazione ottimale: 35°

Radiazione globale annua sulla superficie inclinata: **1525 kWh/mq**

Le prestazioni possono essere stimate preventivamente secondo la seguente formula:

$$E_{pv} = k_{pv} \cdot \eta_{BOS} \cdot \eta_{mod} \cdot A_{pv} \cdot H$$

$k_{pv}$  : fattore di peggioramento che tiene conto dei fenomeni come il surriscaldamento, lo sporco depositato sui pannelli, le perdite nei circuiti e considerato convenzionalmente pari a 0,9;

$\eta_{mod}$  : efficienza nominale del singolo modulo fotovoltaico (%);

$H$  : irradiazione solare (kWh/mq anno);

$\eta_{BOS}$  : efficienza del B.O.S., la componentistica non fotovoltaica (0,8÷0,9);

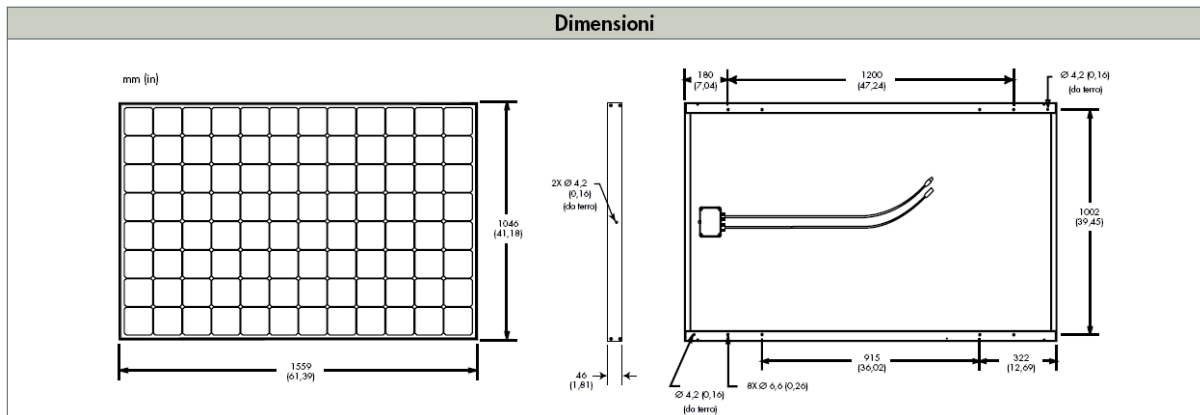
$A_{pv}$  : area dei pannelli (m<sup>2</sup>).

Considerando che il **numero di pannelli installati è in totale 132**, e che ognuno di essi ha una **superficie di 1,60 mq**, per **un'area totale di 211 mq**, nel nostro caso abbiamo perciò:

$$E_{pv} = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,184 \cdot 211 \text{ mq} \cdot 1525 \text{ kWh/mq anno} = 45293,05 \text{ kWh/anno}$$

# 12

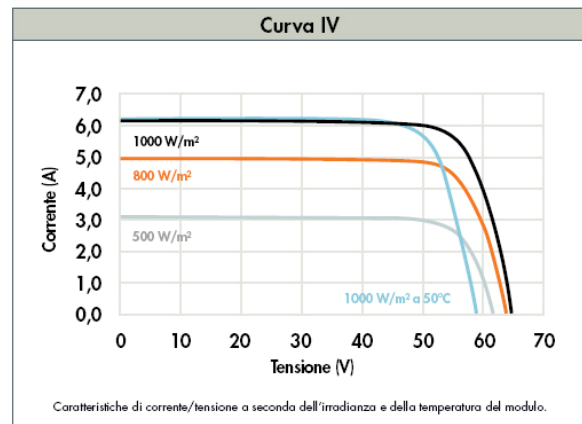
di energia elettrica producibile dall'impianto fotovoltaico a fronte dei 40824 kWh/anno richiesti dal sistema a pompa di calore geotermico, calcolando un'accensione media per circa dodici ore al giorno nei mesi da novembre a marzo.



(Pannello Sunpower 300)

Dati Elettrici		
Le misurazioni sono state effettuate in condizioni di prova standard (STC), irradianza di 1000 W/m <sup>2</sup> , massa dell'aria di 1,5g, e temperatura della cella di 25°C		
Potenza di picco (+/-3%)	Pmax	300 W
Tensione nominale	Vmp	54,7 V
Corrente nominale	Imp	5,49 A
Tensione a circuito aperto	Voc	64,0 V
Corrente di cortocircuito	Isc	5,87A
Tensione massima del sistema	IEC	1000 V
Coefficienti di temperatura		
	Potenza	-0,38%/°C
	Tensione (Voc)	-176,6 mV/°C
	Corrente (Isc)	3,5 mA/°C
Tensione nominale del fusibile		15 A
Potenza di picco per area unitaria		184 W/m <sup>2</sup>

Dati meccanici	
Celle solari	96 celle solari SunPower in silicio monocristallino con tecnologia back-contact
Vetro anteriore	4,0 mm (5/32 in) temprato
Scatola di giunzione	IP-65 con 3 diodi bypass
Cavi di uscita	Lunghezza dei cavi 900 mm / connettori Multi-Contact
Telaio	In lega di alluminio anodizzato tipo 6063
Peso	24 kg, 53 lbs



Condizioni operative di prova	
Temperatura	Tra -40°C e +85°C (-40°F e +185°F)
Carico max.	240 kg/m <sup>2</sup> (2400 Pascal) fronte e retro
Resistenza all'impatto	Hail - 25 mm (1 in) a 23 m/s (52 mph)

Garanzia e Certificazioni	
Garanzia	25 anni di garanzia sulla potenza
	10 anni di garanzia sul prodotto
Certificazioni	IEC 61215, test di sicurezza secondo IEC 61730

(Scheda tecnica pannello Sunpower 300)

# 12

## VALUTAZIONI ECONOMICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nelle analisi tecniche ed economiche si usa accreditare l'impianto di una vita complessiva di 25 anni. Se si considerano separatamente i componenti economicamente più rilevanti, si ha:

- I moduli monocristallini e policristallini, che attualmente è la tipologia più venduta al mondo, hanno una durata di vita da 25 a 30 anni, con una diminuzione delle prestazioni energetiche inferiore al 20%. Generalmente la garanzia, fornita dai produttori sul mantenimento di tali prestazioni, arriva a coprire 25 anni;
- Gli inverter, apparecchi ad elevata tecnologia, hanno una durata nel tempo abbastanza lunga, ma generalmente inferiore a quella dei moduli; il loro costo è relativamente contenuto

Un impianto fotovoltaico è un sistema completamente modulare, e la sostituzione di un qualsiasi componente è generalmente facile e veloce, a condizione che questa sostituzione sia prevista nella fase di progetto. I costi di realizzazione per l'impianto in questione vengono stimati in **6.000,00 €/kW<sub>p</sub>** dunque l'investimento totale sarà:

$$6.000,00 \text{ €/kW}_p \times 39,60 \text{ kW}_p = 237.600,00 \text{ €}$$

### IL COSTO DEL kWh

$$C = (C_i \cdot A + C_m) / E$$

- **C<sub>i</sub>: costo dell'impianto**
- **A: fattore di annualizzazione =  $r / (1 - (1+r)^{-T})$** 
  - **r: tasso di interesse**
  - **T tempo di vita dell'impianto (25 anni)**
- **C<sub>m</sub>: costo annuale di manutenzione**
- **E: energia prodotta in un anno**
- **C: costo del kWh**

# 12

Ottingo dunque i seguenti valori:

$$C_i = 237.600,00 \text{ €}$$

$$A = 0,05$$

$$C_m = 2.376,00 \text{ € valutato intorno all'1\% annuo dell'investimento iniziale}$$

$$E = 45293,05 \text{ kWh/anno}$$

Dunque un prezzo pari a **0,31 € /kWh**

## INCENTIVI ALL'INSTALLAZIONE

In Italia, da settembre 2005, è attivo un meccanismo di incentivazione, spesso definito "Conto Energia", per la produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici. A febbraio 2007 sono state introdotte radicali modifiche allo schema originario.

La caratteristica fondamentale di questo sistema di incentivazione è quella di remunerare l'energia prodotta dall'impianto con una tariffa incentivante. In altre parole è come se lo Stato riconoscesse ai cittadini e alle aziende proprietari di impianti fotovoltaici un contributo sulla produzione di energia elettrica.

La tariffa incentivante può essere concessa a tutti gli impianti fotovoltaici connessi alla rete elettrica nazionale o alle piccole reti rurali, e l'ente predisposto ad erogare questo incentivo è il Gestore dei Servizi Elettrici.

L'incentivo viene concesso per una durata di 20 anni.

L'incentivo in conto energia può essere utilmente cumulato con uno tra i due seguenti benefici:

- I risparmi in bolletta per gli impianti fino a 20 kWp;
- La vendita dell'energia immessa in rete (l'energia prodotta e non consumata).

# 12

La seguente tabella mostra il valore dell'incentivo nel 2007 e 2008 a seconda dell'appartenenza dell'impianto ad una fascia di potenza ed alla tipologia di installazione.

Dimensioni dell'impianto	Tariffe dell'incentivo in base alla tipologia di installazione		
	Nessuna integrazione architettonica <sup>(1)</sup>	Parziale integrazione architettonica <sup>(2)</sup>	Integrazione architettonica <sup>3</sup>
da 1 a 3 kWp	0,40 €/kWh	0,44 €/kWh	0,49 €/kWh
oltre 3, fino a 20 kWp	0,38 €/kWh	0,42 €/kWh	0,46 €/kWh
oltre 20 kWp	0,36 €/kWh	0,40 €/kWh	0,44 €/kWh

(Tariffe di incentivo all'installazione)

L'incentivo può essere incrementato in casi particolari:

- Impianti a terra di potenza superiore a 3 kWp se, nell'arco dell'anno, almeno il 70% dell'energia prodotta viene consumata;
- Impianti a servizio di scuole pubbliche o parificate;
- Impianti a servizio di strutture sanitarie pubbliche;
- Impianti con integrazione architettonica che vadano a sostituire coperture in eternit o comunque contenenti amianto;
- Impianti a servizio di enti locali con popolazione residente inferiore a 5000 abitanti.

## **INVERTER FOTOVOLTAICI AD ALTA EFFICIENZA**

Il sistema di moduli fotovoltaici realizzato in copertura è collegato ad inverter ad alta efficienza Mitsubishi Electric, il cui grado di efficienza è tra i più elevati del mercato 96,2% (efficienza media europea 95,4%). L'ampia gamma di uscita consente inoltre un'elevata efficienza di conversione, il risultato è una capacità di generazione di energia ad elevati parametri di rendimento e con contenimento delle dispersioni, anche durante le ore mattutine e serali con tenue irradiazione solare o in condizioni di nuvolosità.

# 12

Le eccezionali caratteristiche di rendimento durante l'uso effettivo permettono nel punto di massima potenza un grado di efficienza del 99,7%

## **MONITORAGGIO**

Grazie all'installazione del sistema di monitoraggio per impianti fotovoltaici un apposito software legge i dati dell'impianto direttamente dall'inverter, in tal modo è in grado di rilevare, memorizzare e trasmettere molto velocemente eventuali disturbi di funzionamento e i dati relativi al funzionamento giornaliero, mensile e annuale.

*"E' più facile resistere all'inizio che alla fine."*

*Leonardo da Vinci*

---



# 13

## ANALISI DEI CARICHI – AZIONE DELLA NEVE

L'analisi dei carichi agenti è svolta secondo l'Eurocodice 1

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$s = \mu_i \times C_E \times C_t \times s_k$$

dove:

**s** è il carico neve sulla copertura;

**$\mu_i$**  è il coefficiente di forma del carico della neve (EC punto 7);

**$s_k$**  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>] per un periodo di ritorno di 200 anni (EC punto 6)

**$C_E$**  è il coefficiente di esposizione (Generalmente ha valore 1);

**$C_t$**  è il coefficiente termico (Generalmente ha valore 1).

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

### Valore caratteristico del carico neve al suolo

L'**altitudine di riferimento  $a_s$**  è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio, **nel nostro caso 210 m in Lecco (Area ex Faini)**.

L'Eurocodice nell'appendice A definisce la zona in oggetto come Zona Nazionale 1.

#### Zona Nazionale 1

200 < A < 750 m

$$s_k = 1,60 + 3 (A - 200)/1000 = 1,60 + 3 (210 - 200)/1000 = 1,63 \text{ kN/m}^2$$



## 13



(Zone di carico da neve)

### Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione  $C_E$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Nonostante l'edificio sia più alto di quelli circostanti, quindi privo di protezione dai venti ( $C_E = 0,9$ ) a favore di sicurezza si assumerà  $C_E = 1$ .

### Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

## 13

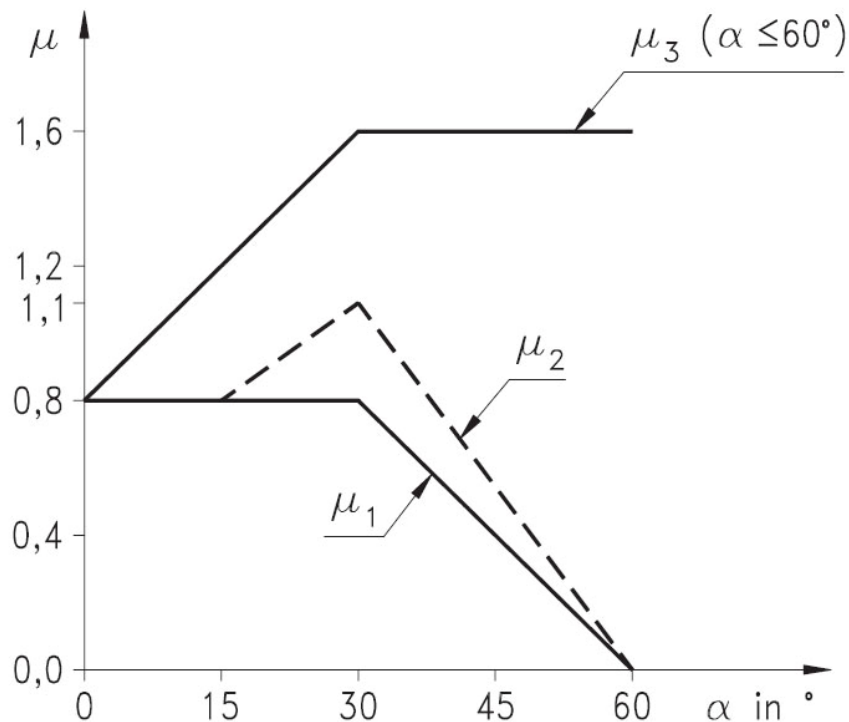
**Carico neve sulle coperture**

Devono essere considerate le due seguenti principali disposizioni di carico:

- carico da neve depositata in assenza di vento;
- carico da neve depositata in presenza di vento.

**Coefficiente di forma per le coperture**

Con  $\alpha = 0^\circ$ , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale, i valori del coefficiente di forma è pari a  $\mu_1 = 0,8$



Sostituendo i valori trovati nella:

$$s = \mu_i \times C_E \times C_t \times s_k$$

Ottengo:

$$s = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1,63 = 1,304 \text{ kN/m}^2$$

## 13

## ANALISI DEI CARICHI – AZIONE DEL VENTO

Analisi svolta secondo Eurocodice 1.

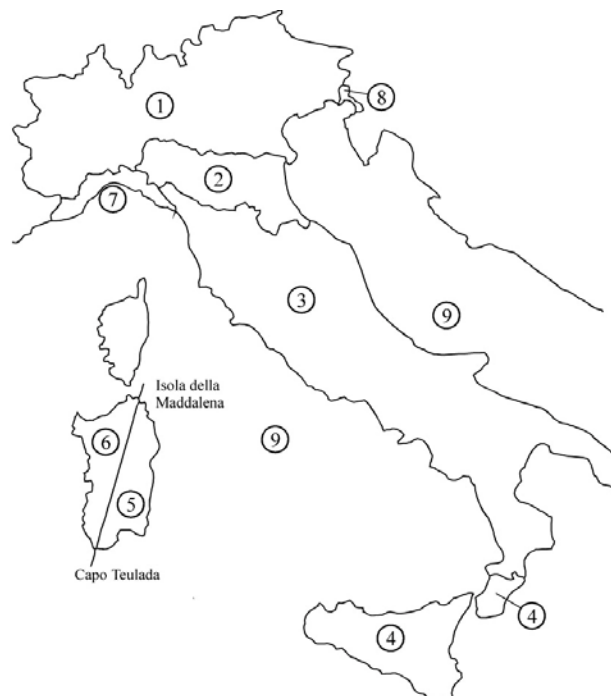
## Velocità di riferimento

La velocità di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

Trovandoci in Lombardia, quindi Zona 1,  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$  e  $a_0 = 1000 \text{ m}$ .



## 13

**Pressione del vento**

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$F_w = q_{ref} c_e(z_e) c_d c_f A_{ref}$$

dove:

$q_{ref}$  è la pressione cinetica di riferimento;

$c_e$  è il coefficiente di esposizione;

$c_f$  è il coefficiente di forza;

$c_p$  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.

$A_{ref}$  è l'area di riferimento

La pressione cinetica di riferimento  $q_{ref}$  (in N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

$$q_{ref} = 0,5 \rho v_{ref}^2$$

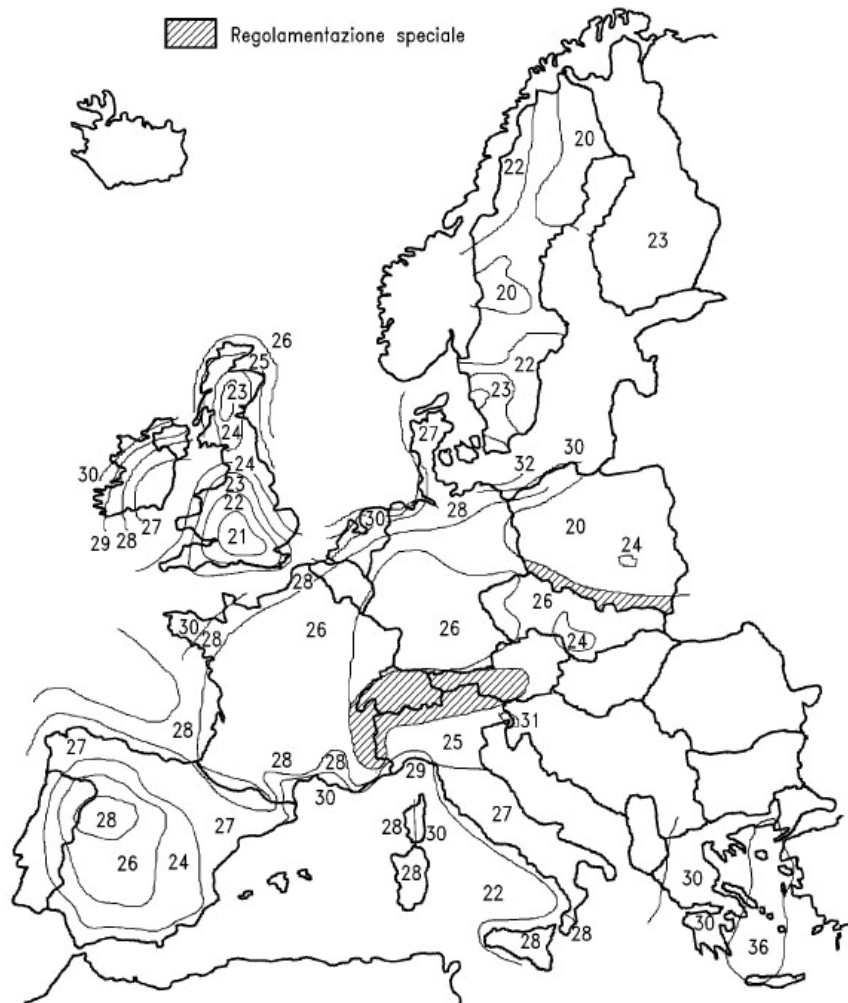
dove:

$v_{ref}$  è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

$\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

$$v_{ref} = C_{DIR} C_{TEM} C_{ALT} v_{ref,0} = 25 \text{ m/s}$$

## 13



Quindi  $q_{ref} = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 = 390,63 \text{ N/m}^2$

### Velocità media del vento

Per definire successivi parametri l'Eurocodice richiede di definire la velocità media del vento:

$$V_m(z) = C_R(z) C_T(z) V_{ref}$$

Dove:

$V_{ref}$  è la velocità di riferimento

## 13

$C_R(z)$  è il coefficiente di rugosità

$C_T(z)$  è il coefficiente topografico

### Coefficiente di rugosità

Il coefficiente di rugosità  $C_R(z)$  tiene conto della variabilità della velocità media del vento nel sito e della struttura dovuta:

- All'altezza al di sopra del suolo
- Alla rugosità del terreno in dipendenza della direzione del vento

$$C_R(z) = K_r \ln(z - z_0)$$

Dove:

$K_r$  è il fattore del terreno

$z_0$  è la lunghezza di rugosità

Categoria del terreno	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$\epsilon$
I Mare aperto, laghi con minimo 5 km di estensione sopra-vento e campagna senza ostacoli	0,17	0,01	2	0,13
II Terreno agricolo con recinzioni, piccole fattorie isolate, case o alberi	0,19	0,05	4	0,26
III Aree suburbane o industriali o foreste permanenti	0,22	0,3	8	0,37
IV Area urbana in cui almeno il 15% della superficie sia coperta da edifici la cui altezza media superi i 15 m	0,24	1	16	0,46

Sostituendo ottengo:

$$C_R = 0,55$$

### Coefficiente topografico

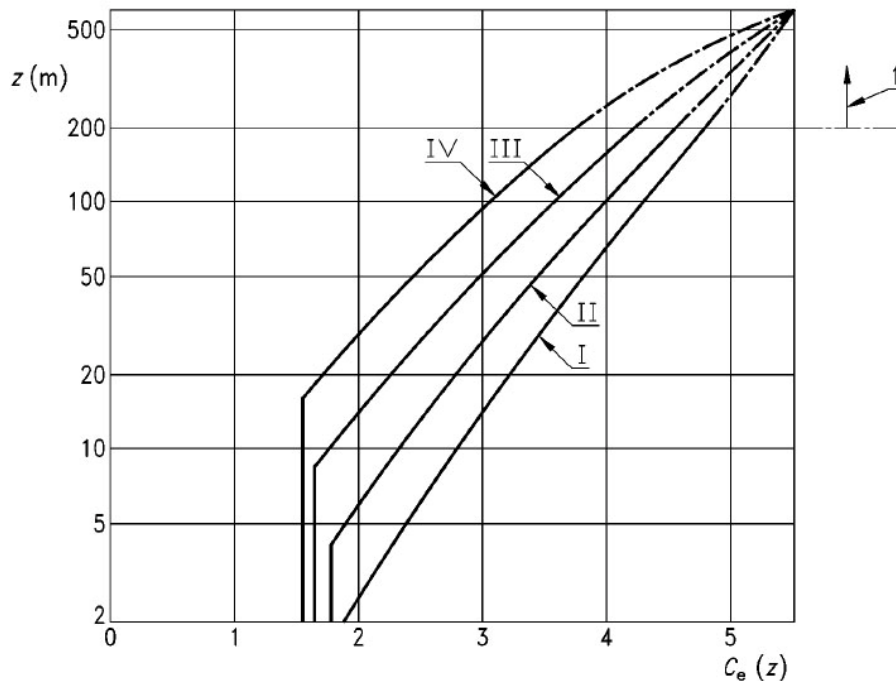
Il coefficiente topografico,  $C_T(z)$ , tiene conto dell'incremento della velocità media su scarpate e colline isolate nel caso di regioni non ondulate o

## 13

montagnose. Nel nostro caso in progetto verrà considerato pari a **1,0** in quanto non sono attesi aumenti di velocità causati dall'effetto imbuto.

### Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione,  $C_e(z)$ , prende in considerazione gli effetti della rugosità del terreno, della topografia e della quota al di sopra del suolo sulla velocità media del vento e della turbolenza.



$$C_e(z) = 1,5$$

### Coefficiente dinamico

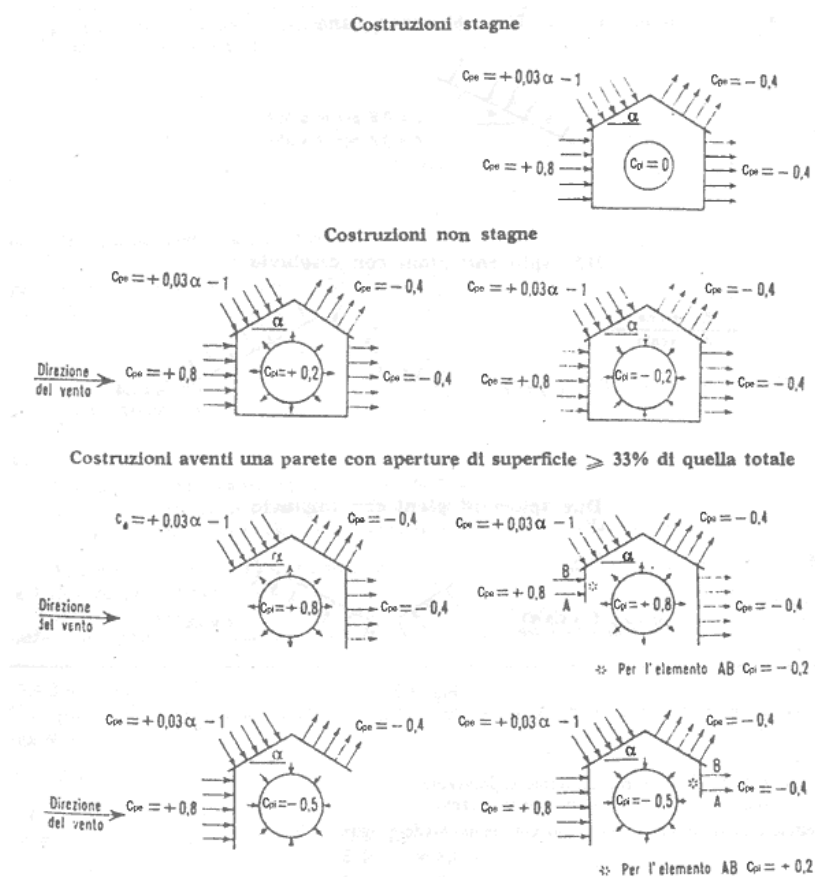
Il coefficiente dinamico  $c_d$  tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad **1** nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i

## 13

capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

### Coefficiente di forma (o aerodinamico)



Per la valutazione della pressione esterna si assumerà (calcolo del controvento):

- per elementi sopravvento con una inclinazione sull'orizzontale  $\alpha \geq 60^\circ$ :

$$C_{pe} = +0,8$$

- per elementi sopravvento con una inclinazione sull'orizzontale  $20^\circ < \alpha < 60^\circ$ :

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

- per elementi sopravvento con una inclinazione sull'orizzontale  $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$  e per elementi sottovento:

$$C_{pe} = -0,4$$

Per la valutazione della pressione interna si assumerà (calcolo singoli elementi):



# 13

- per la costruzione non stagna :

$c_{pi} = \pm 0,2$  (scegliendo il segno che dà luogo alla combinazione più sfavorevole)

- per costruzioni che possono avere, anche in condizioni eccezionali, una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale (come nel nostro caso potrebbe essere la serra):

$c_{pi} = + 0,8$  quando la parete aperta è sopravvento;

$c_{pi} = - 0,5$  quando la parete aperta è sottovento.

**Un'analisi di  $c_p$  più accurata (vedi Eurocodice) porterebbe a valori inferiori: a favore di sicurezza consideriamo quelli appena esposti e, in definitiva, sulle strutture in oggetto la pressione del vento, in direzione ortogonale all'intero edificio, assume il seguente valore:**

$$F_w = q_{ref} C_e(z_e) C_d C_f A_{ref}$$

$$F_w = 585 \text{ N/m}^2 = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

## LA STRUTTURA IN ACCIAIO

### Principi di progettazione - Eurocodice 3 e Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

Requisiti fondamentali:

Una struttura deve essere progettata e costruita in modo tale che:

- con una probabilità accettabile essa rimarrà idonea all'uso al quale è destinata tenendo conto della sua durata prevista e del suo costo;
- essa supporterà, con un adeguato grado di affidabilità, tutte le azioni e tutti gli effetti che hanno probabilità di intervenire durante l'esecuzione e l'esercizio ed avrà una durata adeguata in relazione ai costi di manutenzione.

### Stati limite

Gli stati limite sono stati oltre i quali la struttura non soddisfa più i requisiti delle prestazioni di progetto. Gli stati limite si classificano in:

- **stati limite ultimi;**
- **stati limite di servizio;**

Gli **stati limite ultimi** sono quelli associati con il collasso, o con altre forme di cedimenti strutturali che possono mettere in pericolo la sicurezza delle persone.

Gli stati che precedono il collasso strutturale, i quali, per semplicità, sono considerati in luogo del collasso medesimo, sono pure classificati e trattati quali stati limite ultimi.

Gli stati limite ultimi che possono essere presi in considerazione includono:

- la perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerate come corpo rigido;
- il collasso per eccessiva deformazione, rottura, o perdita di stabilità della struttura o di una parte di essa, comprendendo i supporti e le fondazioni.

# 13

Gli **stati limite di servizio** corrispondono agli stati oltre i quali i criteri di servizio specificati non sono più soddisfatti.

Gli stati limite di servizio che possono essere presi in considerazione includono:

- le deformazioni o gli spostamenti che compromettono l'aspetto esteriore o l'uso efficiente della struttura (includendo il malfunzionamento dei macchinari e servizi) o che diventano causa di danni alle finiture o ad elementi non strutturali;
- le vibrazioni che creano fastidio alle persone, danni all'edificio o ai suoi contenuti, o che ne limitano il servizio.

## Azioni

Un'azione (F) è:

- una forza (carico) applicata alla struttura (azione diretta);
- una deformazione imposta (azione indiretta), per esempio effetti della temperatura o assestamento;

Le azioni sono classificate secondo la loro variazione nel tempo:

- **azioni permanenti (G)**, per esempio il peso proprio delle strutture, equipaggiamenti, impianti ausiliari e fissi;
- **azioni variabili (Q)**, per esempio carichi imposti, carichi di vento o carichi di neve;
- **azioni accidentali (A)**, per esempio esplosioni o urti di veicoli.

Secondo la loro variazione nello spazio:

- azioni fisse, per esempio il peso proprio;
- azioni libere, che derivano da diverse disposizioni delle azioni, per esempio carichi mobili imposti, carichi di vento, carichi di neve.

## 13

Le classificazioni supplementari correlate alla risposta della struttura sono date nelle prescrizioni relative.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (fino a } 100 \text{ } ^\circ\text{C)}$
densità	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Valori nominali della resistenza di snervamento  $f_y$  e della resistenza a rottura per trazione  $f_u$  per acciai strutturali conformi alla EN 10025 o prEN 10113 sono i seguenti:

Tipo nominale di acciaio	Spessore $t \text{ mm}$ <sup>*)</sup>			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$ <sup>**)</sup>	
	$f_y \text{ (N/mm}^2)$	$f_u \text{ (N/mm}^2)$	$f_y \text{ (N/mm}^2)$	$f_u \text{ (N/mm}^2)$
EN 10025:				
Fe 360	235	360	215	340
Fe 430	275	430	255	410
Fe 510	355	510	335	490
prEN 10113:				
Fe E 275	275	390	255	370
Fe E 355	355	490	335	470

<sup>\*)</sup>  $t$  è lo spessore nominale dell'elemento.  
<sup>\*\*)</sup> 63 mm per piastre ed altri prodotti piatti in acciaio alle condizioni di consegna da TM a prEN 10113-3.

$f_y$  : resistenza allo snervamento

$f_u$  : resistenza a rottura

Nei calcoli considereremo un Fe430 con  $f_y = 275000 \text{ kN/m}^2$

# 13

## STATI LIMITE ULTIMI

$$F_d = \gamma_G * G_k + \gamma_P * P_k + \gamma_Q * Q_{1k} + \sum \gamma_Q (\Psi_{0i} * Q_{ik})$$

dove:

- $G_k$  sono i valori caratteristici delle azioni permanenti;
- $Q_{k,1}$  è il valore caratteristico di una delle azioni variabili;
- $Q_{k,i}$  sono i valori caratteristici delle altre azioni variabili;

Con:

$\gamma_G = 1,4$

$\gamma_Q = 1,5$

$\Psi_0 = 0,7$

quando il loro effetto è sfavorevole, come da tabelle seguenti:

Caso <sup>1)</sup>	Azione	Simbolo	Situazione	
			P/T	A
Caso A Perdita di equilibrio statico; sollecitazione dei materiali strutturali o suolo non resistente (vedere 9.4.1)	Azioni permanenti: peso proprio di componenti strutturali e non strutturali, azioni permanenti causate dal suolo, terra-acqua e acqua libera: - sfavorevole;	$\gamma_{Gsup}^{4)}$	1,10 <sup>2)</sup>	1,00
	- favorevole.	$\gamma_{Ginf}^{4)}$	0,90 <sup>2)</sup>	1,00
	Azioni variabili: - sfavorevole.	$\gamma_Q$	1,50	1,00
	Azioni eccezionali	$\gamma_A$		1,00
Caso B <sup>5)</sup> Rottura di strutture o di elementi strutturali, inclusa quella di elementi di appoggio, pile, muri di fondazione, ecc., dipendente dalla resistenza dei materiali strutturali (vedere 9.4.1)	Azioni permanenti <sup>6)</sup> : (vedere sopra) - sfavorevole;	$\gamma_{Gsup}^{4)}$	1,35 <sup>3)</sup>	1,00
	- favorevole.	$\gamma_{Ginf}^{4)}$	1,00 <sup>3)</sup>	1,00
	Azioni variabili: - sfavorevole.	$\gamma_Q$	1,50	1,00
	Azioni eccezionali	$\gamma_A$		1,00
Caso C <sup>5)</sup> Rottura nel terreno	Azioni permanenti <sup>6)</sup> : (vedere sopra) - sfavorevole;	$\gamma_{Gsup}^{4)}$	1,00	1,00
	- favorevole.	$\gamma_{Ginf}^{4)}$	1,00	1,00
	Azioni variabili: - sfavorevole.	$\gamma_Q$	1,30	1,00
	Azioni eccezionali	$\gamma_A$		1,00

P: Situazioni persistenti      T: Situazioni transitorie      A: Situazioni eccezionali  
 Nota 1 - Il progetto deve essere verificato per ciascun caso A, B e C separatamente come opportuno.  
 Nota 2 - In questa verifica il valore caratteristico della parte sfavorevole dell'azione permanente è moltiplicato per il coefficiente 1,1 e la parte favorevole per il coefficiente 0,9. Regole più precise sono date nelle ENV 1993 e 1994.  
 Nota 3 - In questa verifica i valori caratteristici di tutte le azioni permanenti derivanti da una sola sorgente sono moltiplicati per 1,35 se l'effetto totale delle azioni risultanti è sfavorevole e per 1,0 se l'effetto totale delle azioni risultanti è favorevole.  
 Nota 4 - Nel caso in cui lo stato limite è molto sensibile alle variazioni delle azioni permanenti, devono essere presi i valori caratteristici più alto e più basso di queste azioni in accordo con 4.2(3).  
 Nota 5 - Per i casi B e C le proprietà di progetto del terreno possono essere differenti, vedere la ENV 1997-1.  
 Nota 6 - Invece di usare  $\gamma_G$  (1,35) e  $\gamma_Q$  (1,50) per azioni dovute a pressione laterale del terreno, le proprietà di progetto del terreno possono essere introdotte in accordo con la ENV 1997 e si deve applicare un coefficiente di modello  $\gamma_{Ed}$ .

## 13

Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sovraccarichi sugli edifici <sup>1)</sup> :			
categoria A: domestici e residenziali	0,7	0,5	0,3
categoria B: uffici	0,7	0,5	0,3
categoria C: aree di congresso	0,7	0,7	0,6
categoria D: aree di acquisto	0,7	0,7	0,6
categoria E: magazzini	1,0	0,9	0,8
Carichi del traffico negli edifici:			
categoria F: peso del veicolo $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
categoria G: $30$ kN < peso del veicolo $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
categoria H: tetti	0,0	0,0	0,0
Carichi da neve sugli edifici	0,6 <sup>2)</sup>	0,2 <sup>2)</sup>	0,0 <sup>2)</sup>
Carichi da vento sugli edifici	0,6 <sup>2)</sup>	0,5 <sup>2)</sup>	0,0 <sup>2)</sup>
Variazioni di temperatura (senza fuoco) negli edifici <sup>3)</sup>	0,6 <sup>2)</sup>	0,5 <sup>2)</sup>	0,0 <sup>2)</sup>
<small>Nota 1 - Per la combinazione di sovraccarichi per edifici multipiano, vedere ENV 1991-2-1.  Nota 2 - Possono essere richieste delle modifiche per regioni geografiche differenti.  Nota 3 - Vedere ENV 1991-2-5.</small>			

Coefficienti parziali di sicurezza per resistenze dei materiali:

- $\gamma_{M1} = 1,1$  che deve venire applicato a resistenze che si riferiscono alla **resistenza allo snervamento  $f_y$**  ;
- $\gamma_{M2} = 1,15$  che deve venire applicato a resistenze che si riferiscono alla resistenza ultima alla tensione  $f_u$  ;

### VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Per la verifica allo stato limite ultimo ci limiteremo al caso della flessione monoassiale (retta) per la quale il *momento flettente di calcolo*  $M_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

## 13

dove la *resistenza di calcolo a flessione retta della sezione*  $M_{c,Rd}$  si valuta tenendo conto della presenza di eventuali fori in zona tesa per collegamenti bullonati o chiodati.

Nella forma più generale, la resistenza di calcolo a flessione retta della sezione  $M_{c,Rd}$  vale:

$$M_{c,Rd} = W * f_{yk} / \gamma_{M1}$$

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per combinazione rara:

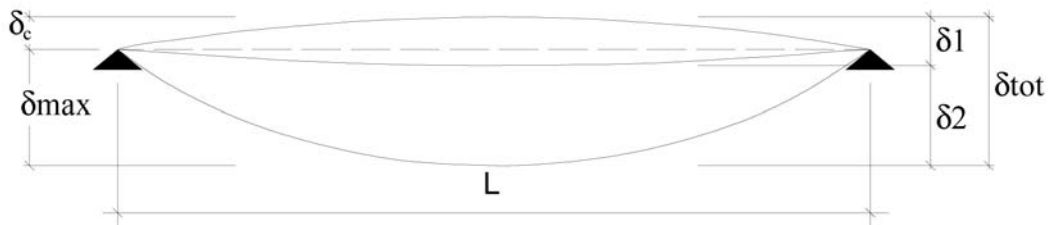
$$F_d = G_k + P_k + Q_{k1} + \sum (\Psi_{0i} * Q_{ki})$$

Con  $\Psi_{0i} = 0,7$  per la condizione rara (vedi tabella precedente).

## VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per la verifica allo stato limite di esercizio **ci limiteremo alla verifica degli spostamenti verticali.**

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è definito come:



essendo:

- $\delta_c$  la montatura iniziale della trave;
- $\delta_1$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;

## 13

- $\delta_2$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
- $\delta_{\max}$  lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale =  $\delta_{\text{tot}} - \delta_C$ .

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di  $\delta_{\max}$  e  $\delta_2$ , riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento.

