



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile - Architettura

GOLDen **CHI**.mne**Y**.s

INNOVATIVE RECREATIVE SPACES FOR **CHILDREN**, **YOUNG**
AND **OLD** PEOPLE

Relatore: Prof. Ing. Marco IMPERADORI

Co - relatore: Prof. Ing. Matteo COLOMBO

Tesi di laurea di:

Elena BONOMI 702681

Vera MAURI 706181

Anno Accademico 2012 / 2013

INDICE

ESTRATTO	6
ABSTRACT	7
1. BANDO DI CONCORSO	
1.1. LA CASERMA “FANTE MOIOLI” - Presezzo	8
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	
2.1. IL PAESE DI PRESEZZO	11
2.1.1. Analisi geografiche	11
2.1.2. Analisi demografiche	21
2.1.3. Analisi socio - economiche	31
2.1.4. Analsi ambientali	32
2.1.5. Evoluzione storica	34
2.1.6. Il sistema degli insediamenti	40
2.1.7. Il sistema della mobilità	40
2.1.8. Ambiti di trasformazione	41
2.2. IL LOTTO DI PROGETTO	42
2.2.1. Analisi geografiche	42
2.2.2. Evoluzione storica	44
2.2.3. Opportunità e criticità	47
3. ANALISI PRE - PROGETTUALI	
3.1. ANALISI DELL'ESISTENTE	50
3.1.1. Rilievo fotografico	51
3.1.2. Rilievo metrico	52
3.1.3. Rilievo metrico - materico	54
3.1.4. Rilievo del degrado	55
3.2. STUDI PRELIMINARI	59
3.2.1. Corti e piazze	59
3.2.2. I mercati	64
3.2.3. Idea di progetto	76
3.2.3.1. Demolizioni - Nuove costruzioni	77

3.2.3.2. Evoluzione del lotto.....	78
------------------------------------	----

4. PROGETTO ARCHITETTONICO

4.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO.....	79
4.1.1. Concept	79
4.1.2. Divisione modulare: Modulo A, Modulo B, Modulo C.....	80
4.2. RELAZIONI CON L'INTORNO	81
4.2.1. Servizi esistenti	81
4.2.2. Viabilità	82
4.3. MASTERPLAN.....	84
4.3.1. Sistema del verde	85
4.3.2. Viabilità e parcheggi.....	86
4.3