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	$\frac{1}{250}$	
<i>In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.</i>		



# 13

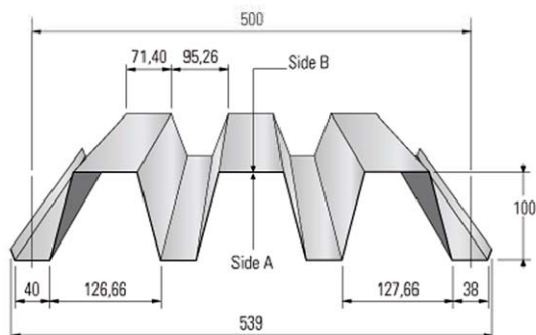
## LAMIERA GRECATA

### Dimensionamento dell'elemento grecato

	MATERIALE	SPESSORE (mm)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	PESO per m <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	PESO TOTALE EFFETTIVO (kN/m <sup>2</sup> )
A	Lamiera preverniciata	0,60	90,00	0,05	0,05
B	Polietilene	10,00	9,60	0,10	0,10
C	Legno di abete - assito	30,00	7,50	0,23	0,23
D	Listelli	150,00	7,50	1,13	0,22
E	Fibra di roccia	150,00	1,00	0,15	0,15
F	Cartongesso appeso	20,00	9,00	0,18	0,18
Impianti	SOLARE				0,60
<b>carichi permanenti non strutturali [kN/m<sup>2</sup>]</b>					<b>1,53</b>
<b>sovraccarico neve [kN/m<sup>2</sup>]</b>					<b>1,31</b>
<b>TOTALE CARICHI [kN/m<sup>2</sup>]</b>					<b>2,84</b>

l	Luce massima raggiungibile	3,28 m
i	Larghezza area d'influenza	1,00 m
p	Carichi agenti	3,22 kN/m

$$\begin{aligned}
 M_{sd} &= p \cdot l^2 / 8 & = & 3,82 \text{ kNm} \\
 W &= M / f_y & = & 13,89 \text{ cm}^3 \\
 f_y & & = & 275000 \text{ kN/m}^2 \\
 E & & = & 20600 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$



Ipotesi di profilo utilizzato:

LAMIERA A100 - P500 - G4		
Spessore	1,00	Mm
W <sub>p</sub>	48,07	cm <sup>3</sup> /m
W <sub>n</sub>	54,79	cm <sup>3</sup> /m
J <sub>x</sub>	255,04	cm <sup>4</sup>
Peso	0,16	kN/m <sup>2</sup>

## 13

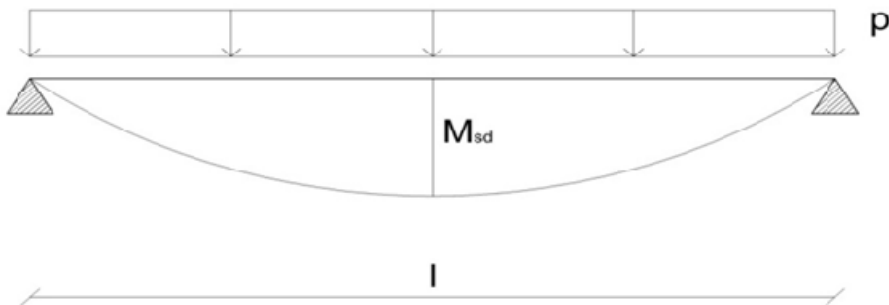
## VERIFICA LAMIERA GRECATA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

$$F_d = \gamma_G * G_k + \gamma_P * P_k + \gamma_Q * Q_{1k} + \sum \gamma_Q (\Psi_{0i} * Q_{ik})$$

Coeff. Maggiorativo per azioni permanenti	$\gamma_G = 1,4$
Coeff. Maggiorativo per azioni variabili	$\gamma_Q = 1,5$
Coeff. Riduttivo probabilistico	$\Psi_{0i} = 0,7$
Azioni permanenti	$G_{kj} = 1,69 \text{ kN/m}$
Azione variabile (Neve)	$Q_{ik} = 1,31 \text{ kN/m}$

$$F_d = 4,34 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = p l^2 / 8 = 5,84 \text{ kNm}$$



Imponiamo il momento resistente di progetto uguale al momento sollecitante di progetto:

$$M_{rd} = W \cdot \frac{f_y}{\gamma_s} = M_{sd} \quad \longrightarrow \quad W = \frac{M_{sd}}{f_y / \gamma_s}$$

Con i coefficienti parziali di sicurezza per resistenze materiali:  $\gamma_s = 1,1$

Valore della resistenza allo snervamento:  $f_y = 275000 \text{ kN/m}^2$

## 13

$$W = 23,36 \text{ cm}^3 < W = 48,07 \text{ cm}^3$$

VERIFICATO

## VERIFICA LAMIERA GRECATA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Per combinazione rara:

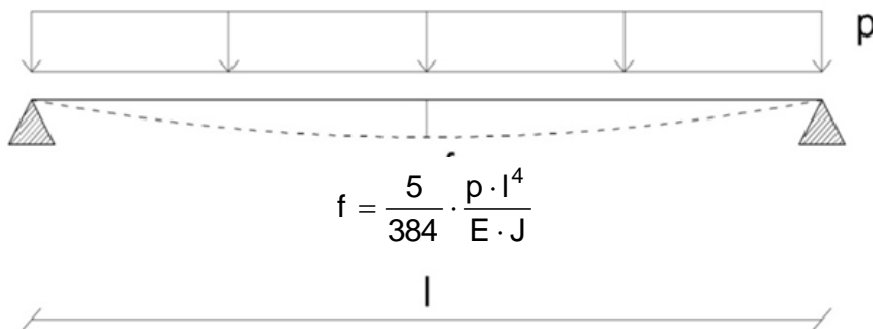
$$F_d = G_k + P_k + Q_{k1} + \sum (\Psi_{0i} * Q_{ki})$$

Coeff. Riduttivo probabilistico:

$$\Psi_{0i} = 0,7$$

$$F_d = 3,00 \text{ kN/m}$$

Calcolo della freccia:



Secondo normativa (Eurocodice 3 – Cap. 4.2.2) lo spostamento verticale massimo per un solaio:

$$f_{\max} = l / 250$$

Nel caso in oggetto:

$$l = 3,28 \text{ m}$$

Quindi:

$$f_{\max} = 0,013 \text{ m}$$

Imponiamo la freccia di progetto uguale alla freccia massima:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot J} = f_{\max} \quad \longrightarrow \quad J = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot f_{\max}}$$

## 13

$$J = 168,83 \text{ cm}^4$$

Avendo un PROFILO GRECATO A100-P500-G4 da 1,0 mm ho  $J_x = 255,04 \text{ cm}^4$

$J < J_x$  quindi è VERIFICATO

Verifica lo spostamento verticale ed ho una freccia:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot J} \quad f = 0,008$$

$f < f_{\max}$  quindi è VERIFICATO

# 13

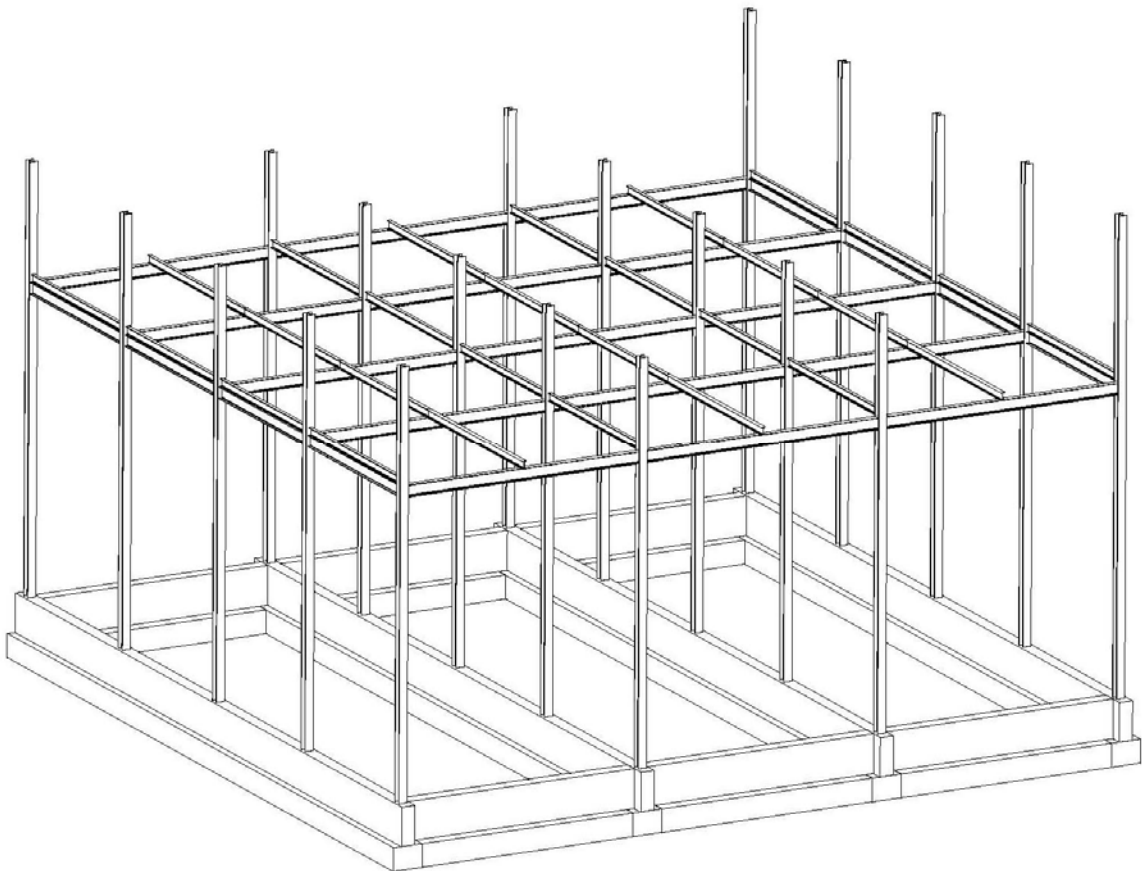
## DEFINIZIONE DELLO SCHEMA STRUTTURALE

Nella rappresentazione di seguito viene proposto lo schema strutturale adottato per la realizzazione delle torri inserite nell'edificio recuperato.

La struttura è caratterizzata da campate metalliche e telai a nodi rigidi, con colonne in acciaio HE 220 ancorate ai plinti di fondazione tramite nodi assimilabili ad incastri.

Travi principali in travi tipo IPE 300 e travi secondarie in travi del tipo IPE 200.

L'azione del vento è assorbita da una controventatura sui tre lati. Per quanto riguarda il controvento di piano, è stato ritenuto di dover adottare un controvento longitudinale di piano e uno trasversale mediante croce di S.Andrea realizzata con profilati in acciaio di tipo IPE rappresentati nella tavola strutturale allegata.



(Struttura SENZA INDICAZIONE DELLE CONTROVENTATURE definite nelle tavole allegata)

## 13

## PREDIMENSIONAMENTO TRAVI IN ACCIAIO DI COPERTURA

l	Lunghezza trave secondaria	4,95 m
i	Larghezza area d'influenza	3,28 m
p	Carichi agenti	9,32 kN/m

$$\begin{aligned}
 M_{sd} &= p l^2 / 8 & = & 28,55 \text{ kNm} \\
 W &= M / f_y & = & 103,82 \text{ cm}^3 \\
 f_y & & = & 275000 \text{ kN/m}^2 \\
 E & & = & 20600 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Ipotesi di profilo utilizzato:

IPE 200		
$W_x$	194,30	cm <sup>3</sup>
$J_x$	1943,00	cm <sup>4</sup>
Peso	0,23	kN/m

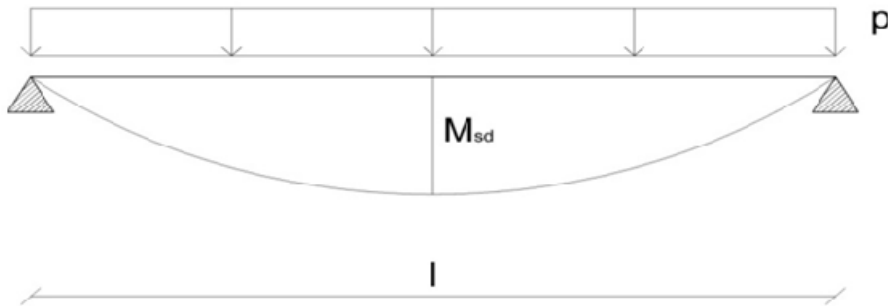
## VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

$$F_d = \gamma_G * G_k + \gamma_P * P_k + \gamma_Q * Q_{1k} + \sum \gamma_Q (\Psi_{0i} * Q_{ik})$$

Coeff. Maggiorativo per azioni permanenti	$\gamma_G = 1,4$
Coeff. Maggiorativo per azioni variabili	$\gamma_Q = 1,5$
Coeff. Riduttivo probabilistico	$\Psi_{0i} = 0,7$
Azioni permanenti	$G_{kj} = 5,77 \text{ kN/m}$
Azione variabile	$Q_{ik} = 4,30 \text{ kN/m}$

$$F_d = 14,54 \text{ kN/m}$$

## 13



Imponiamo il momento resistente di progetto uguale al momento sollecitante di progetto:

$$M_{rd} = W \cdot \frac{f_y}{\gamma_s} = M_{sd} \quad \longrightarrow \quad W = \frac{M_{sd}}{f_y / \gamma_s}$$

$$M_{sd} = p l^2 / 8 = 44,53 \text{ kNm}$$

Con i coefficienti parziali di sicurezza per resistenze materiali:  $\gamma_s = 1,1$

Valore della resistenza allo snervamento:  $f_y = 275000 \text{ kN/m}^2$

$$W = 178,12 \text{ cm}^3 < W = 194,30 \text{ cm}^3$$

**VERIFICATO**

## 13

## VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Per combinazione rara:

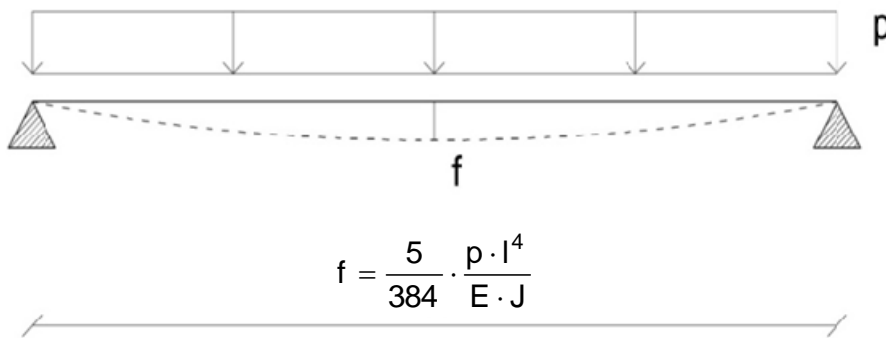
$$F_d = G_k + P_k + Q_{k1} + \sum (\Psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

Coeff. Riduttivo probabilistico:

$$\Psi_{0i} = 0,7$$

$$F_d = 11,32 \text{ kN/m}$$

**Calcolo della freccia:** Ipotizzo di utilizzare una IPE 200 (in Fe 430)



Secondo normativa (Eurocodice 3 – Cap. 4.2.2) lo spostamento verticale massimo per una copertura non praticabile:

$$f_{\max} = l / 200$$

Nel caso in oggetto:

$$l = 4,95 \text{ m}$$

Quindi:

$$f_{\max} = 0,025 \text{ m}$$

Imponiamo la freccia di progetto uguale alla freccia massima:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot J} = f_{\max} \quad \longrightarrow \quad J = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot f_{\max}}$$

$$J = 1528,36 \text{ cm}^4$$



# 13

Avendo una trave IPE 200 ho  $J_x = 1943,00 \text{ cm}^4$

Verifica lo spostamento verticale ed ho una freccia:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot J} \quad f = 0,019$$

Per le travi secondarie di copertura delle torri in acciaio si utilizzeranno dei profili IPE 200 con interasse  $i = 3,28 \text{ m}$

## 13

## DIMENSIONAMENTO TRAVE PRIMARIA IN ACCIAIO

Le travi secondarie in appoggio sulla primaria non le consideriamo come carichi concentrati, ma consideriamo l'azione generale di esse e la rappresentiamo come un carico distribuito.

l	Lunghezza trave primaria	6,55	m
i	Larghezza area d'influenza	4,95	m
n	N° travi secondarie = $l_{\text{primaria}}/l_{\text{secondaria}}$	1	
p	Carichi agenti sulla trave principale =		
	carichi agenti su trave secondaria	52,27	kN/m
	+ peso travi secondarie	1,14	kN/m
		53,41	kN/m

$$\begin{aligned}
 M_{sd} &= 84,79 \text{ kNm} \\
 W = M / f_y &= 308,33 \text{ cm}^3 \\
 f_y &= 275000 \text{ kN/m}^2 \\
 E &= 20600 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Ipotesi di profilo utilizzato:

IPE 300		
<b>W<sub>x</sub></b>	<b>557,10</b>	<b>cm<sup>3</sup></b>
<b>J<sub>x</sub></b>	<b>8356</b>	<b>cm<sup>4</sup></b>
<b>Peso</b>	<b>0,422</b>	<b>kN/m</b>

## 13

## VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO DELLA TRAVE PRIMARIA

$$F_d = \gamma_G * G_k + \gamma_P * P_k + \gamma_Q * Q_{1k} + \sum \gamma_Q (\Psi_{0i} * Q_{ik})$$

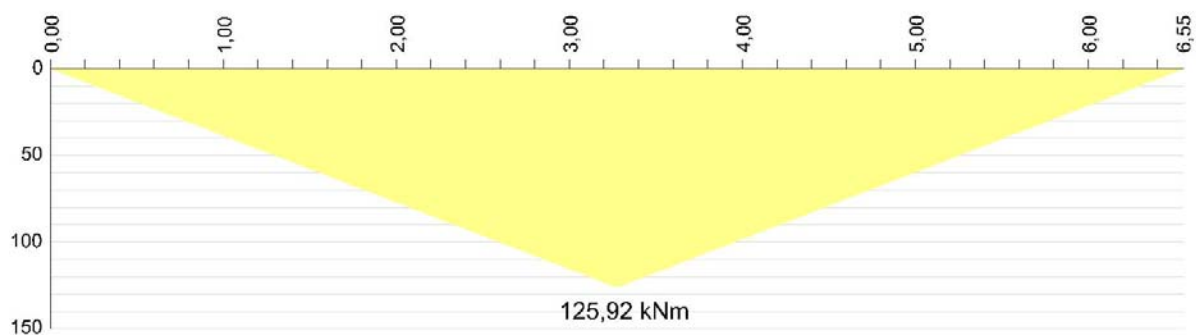
Coeff. Maggiorativo per azioni permanenti	$\gamma_G = 1,4$
Coeff. Maggiorativo per azioni variabili	$\gamma_Q = 1,5$
Coeff. Riduttivo probabilistico	$\Psi_{0i} = 0,7$
Azioni permanenti	$G_{kj} = 15,10 \text{ kN}$
Azione variabile	$Q_{ik} = 37,17 \text{ kN}$

$$F_{1d} = 76,90 \text{ kN/m}$$

p è il peso proprio della trave in esame IPE 300

Azioni permanenti	$p = 0,42 \text{ kN/m}$
	$p_d = 0,59 \text{ kN/m}$

Si procede all'analisi delle azioni interne causate dalle forze:



$$M_{sd \text{ MAX}} = 125,92 \text{ kNm}$$

Imponiamo il momento resistente di progetto uguale al momento sollecitante di progetto:

$$M_{rd} = W \cdot \frac{f_y}{\gamma_s} = M_{sd} \quad \longrightarrow \quad W = \frac{M_{sd}}{f_y / \gamma_s}$$

## 13

Con i coefficienti parziali di sicurezza per resistenze materiali:  $\gamma_s = 1,1$

Valore della resistenza allo snervamento:  $f_y = 275000 \text{ kN/m}^2$

$W = 503,68 \text{ cm}^3 < W = 557,10 \text{ cm}^3$

VERIFICATO

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DELLA TRAVE PRIMARIA

Per combinazione rara:

$$F_d = G_k + P_k + Q_{k1} + \sum (\Psi_{0i} * Q_{ki})$$

Coeff. Riduttivo probabilistico:  $\Psi_{0i} = 0,7$

$$F_d = 52,27 \text{ kN/m}$$

**Calcolo della freccia:** Ipotizzo di utilizzare una IPE 300 (in Fe 430)

Secondo normativa (Eurocodice 3 – Cap. 4.2.2) lo spostamento verticale massimo per una copertura non praticabile:

$$f_{\max} = l / 200$$

Nel caso in oggetto:  $l = 6,55 \text{ m}$

Quindi:  $f_{\max} = 0,032 \text{ m}$

$$f = 0,026 \text{ m}$$

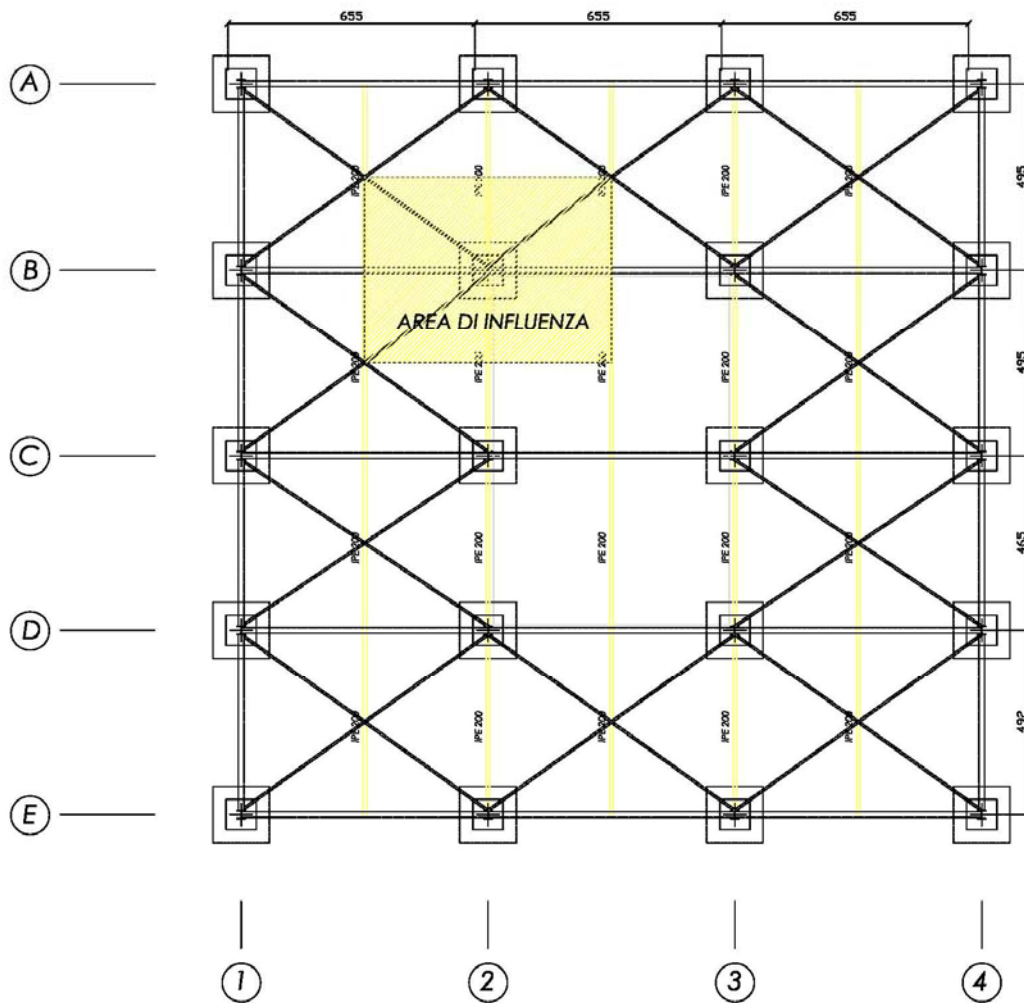
Per le travi primarie di copertura delle torri in acciaio si utilizzeranno dei profili IPE 200 con interasse  $i = 4,95 \text{ m}$

# 13

## DIMENSIONAMENTO DEL PILASTRO

Dati area influenza del pilastro:

l	Lunghezza area di influenza	4,95	m
i	Larghezza area di influenza	6,55	m
A	Area	32,42	mq



Ipotesi di profilo utilizzato:

HEB 220		
$W_x$	735,5	cm <sup>3</sup>
$W_y$	258,5	cm <sup>3</sup>
$J_x$	8091	cm <sup>4</sup>
$J_y$	2843	cm <sup>4</sup>
Peso	0,715	kN/m

## 13

**RESISTENZA ALL'INSTABILITA'**

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa e deve essere:

$$N_{sd} \leq N_{b,Rd}$$

La resistenza di progetto all'instabilità di una membratura compressa va assunta uguale a:

$$N_{b,Rd} = X \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

Dove:

$\beta_A = 1$  per la sezione in esame

X è coefficiente riduttivo per la modalità di instabilità pertinente

Trattandosi di una membratura a sezione costante, nel caso di compressione assiale uniforme, il valore di X per la snellezza adimensionale pertinente  $\lambda$  può essere determinato con l'equazione:

$$X = 1 / (\Phi + (\Phi^2 - \lambda^2)^{1/2}) \quad \text{con limitazione } X \leq 1$$

$$\Phi = 0,5 [1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$\alpha$  è un coefficiente di imperfezione

$$\lambda = (\beta_A \cdot A \cdot f_y / N_{cr})^{1/2} = (\lambda / \lambda_1) \cdot \beta_A^{1/2}$$

$\lambda$  è la snellezza per la modalità di instabilità pertinente

$N_{cr}$  è la forza critica per la modalità di instabilità pertinente

## 13

$$\lambda_1 = \pi \cdot (E/f_y)^{1/2} = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2} \quad \text{con } f_y \text{ in N/mm}^2$$

$l$	=	7,70	m
$l_0$	=	7,70	m
$A$	=	91,04	cm <sup>2</sup>
$J_y$	=	2843,00	cm <sup>4</sup>
$i = (J/A)^{1/2}$	=	5,58	cm
$\lambda = l_0/i$	=	137,99	
$f_y$	=	275	N/mm <sup>2</sup>
$\varepsilon$	=	0,92	
$\lambda_1$	=	86,38	
$\lambda$	=	0,680	
$\alpha$	=	0,210	
$\Phi$	=	0,782	
$X$	=	0,857	

<b>Nb,rd</b>	=	<b>1950,32</b>	<b>kN</b>
<b>&gt; Nsd</b>	=	<b>106,80</b>	<b>kN</b>

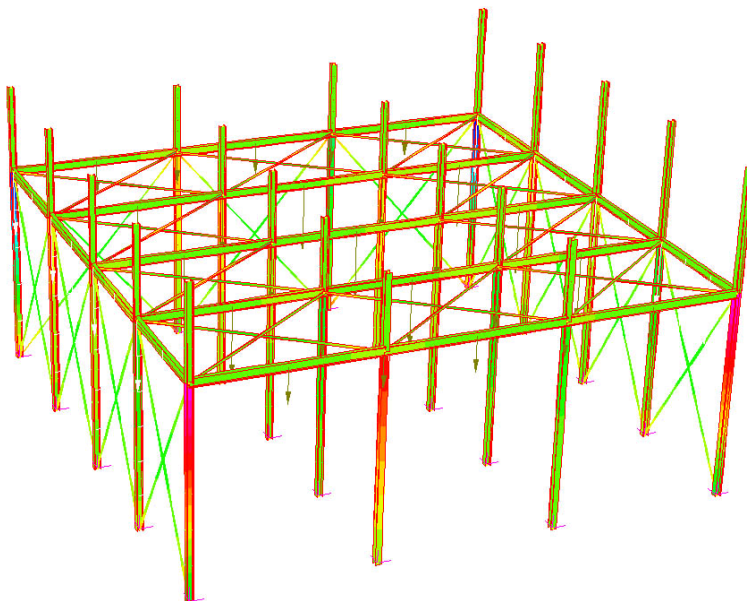
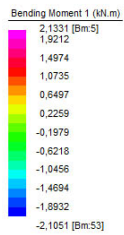
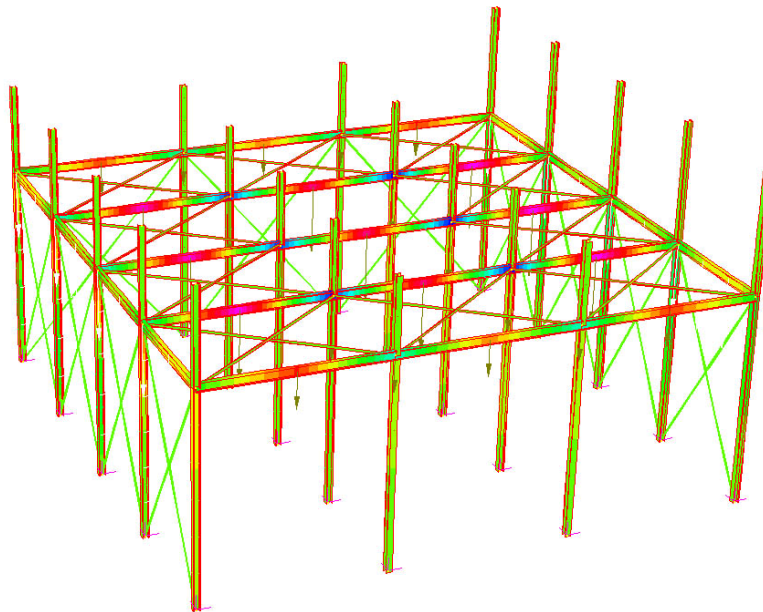
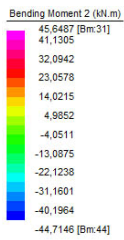
VERIFICATO

# 13

## ANALISI GLOBALE DEL TELAIO IN ACCIAIO

Grazie all'analisi dei carichi precedentemente proposta si esegue ora uno studio dei punti più sollecitati e delle frecce massime. I dati rilevati, grazie alla legenda cromatica proposta sono ben interpretabili.

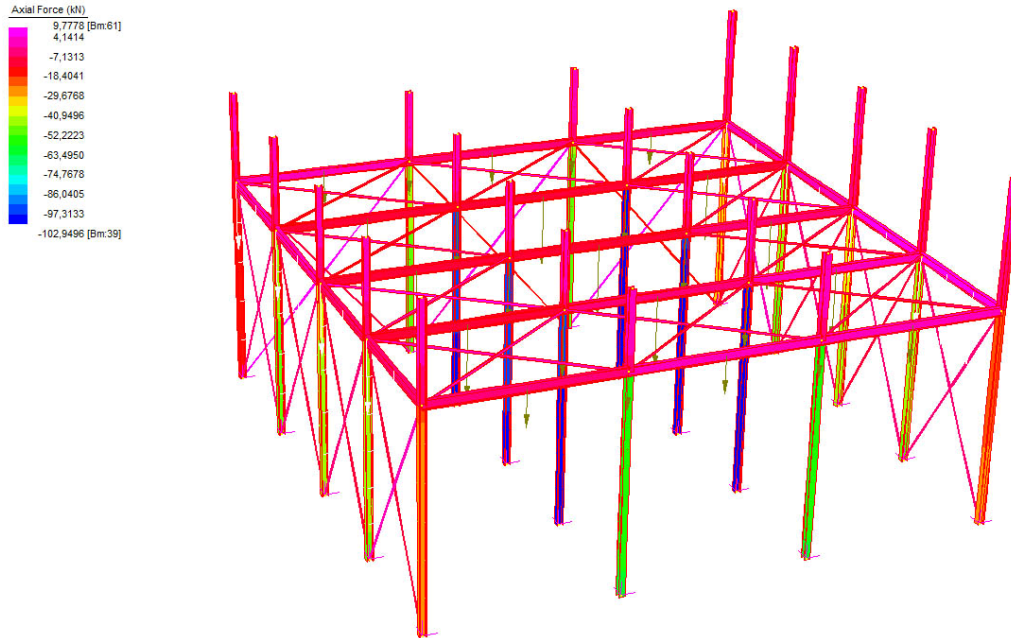
### MOMENTI SULLE TRAVI PRINCIPALI E SUI PILASTRI (kN m)



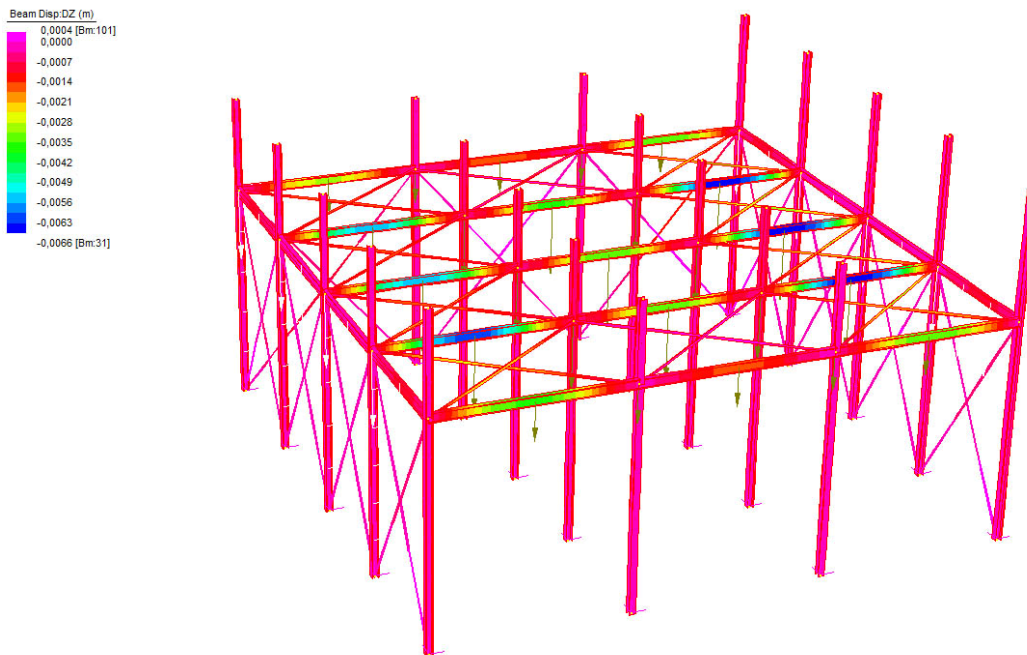


# 13

## AZIONI ASSIALI (kN)

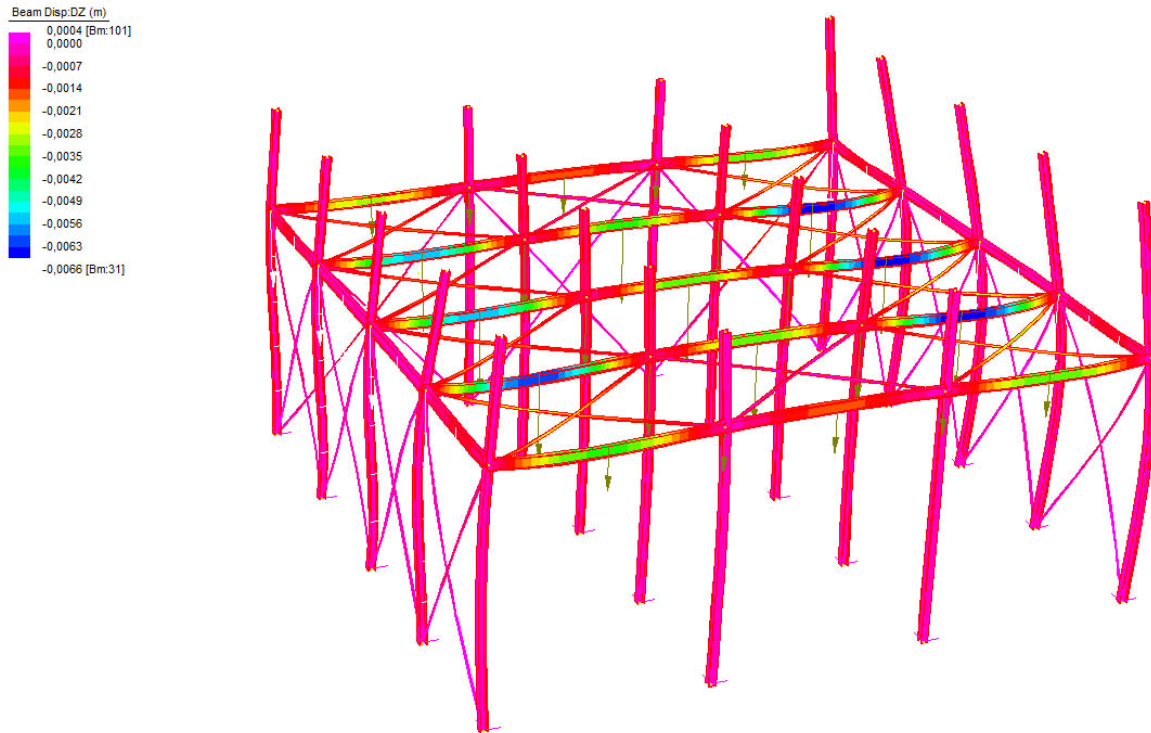


## FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (m)

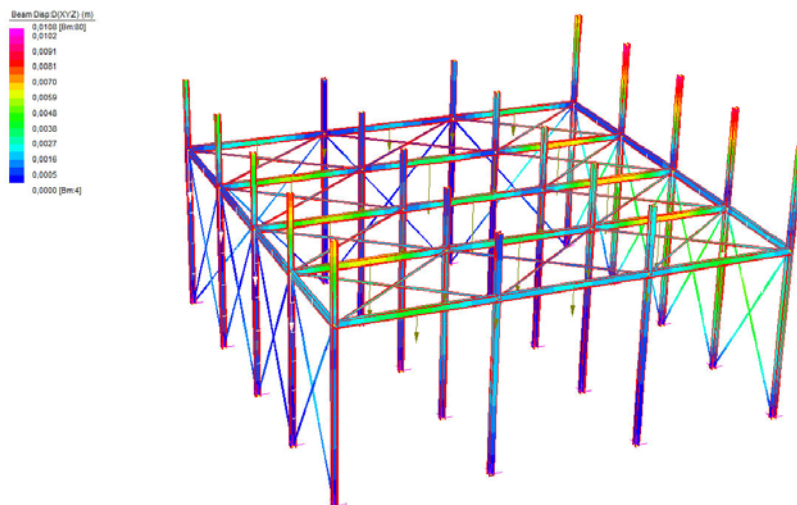


# 13

## AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (m)



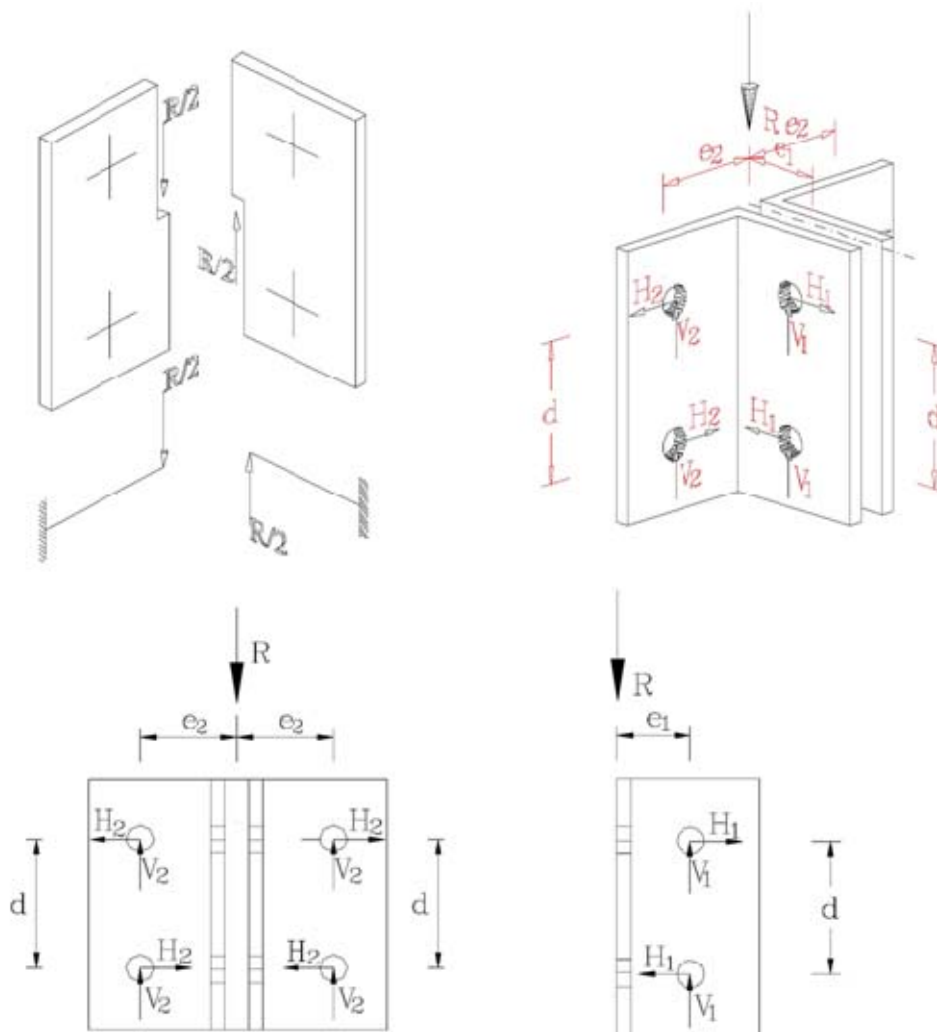
Grazie all'utilizzo del complesso programma per il calcolo strutturale Straus 7 sono stati ulteriormente confermati i risultati ottenuti in precedenza, oltretutto è stato possibile eseguire un'ulteriore verifica sugli spostamenti massimi e considerare la spinta del vento sull'intera struttura. Grazie ai controventi adottati è stato verificato lo spostamento nelle direzioni x, y, z della struttura caricata.



## 13

## DIMENSIONAMENTO DEL GIUNTO TRAVE - PILASTRO

Si determina la reazione massima che il giunto sopporta e si verifica la reazione con quella massima di progetto. Il giunto da verificare come individuato nelle tavole grafiche allegate unisce il pilastro di bordo HEA 220 e la trave IPE 300.



La cerniera in corrispondenza dell'intersezione del piano verticale di simmetria della trave con l'ala della colonna. E' la soluzione più usata e caratterizzata da bulloni che lavorano solo a taglio.

## 13

La reazione d'appoggio  $R$  della trave si distribuisce in parti uguali sulle due:

Taglio	$R/2$
Momento torcente	$R/2 \cdot e$

Quindi:

$V1 = R/4$	$H1 = R/2 \cdot e1/d$
$V2 = R/4$	$H2 = R/2 \cdot e2/d$

Ipotizzando, nel caso in esame, le due eccentricità "e" uguali:

$V1 = V2 = R/4$	$H1 = H2 = R/2 \cdot e/d$
-----------------	---------------------------

perciò la forza agente sul singolo bullone è:

$$F1 = F2 = (H1^2 + V1^2)^{1/2}$$

Secondo EC3 (6.5.3.1), trattandosi di bulloni di classe 10.9, la bullonatura non può che essere di categoria A (a taglio). La verifica allo Stato Limite Ultimo va quindi eseguita in base a:

1-Resistenza di progetto a taglio dei bulloni  $Fv.Sd \leq Fv.Rd$

2-Resistenza di progetto a rifollamento  $Fv.Sd \leq Fb.Rd$

3-Resistenza delle sezioni nette

$Fv.Sd$  = Forza di progetto a taglio per ogni bullone allo SLU

$Fv.Rd$  = Resistenza di progetto a taglio di un bullone

$Fb.Rd$  = Resistenza di progetto a rifollamento di un bullone

## 13

## Alcuni diametri dei bulloni e dei fori [mm]

<b>Bullone</b>	d	14	16	18
<b>Foro</b>	d0	15	17	19
<b>Aresistente bullone [mm<sup>2</sup>]</b>		115	157	192

Bulloni ad alta resistenza 10.9			
Resistenza allo snervamento:	$f_{ub} =$	1000	N/mm <sup>2</sup>
	=	1	kN/mm <sup>2</sup>
Resistenza a rottura per trazione:	$f_{yb} =$	900	N/mm <sup>2</sup>
	=	0,9	kN/mm <sup>2</sup>

## RESISTENZA DI PROGETTO A TAGLIO DEI BULLONI (EC3 6.5.3)

$$F_{v,Rd} = 0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_{res} / \gamma_{Mb}$$

Nota il coefficiente di sicurezza delle unioni bullonate:

$$\gamma_{Mb} = 1,25$$

VERIFICA Utilizzando bulloni M18 10.9:		
$F_{v,Rd}$	76,8	kN
$> F_{v,Sd}$	31,15	kN

VERIFICATO

## RESISTENZA DI PROGETTO A RIFOLLAMENTO (EC3 6.5.3)

Il punto più debole è costituito dall'anima della trave, soggetta alla forza di rifollamento maggiore pari a  $2F_1$ .

## 13

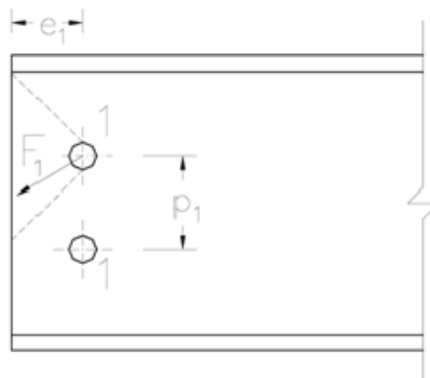
$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{Mb}$$

Resistenza ultima della trave Fe430:	$f_u =$	430 N/mm <sup>2</sup>
Diametro del bullone:	$d =$	18 mm
Spessore anima della trave IPE 300:	$t =$	7,1 mm
Distanza dal centro del foro all'estremità dell'anima in direzione della forza ( $\geq 1,2d_0$ - secondo EC3 6.5.1.2):	$e_1 =$	35 mm
Diametro fori:	$d_0 =$	19 mm
Interasse tra i bulloni ( $\geq 2,2d_0$ - secondo EC3 6.5.1.5):	$p_1 =$	120 mm

Si considera  $\alpha$  come minimo tra i seguenti valori:

$$\alpha = \min( e_1 / 3d_0 ; p_1 / 3d_0 ; f_{ub} / f_u ; 1 )$$

$$\alpha_1 = 0,61; \quad \alpha_2 = 2,11; \quad \alpha_3 = 2,33 \quad \alpha_4 = 1$$



VERIFICA		
$F_{b,Rd}$	67,49	kN
$>F_{v,Sd}=2F$	62,30	kN

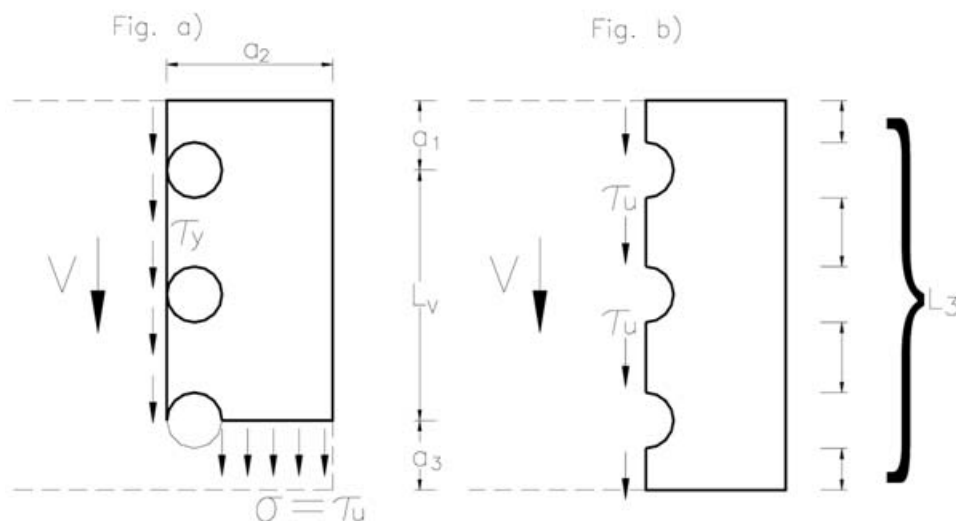
VERIFICATO

## 13

## RESISTENZA DELLE SEZIONI NETTE (EC3 6.5.2)

Come per la resistenza a rifollamento si verifica l'anima della trave che ha la forza di taglio maggiore pari a  $R$ . Si deve valutare la resistenza di progetto a rottura per il taglio secondo il meccanismo di collasso "block shear" (EC3 6.5.2.2), che è caratterizzato da due possibili modalità in crisi:

- Rottura a trazione lungo la linea dei fori e in uno snervamento a taglio della sezione lorda (figura a)
- Rottura a taglio della sezione netta (figura b)



Il meccanismo di collasso "block shear", in una serie di fori per dispositivi di giunzione vicini all'estremità dell'anima di una trave o di una squadretta, deve essere prevenuto mediante un'opportuna spaziatura dei fori. Questo tipo di collasso consiste generalmente in una rottura a trazione, lungo la linea dei fori, sulla superficie pensionata dal gruppo di fori e in uno snervamento a taglio nella sezione lorda, in corrispondenza della fila di fori, lungo la faccia sollecitata a taglio dei fori stessi.

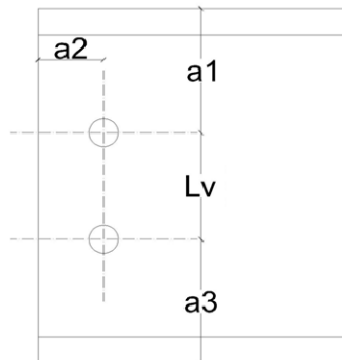
Il valore di progetto  **$V_{eff.Rd}$**  della resistenza effettiva a rottura per meccanismo tipo "block shear" deve essere assunta pari a:

$$V_{eff.Rd} = f_y \cdot A_{v,eff} / 3^{exp1/2} \cdot \gamma_{M0}$$

## 13

Dove  $A_{v,eff}$  è l'area efficace a taglio nel meccanismo "block shear" calcolata nel seguente modo:

$$A_{v,eff} = t \cdot L_{v,eff}$$



$$L_{v,eff} = L_v + L_1 + L_2$$

$$\leq L_3$$

$$L_1 = a_1$$

$$\leq 5d$$

$$L_2 = (a_2 - kd_{0,t})f_u / f_y$$

$$L_3 = L_v + a_1 + a_3$$

con la limitazione:

$$L_3 \leq (L_v + a_1 + a_3 - nd_{0,v})f_u / f_y$$

non essendoci fori asolati:  $d_{0,t} = d_{0,v} = d_0$

n =	2	numero fori soggetti a trazione
k =	0,5 2,5	per una fila di bulloni per due file di bulloni
$f_y =$	0,275	kN/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0} =$	1,1	

VERIFICA		
V eff.Rd	248,35	kN
>R		

VERIFICATO



# 13

## ANALISI DELLA STRUTTURA DEL MODULO

Per velocizzare ed ottimizzare il calcolo della struttura reticolare costituente il modulo abitativo verrà utilizzato il programma di calcolo.

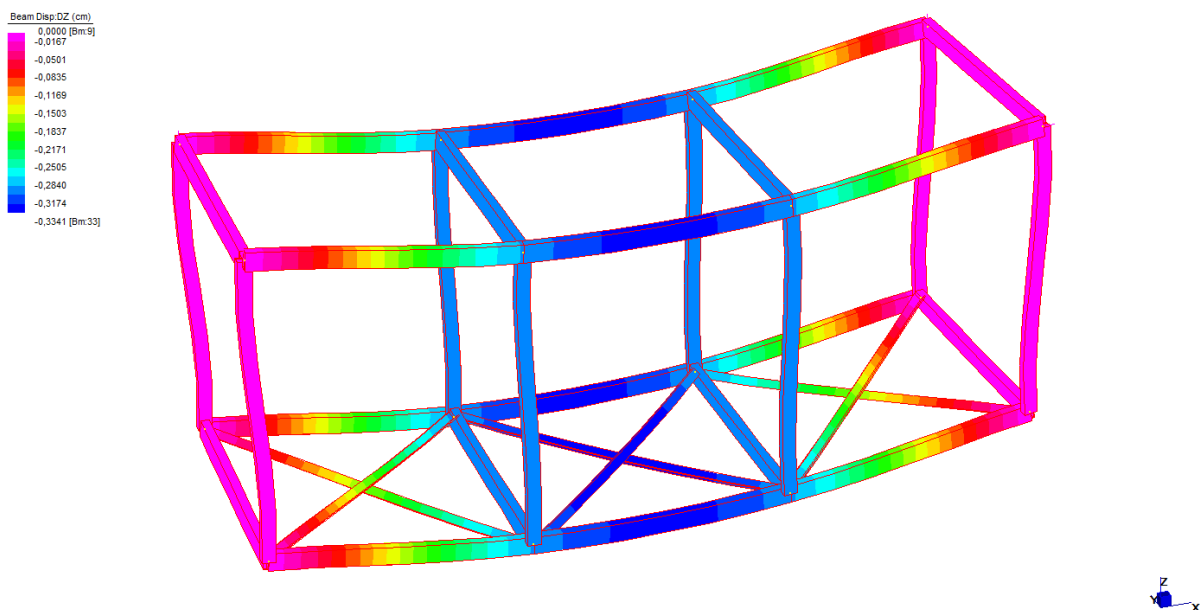
La struttura verrà realizzata mediante:

- Scatolare in acciaio 100 mm x 200 mm, spessore 5 mm
- Scatolare in acciaio 100 mm x 150 mm, spessore 5 mm
- Profilo 100 mm x 100 mm spessore 10 mm

La struttura in questione, interamente saldata, dovrà poter essere sollevata montata e trasportata, dunque si procede ad una verifica di spostamento massimo dovuto al peso proprio della struttura per meglio individuare i punti in cui agganciare lo scheletro del modulo in caso di sollevamento.

### (CASO A)

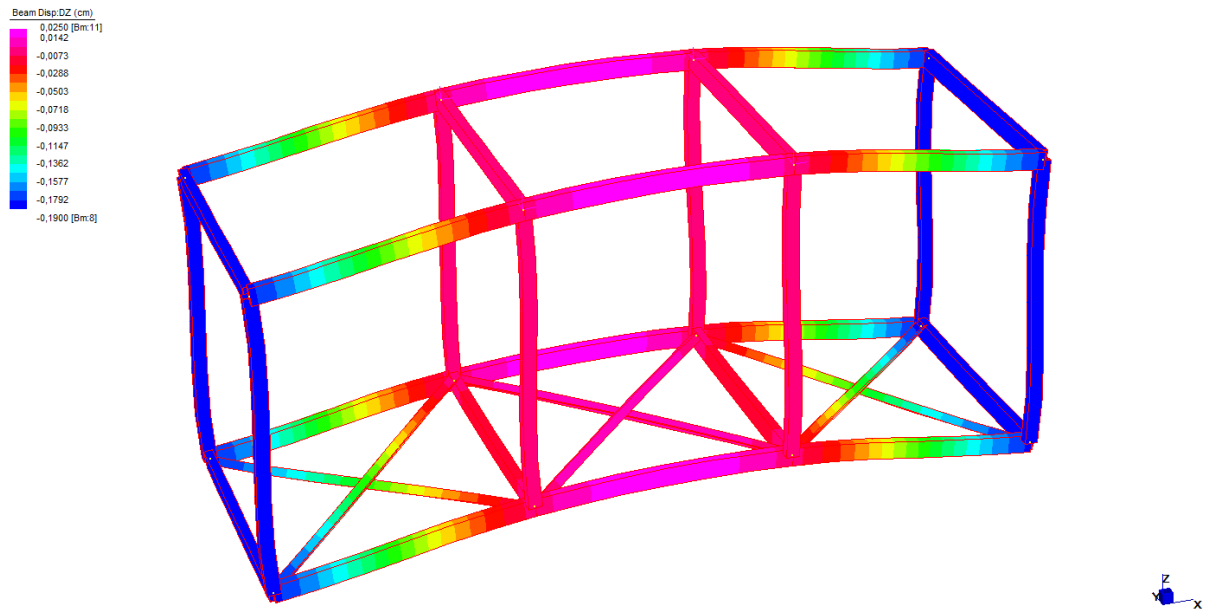
#### AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (cm)



# 13

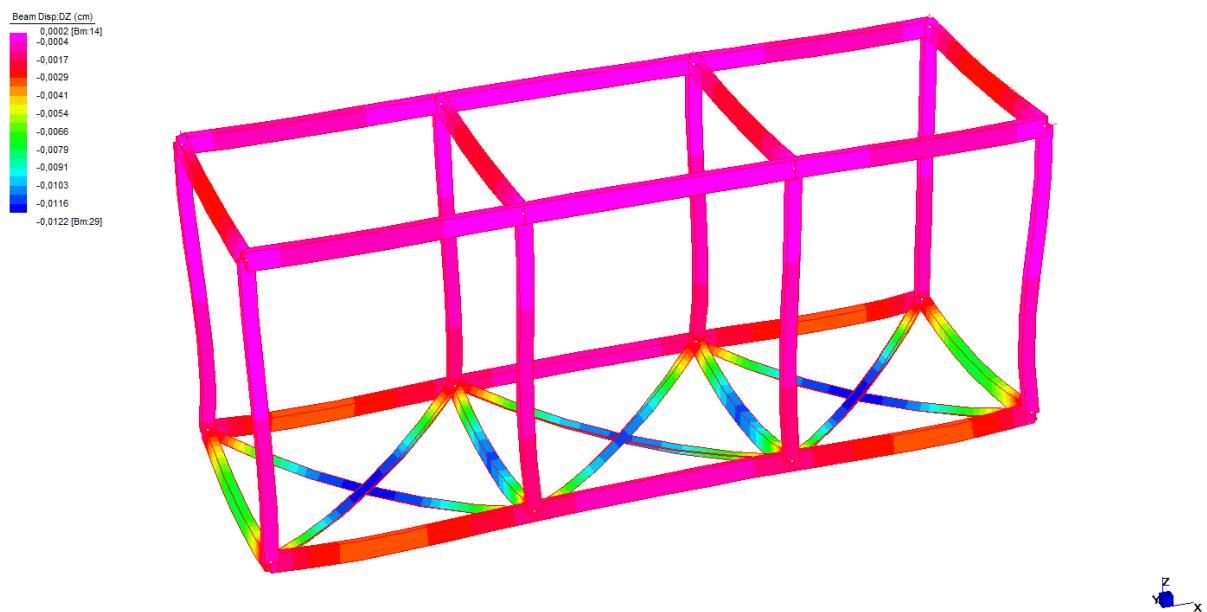
(CASO B)

AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (cm)



(CASO C)

AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (cm)



# 13

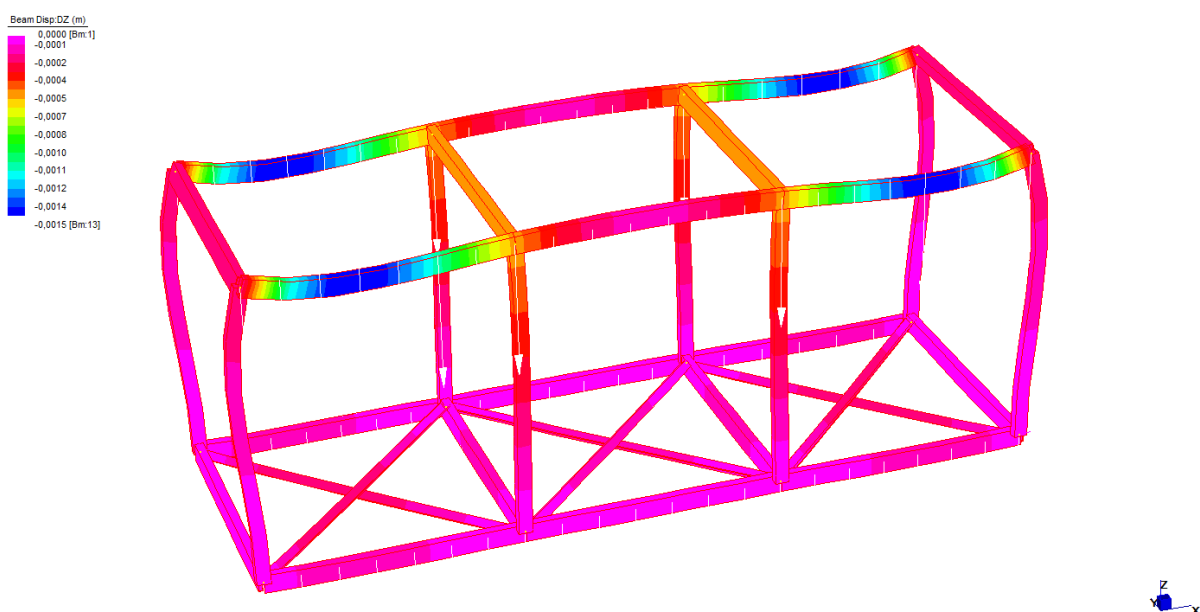
I quattro casi proposti rappresentano rispettivamente la struttura reticolare appesa ai quattro spigoli esterni (caso A), la struttura appesa in corrispondenza dei quattro pilastri centrali (caso B) e la struttura appesa ai 6 nodi superiori con fune verticale (caso C). Verificati gli spostamenti il caso consigliabile per la movimentazione della reticolare è il caso C, soprattutto successivamente all'inserimento dei tamponamenti e delle finiture, in modo tale che le deformazioni non compromettano lo stato delle finiture proposte.

## ANALISI DELLA STRUTTURA DEL MODULO IN OPERA

Consideriamo che la struttura in progetto possa essere installata anche in ambiente aperto, diversamente dall'utilizzo proposto in ambito di questa tesi, dunque l'analisi dei carichi terrà conto anche del **carico neve (1,31 kN/m<sup>2</sup>)** calcolato all'inizio di questo capitolo. Oltretutto si considerano carichi variabili per piano per ambienti non suscettibili di affollamento (locali abitazione e relativi servizi, alberghi, uffici non aperti al pubblico) e relativi terrazzi e livelli praticabili; verticali ripartiti **(2,00 kN/m<sup>2</sup>)**.

Si considera inoltre che la struttura di un singolo modulo debba sopportare il peso di un altro modulo che verrà posizionato al di sopra di esso.

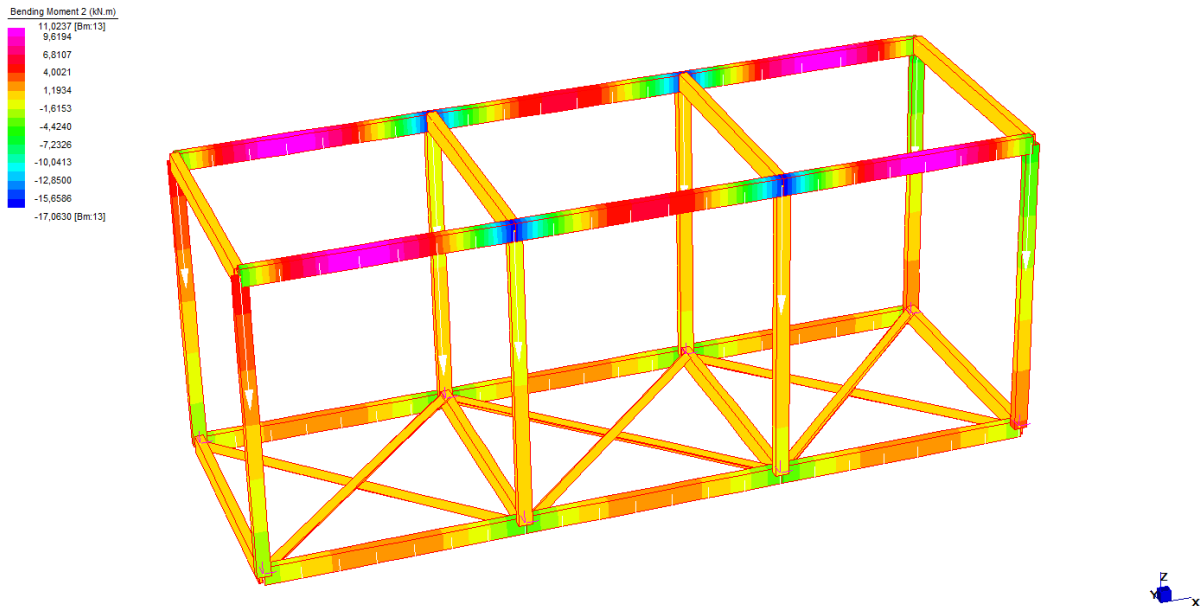
## AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (m)



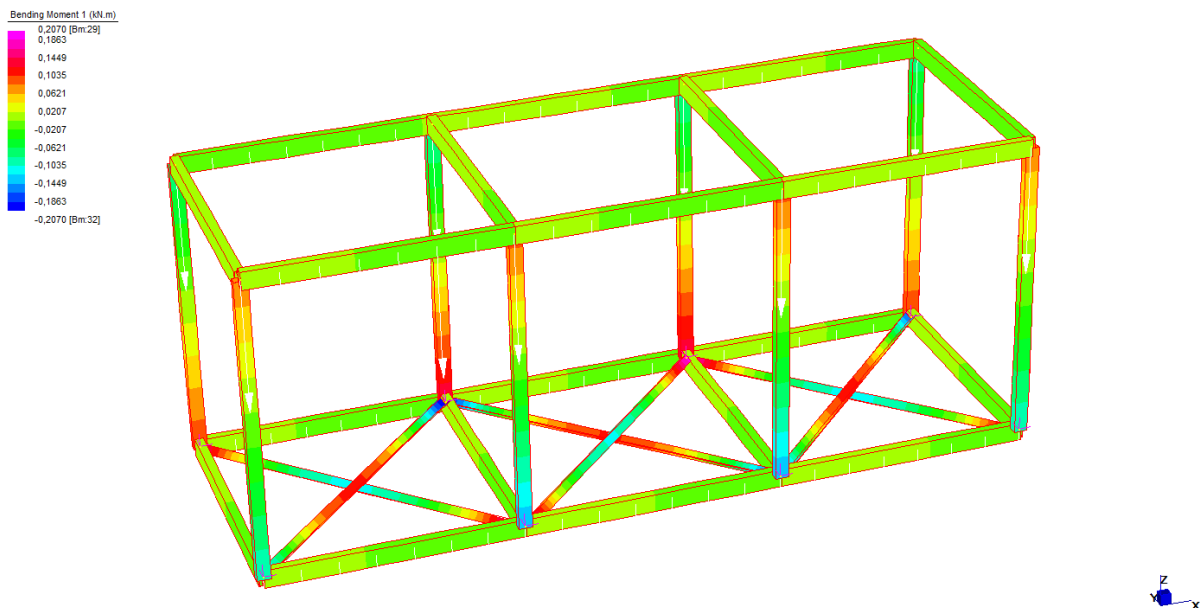
# 13

Per quanto riguarda gli appoggi si è considerata la struttura poggianti tramite gli 8 vincoli in corrispondenza dei pilastri. L'analisi dei momenti porta dunque ai seguenti risultati grafici

## MOMENTI SULLE TRAVI PRINCIPALI (kN m)



## MOMENTI SUI PILASTRI (kN m)



# 13

Questo elemento è stato trattato come un'asta calastrellata, struttura dunque altamente iperstatica. Lo spostamento trasversale totale può essere visto come somma di tre contributi:

- Flessione dei correnti;
- Flessione del calastrello;
- Deformazione a taglio del calastrello.

E' possibile dunque esprimere il carico critico in funzione della rigidezza a taglio  $S_v$  sulla base dei contributi deformativi sopra riportati.

La modesta struttura in esame è già stata ampiamente verificata in tal senso non verrà dunque ulteriormente approfondito questo calcolo.

**APPENDICE NORMATIVA**

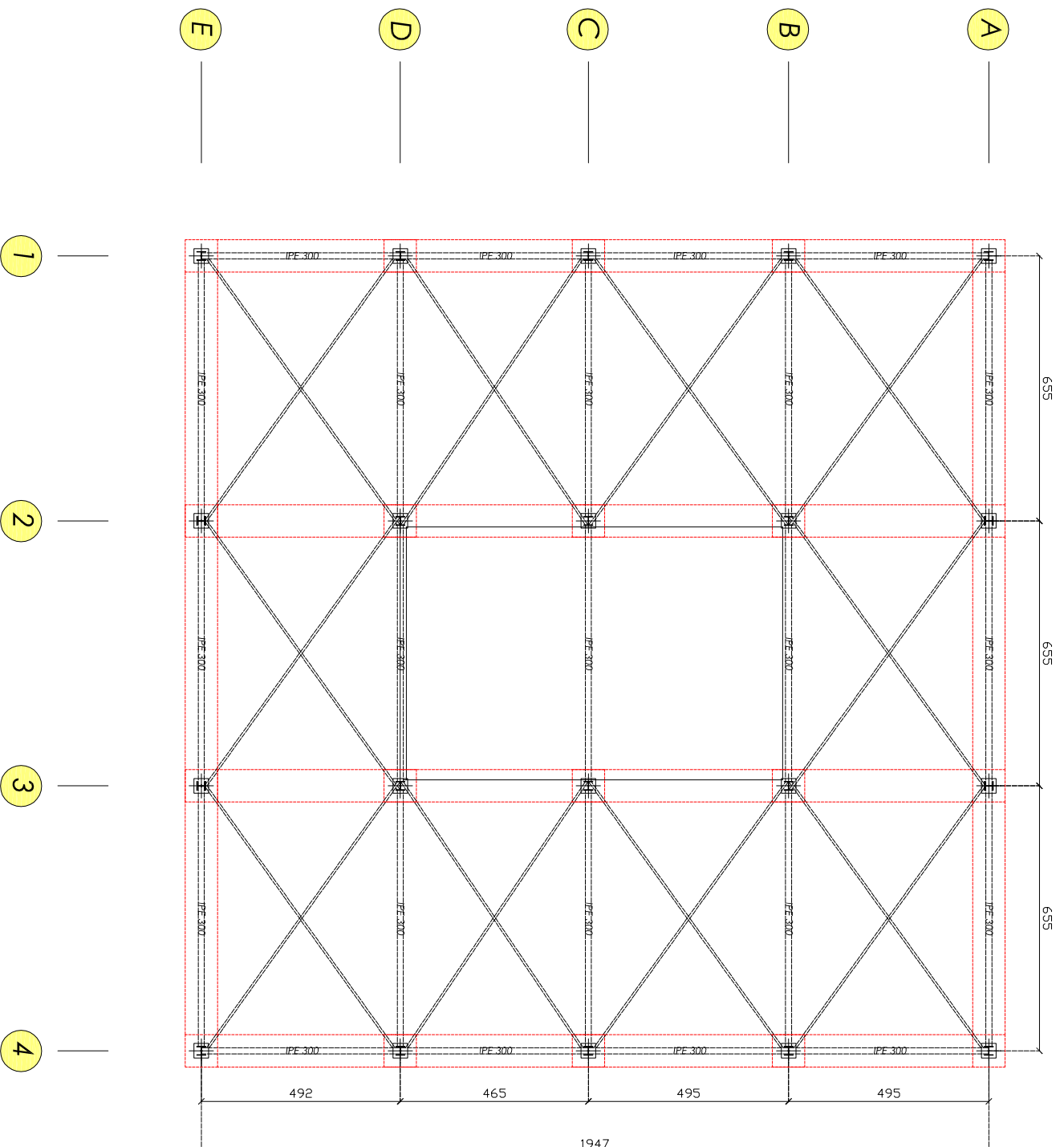
Il 1 Luglio 2009 sono definitivamente entrate in vigore le nuove Norme Tecniche (D.M. 14 gennaio 2008), anticipando di un anno la precedente scadenza del 30 giugno 2010 (data stabilita dal cosiddetto "Decreto mille proroghe"). Le opere strutturali devono dunque essere verificate:

- Per gli stati limite ultimi che possano presentarsi, in conseguenza delle diverse combinazioni delle azioni;
- Per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

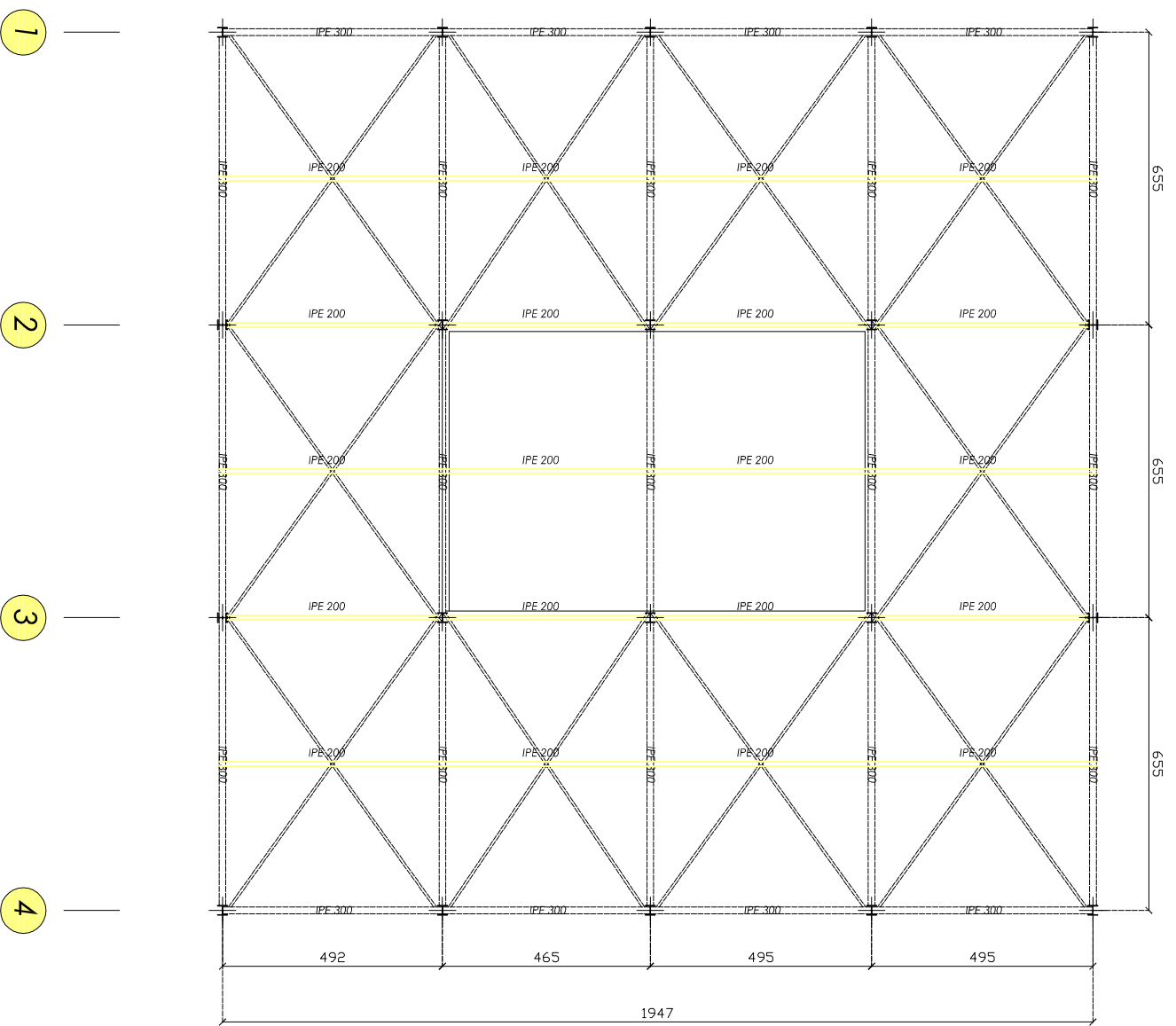
Questo era già stabilito dagli Eurocodici a cui le Norme Tecniche ancora oggi rimandano per eventuali approfondimenti di casi particolarmente complessi.

La circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 02 Febbraio 2009, n. 617 viene a tal proposito emanata una circolare esplicativa che ha cercato di privilegiare gli argomenti più innovativi e più complessi trattati dalle nuove Norme tecniche.

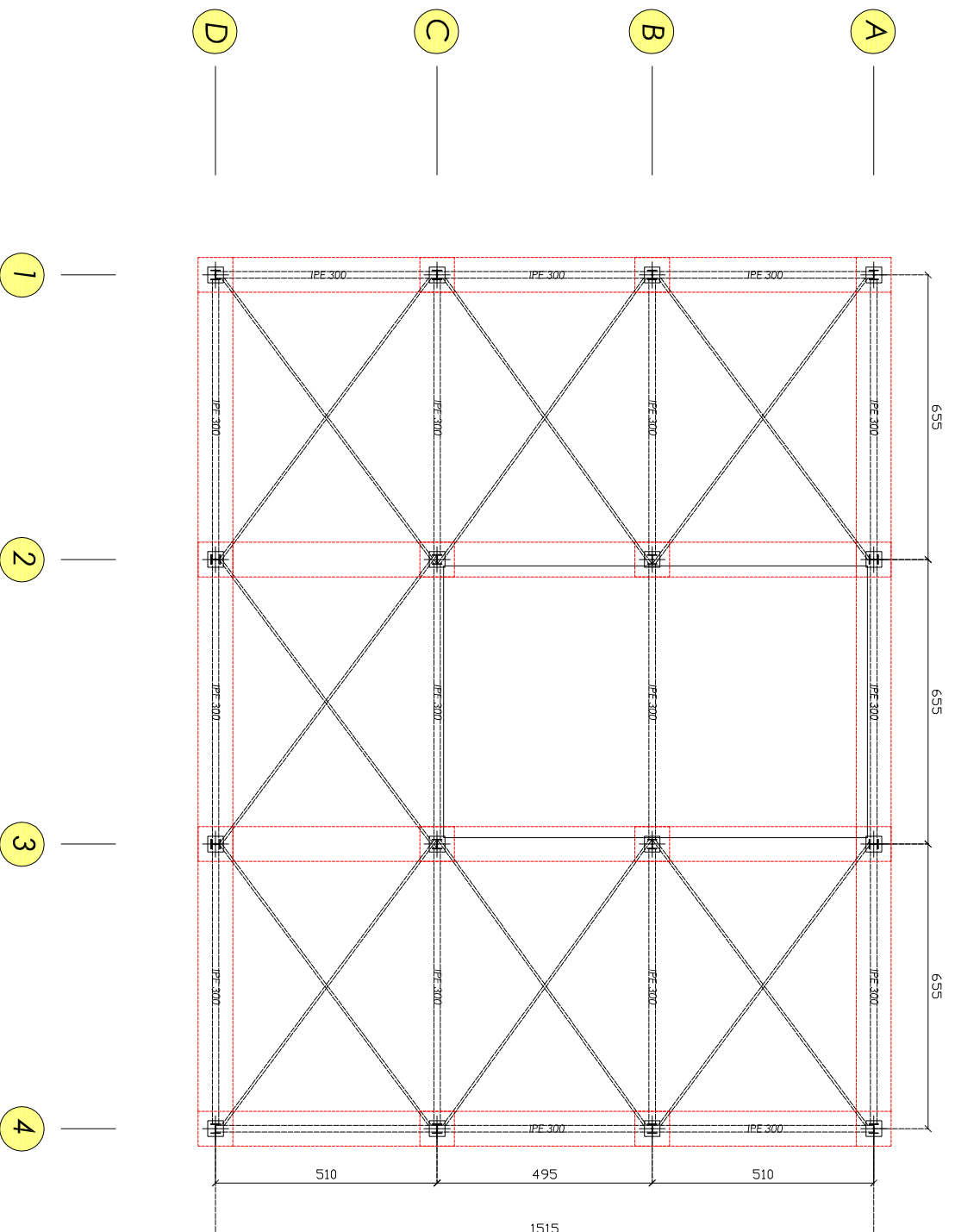
TORRE A - C  
STRUTTURA FONDAZIONI E TRAVI PRINCIPALI



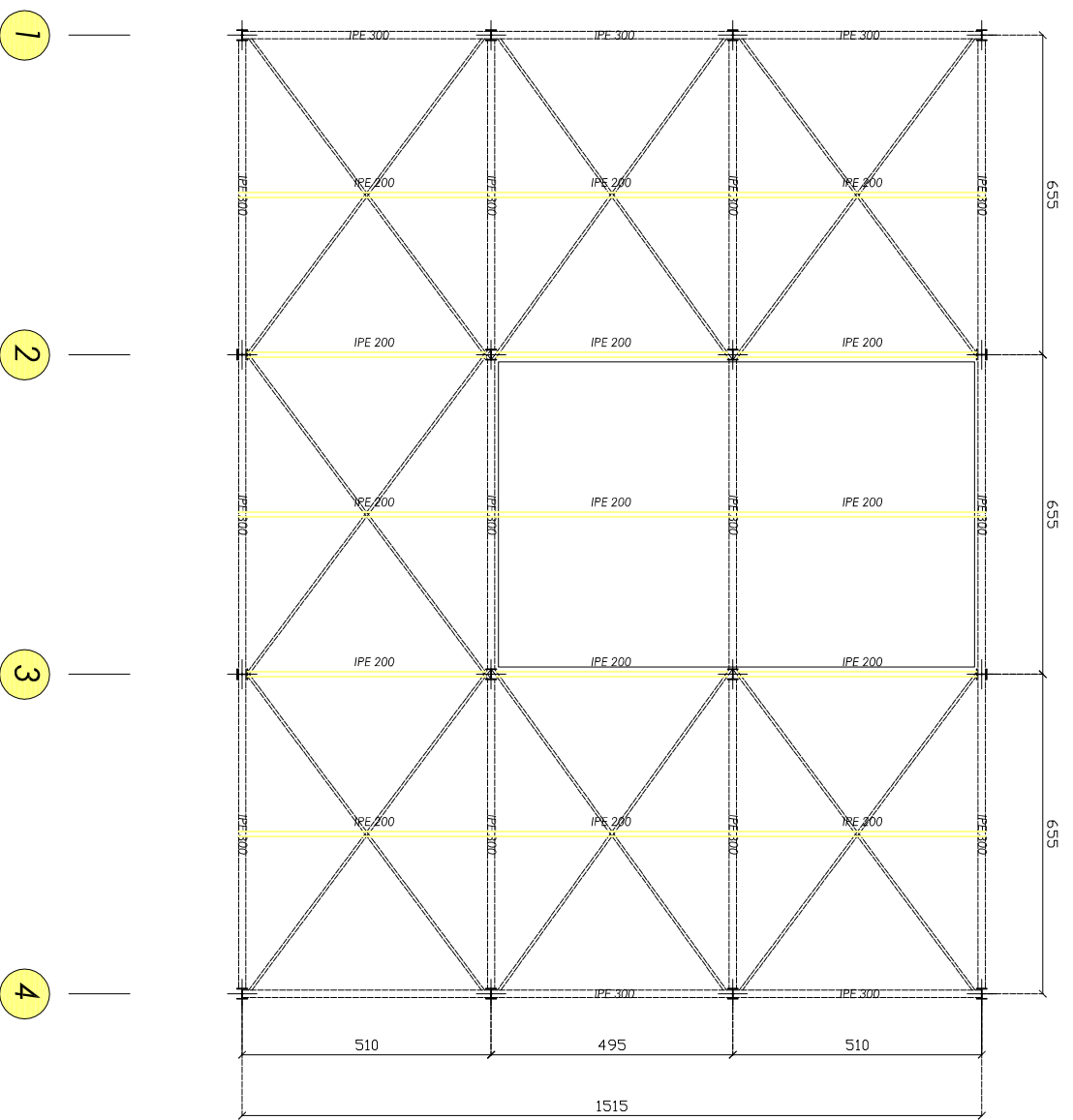
TORRE A - C  
STRUTTURA TRAVI SECONDARIE



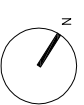
**TORRE B**  
STRUTTURA FONDAZIONI E TRAVI PRINCIPALI



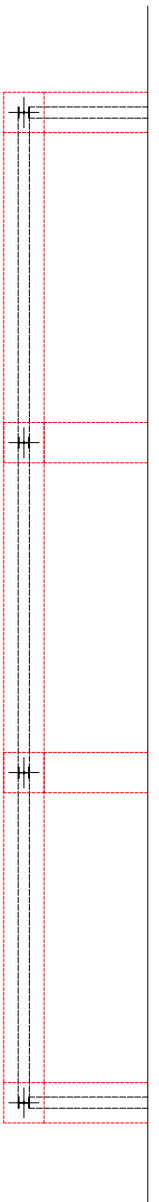
**TORRE B**  
STRUTTURA TRAVI SECONDARIE



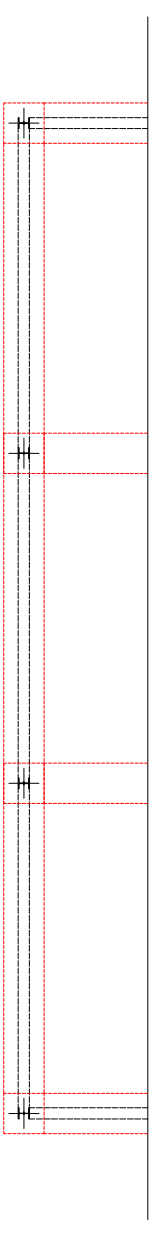
355



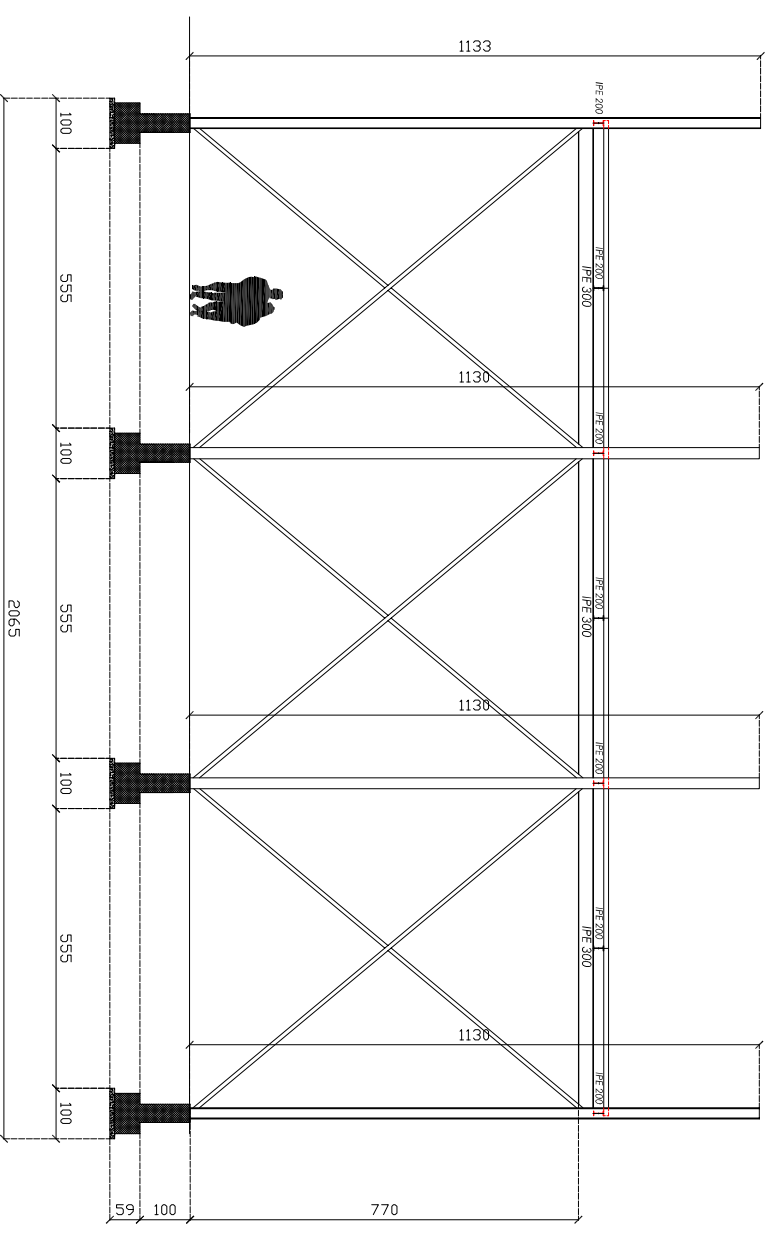
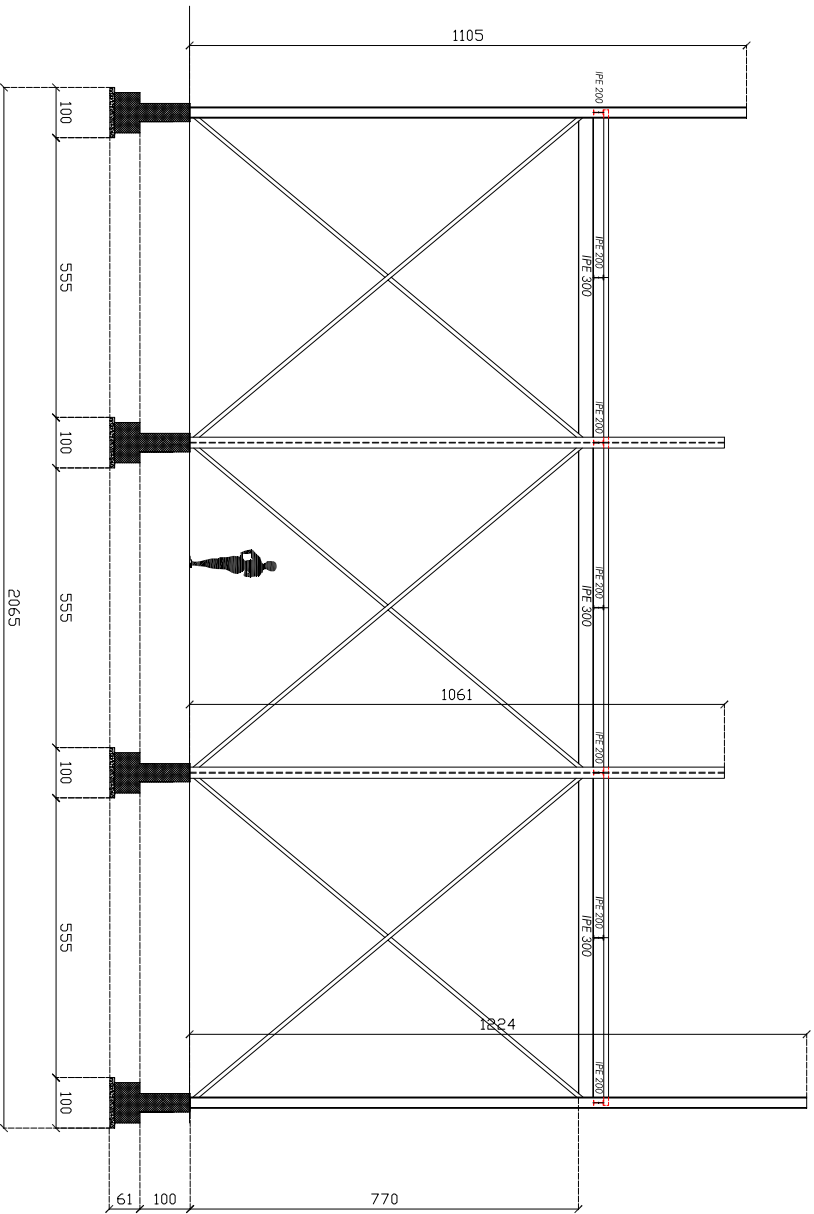




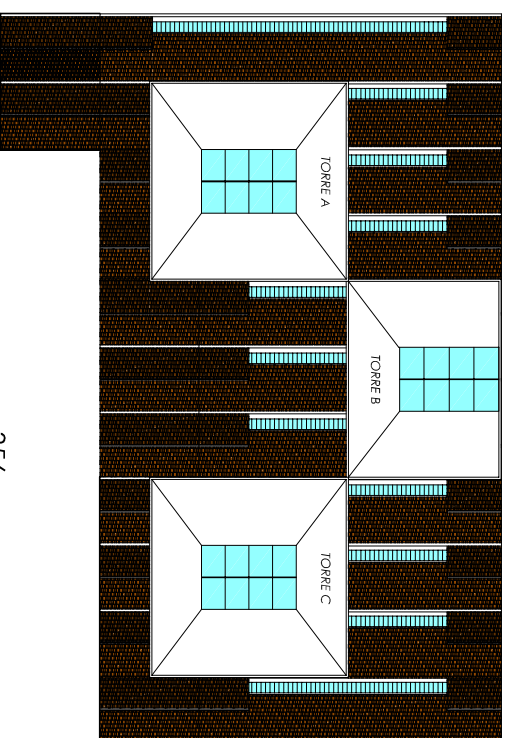
SEZIONE TORRE A

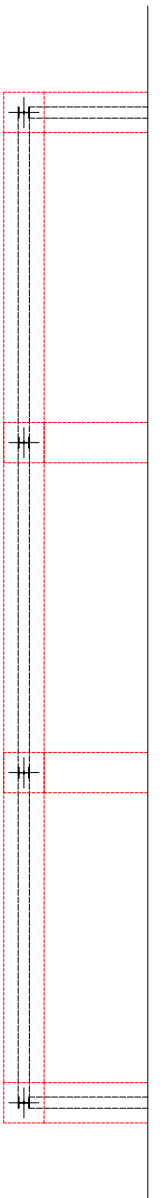


SEZIONE TORRE C

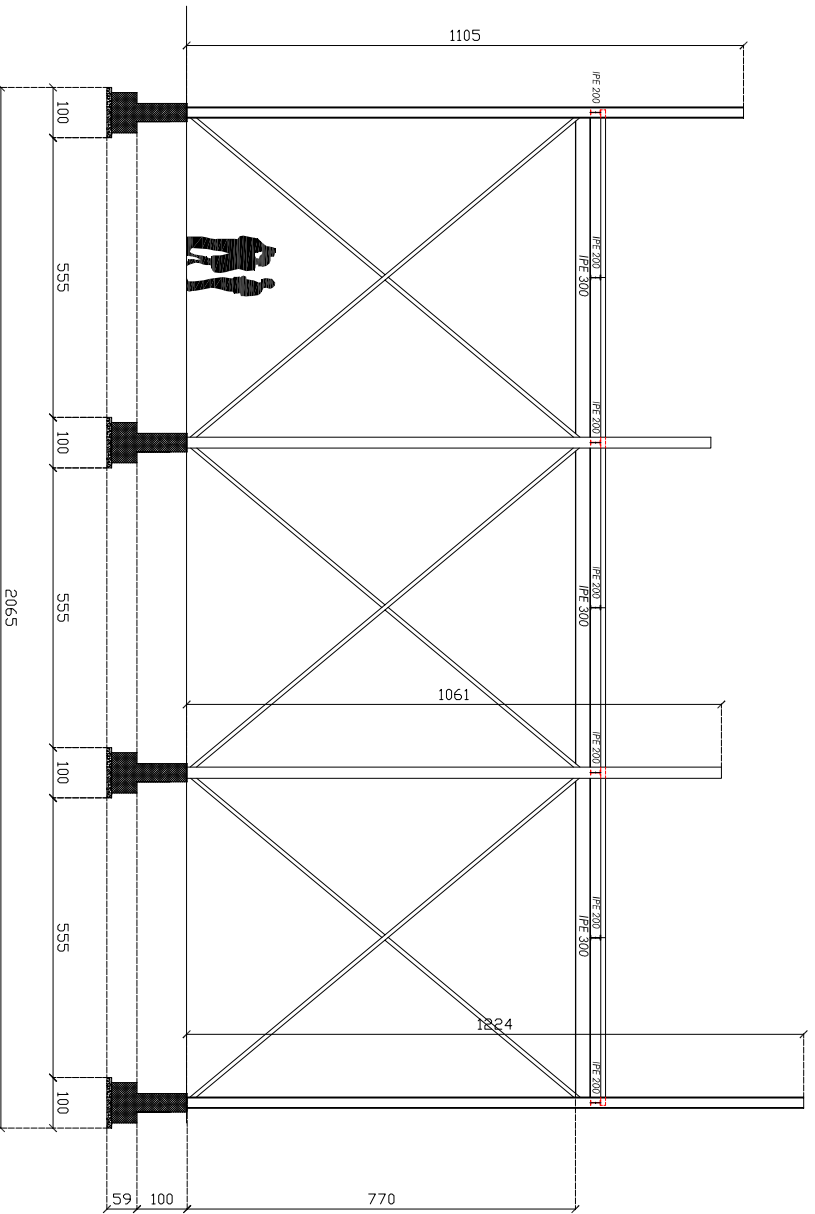


PIANTA DELLA COPERTURA

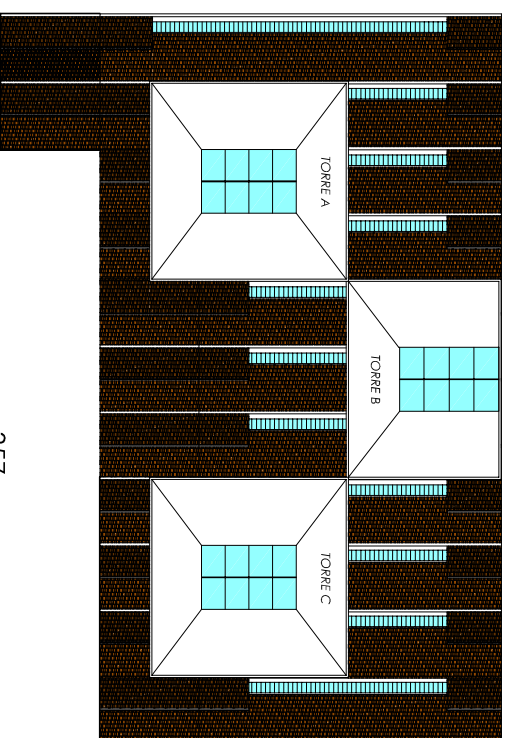




SEZIONE TORRE B

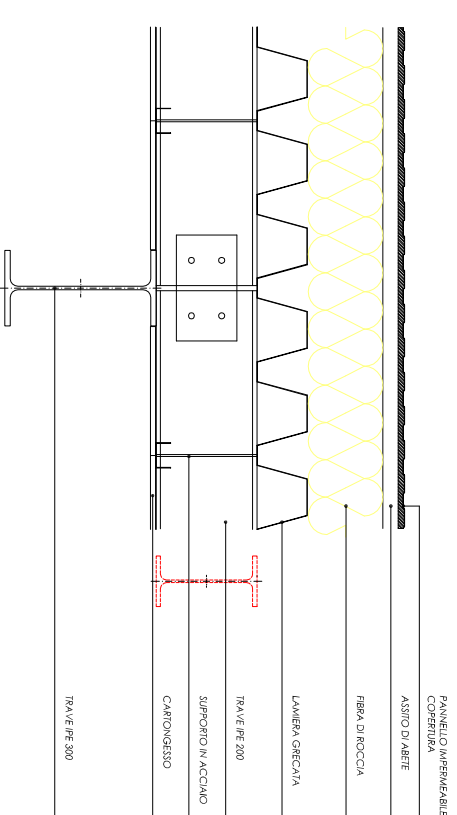


PIANTA DELLA COPERTURA





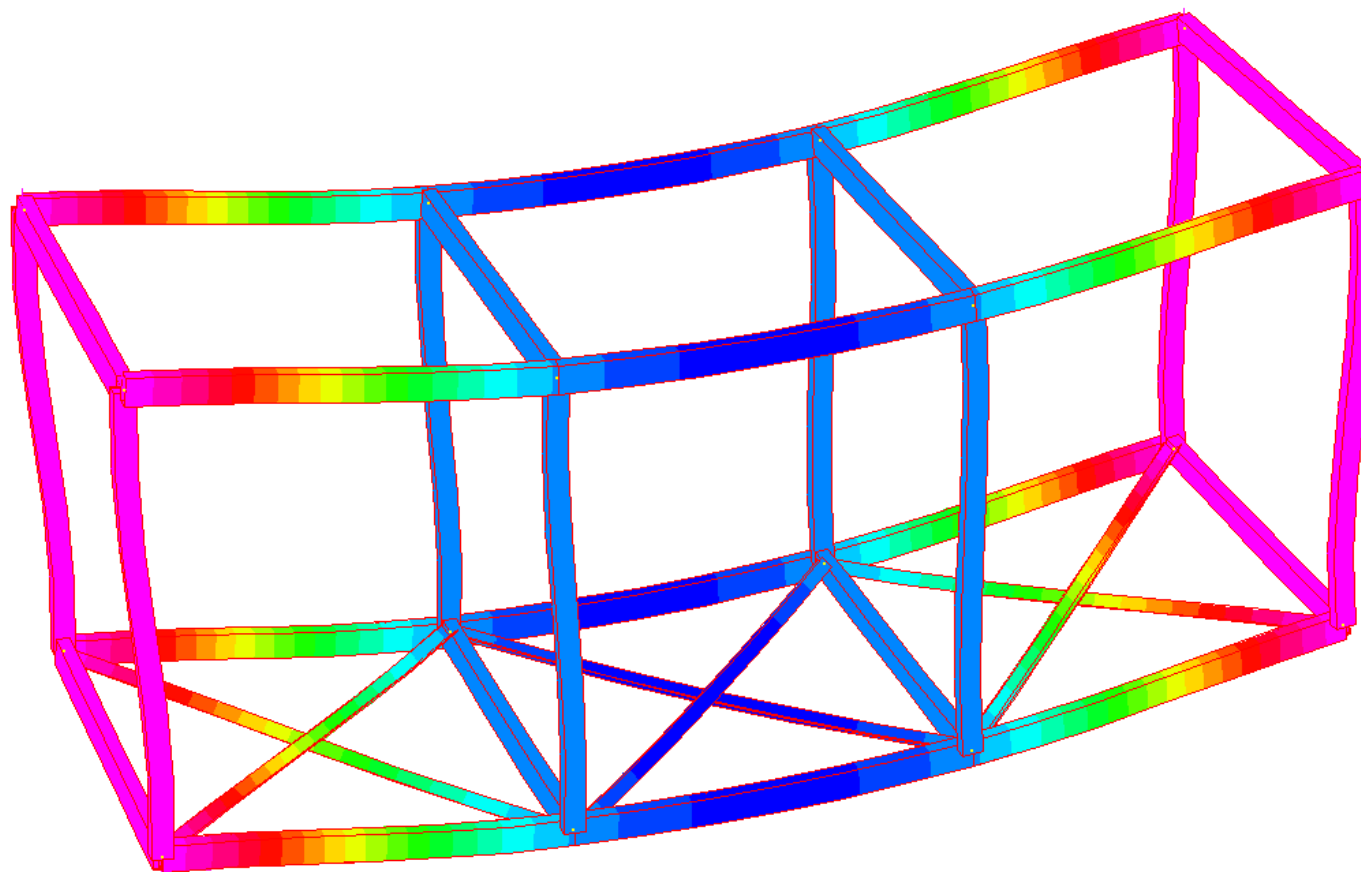
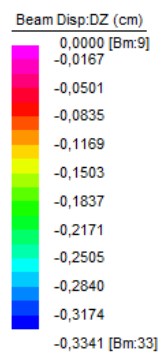
357

PARTICOLARE DELLA COPERTURA



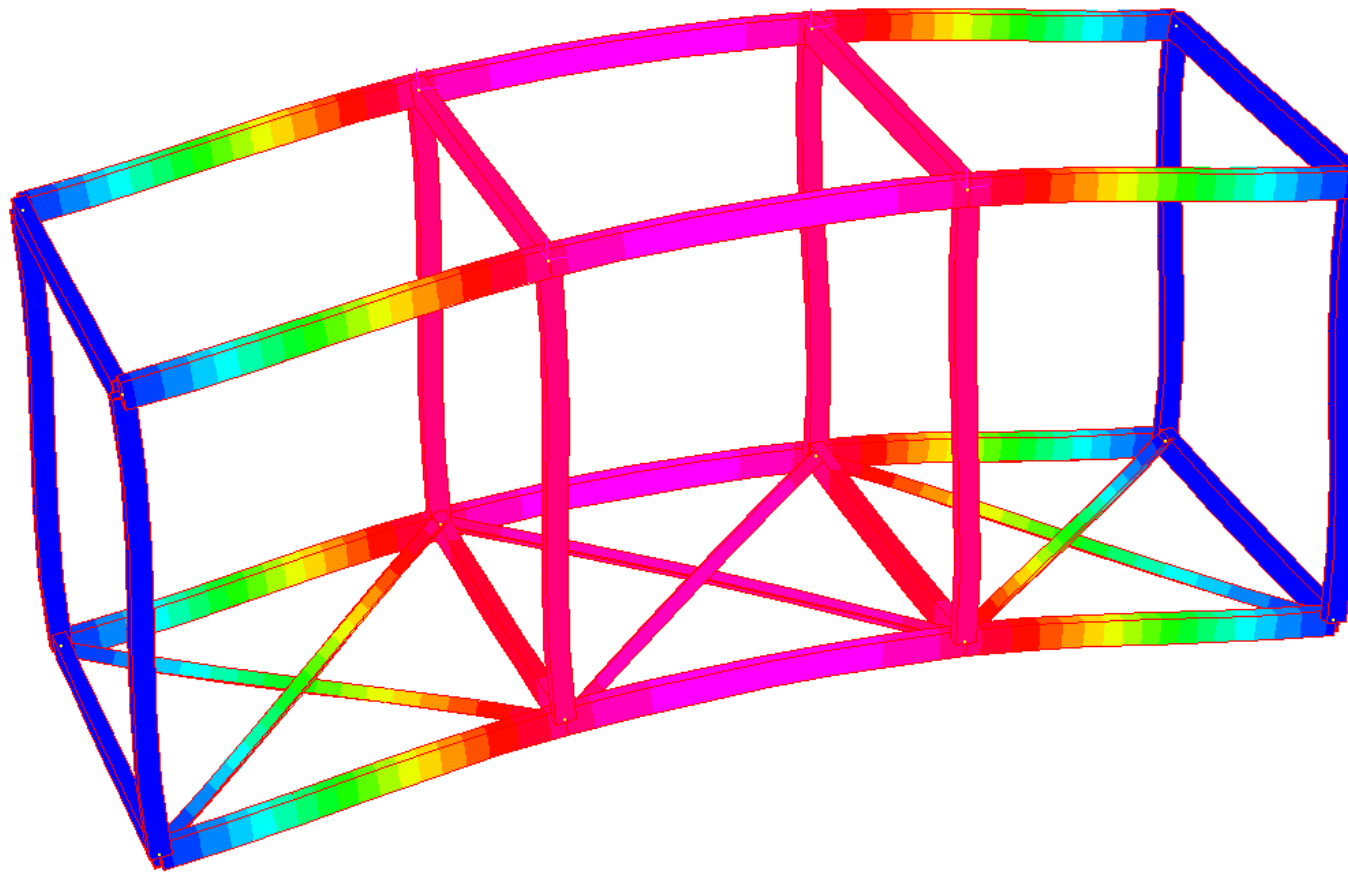
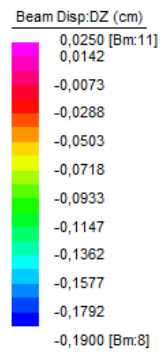
TRAVI IPE 200 - IPE 300

	PESO (kg/m)	SEZIONE (cm <sup>2</sup> )	$I_x$ (cm <sup>4</sup> )	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	$W_x$ (cm <sup>3</sup> )	$W_y$ (cm <sup>3</sup> )
	22.4	28.48	1943	142.4	194.3	28.47
	42.2	53.81	8356	603.8	557.1	80.50



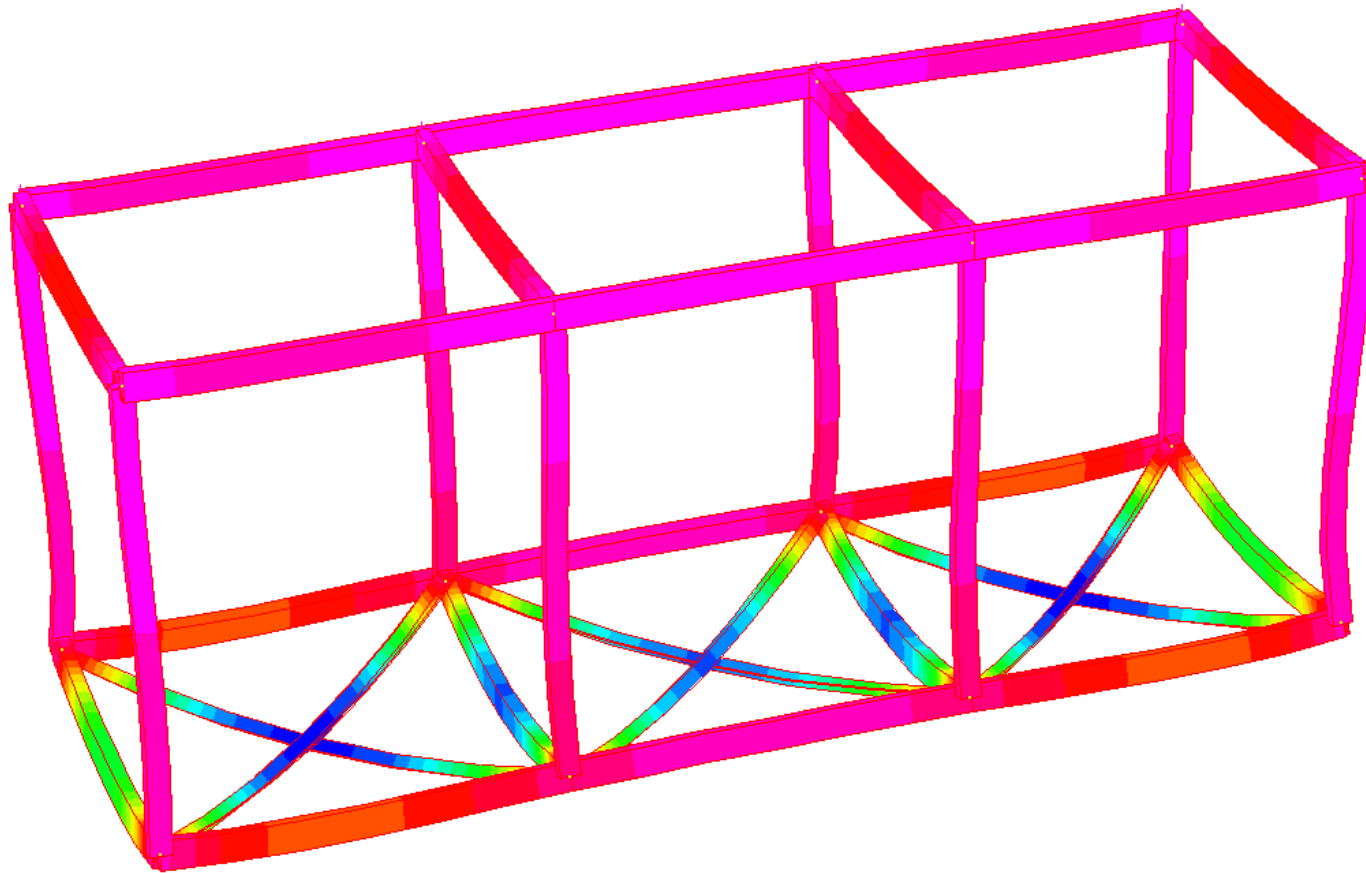
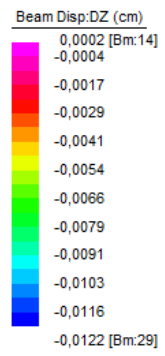
**ALLEGATO F** – (CASO A) AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (cm)

Alessandro Salvagni, Marco Tosarini



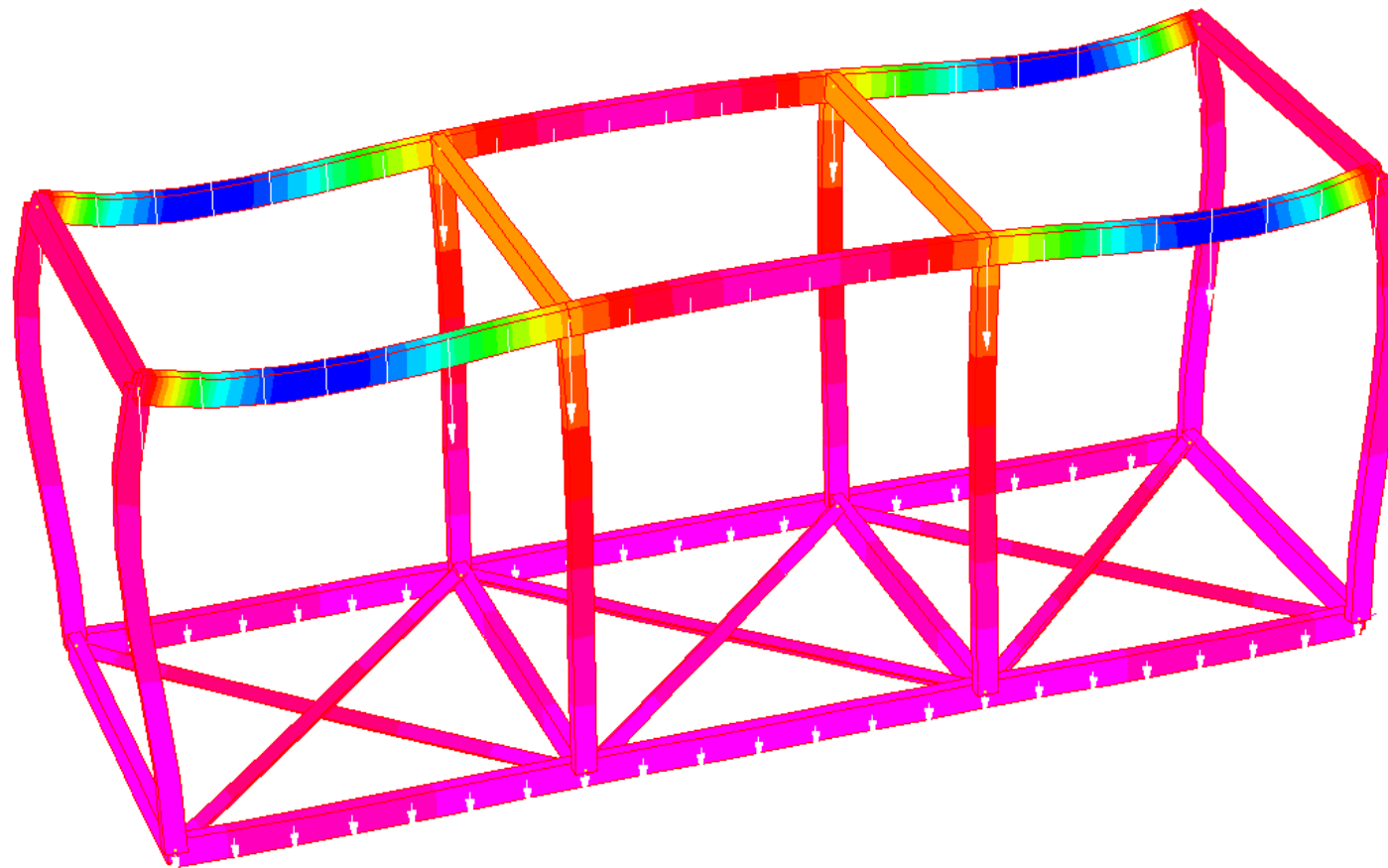
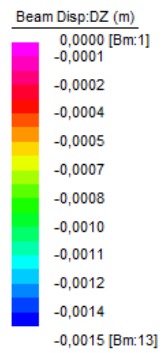
**ALLEGATO G** – (CASO B) AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (cm)

Alessandro Salvagni, Marco Tosarini



**ALLEGATO H** – (CASO C) AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (cm)

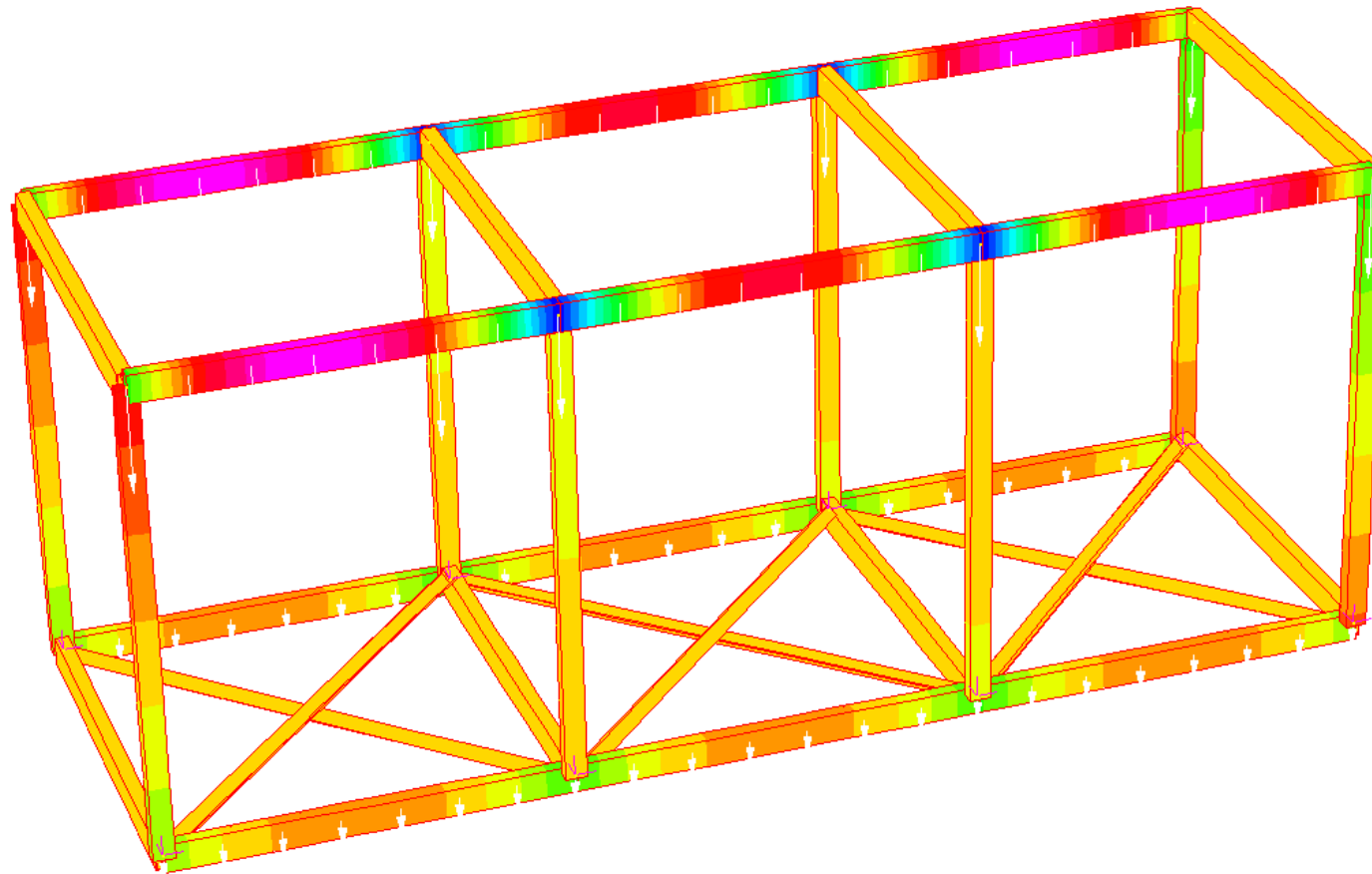
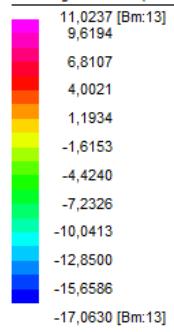
Alessandro Salvagni, Marco Tosarini



**ALLEGATO I** - AMPLIFICAZIONE DELLA DEFORMAZIONE SUL GRAFICO DELLA FRECCIA MASSIMA IN DIREZIONE Z (m)

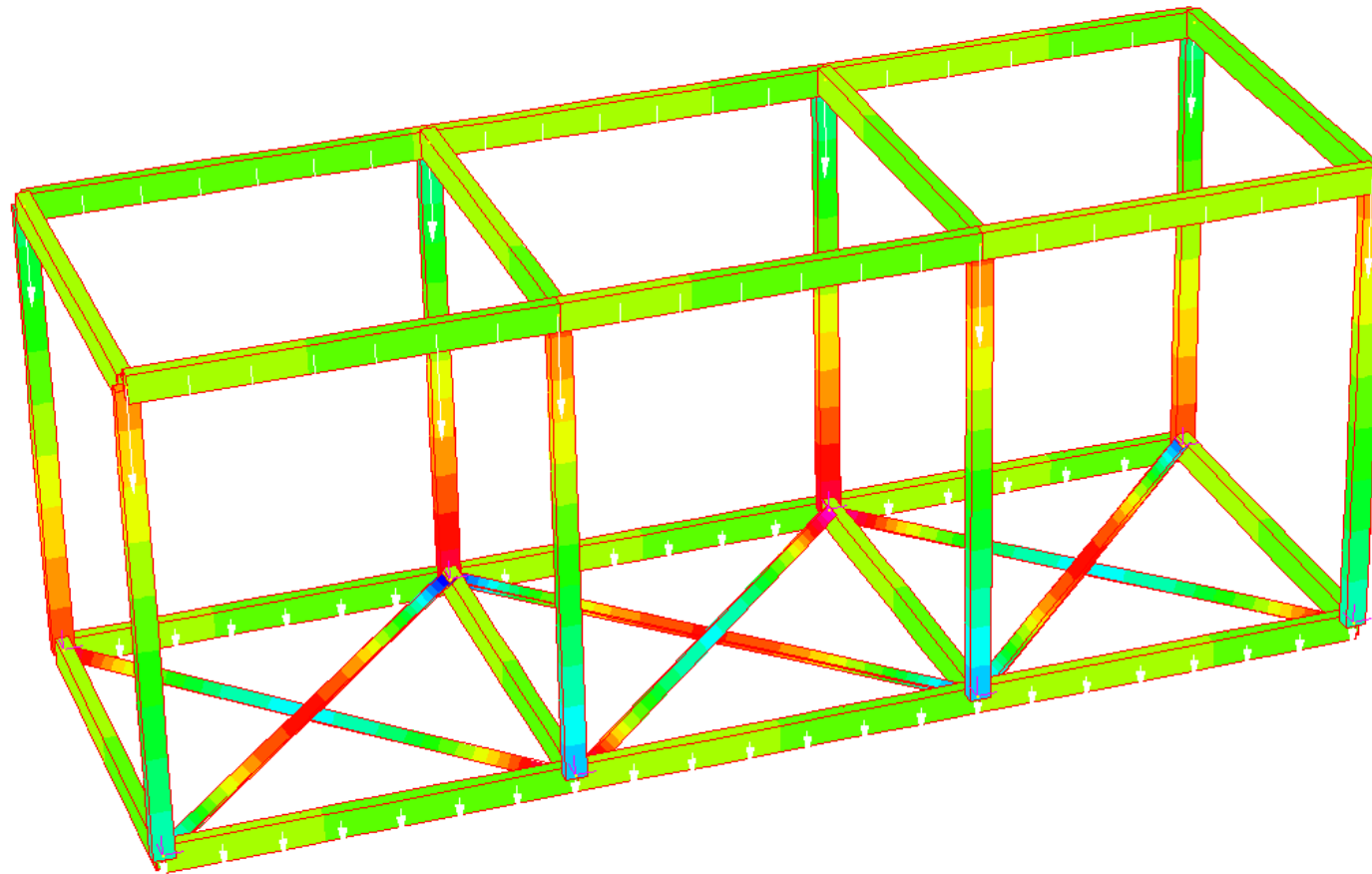
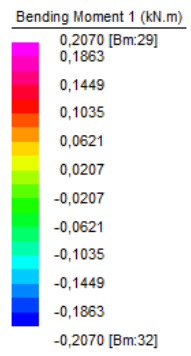
Alessandro Salvagni, Marco Tosarini

Bending Moment 2 (kN.m)



ALLEGATO L - MOMENTI SULLE TRAVI PRINCIPALI (kN m)

Alessandro Salvagni, Marco Tosarini



**ALLEGATO M - MOMENTI SUI PILASTRI (kN m)**

Alessandro Salvagni, Marco Tosarini



- **Casa Clima – Il piacere di abitare 2008** / Norbert Lantschner – Bolzano: Athesia 2008
- **Geotermia e pompe di calore** / Savino Basta, Fabio Minchio – Verona: La grafica 2008
- **Atlante dell'acciaio** / Helmuth C. Schultz, Werner Sobek, Karl J. Habermann. - Torino: UTET, 1999
- **Strutture in acciaio** / G. Ballio, F. M. Mazzolani – Ulrico Hoepli Editore, 1987
- **Progettare costruzioni in acciaio** / G. Ballio, C. Bernuzzi – Ulrico Hoepli Editore, 2004
- **Examples to Eurocode 3** / European Convention for Constructional Steelwork, 1992
- **Appunti del corso di teoria e progetto delle costruzioni in acciaio** / Ing. Piero Gelfi – Raccolti e integrati a cura dell'Ing. Giovanni Metelli
- **Atlante del vetro** / Christian Schittich - Torino: UTET, 2005
- **Arketipo : progetti, dettagli, materiali, impianti.** - Milano : Il sole-24 ore, numero 27 Ottobre 2008
- **Arketipo : progetti, dettagli, materiali, impianti.** - Milano : Il sole-24 ore, numero 32 Aprile 2009
- **Arketipo : progetti, dettagli, materiali, impianti.** - Milano : Il sole-24 ore, numero 33 Maggio 2009
- **The plan : architecture & technologies in detail.** - Bologna : Centauro, vari numeri
- **Appunti di tecnica delle costruzioni : elementi strutturali in acciaio** / Giandomenico Toniolo. - Milano : Masson, 1979
- **Il fotovoltaico in architettura : l'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici** / Niccolò Aste. - Napoli : SE, 2002
- **Strutture in legno : materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee** / Maurizio Piazza, Roberto Tomasi, Roberto Modena – Biblioteca tecnica Hoepli Holzbau
- **Fibre di carbonio : indagini diagnostiche edifici storici** / Ides
- **Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni in legno** / Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- **Tecnica delle costruzioni III : Biology Wood** / Prof. Maurizio Piazza, Prof. Tiziana Urso
- **Manuale dell'Ingegnere** / AA.VV. – Milano: Hoepli, 1997
- **Couvertures. Toitures-terrasses** / Bureau Veritas – Parigi: Le Moniteur, 1997
- **Atlante dei Tetti : Grande Atlante di Architettura** / Schunck Finke Jenisch Oster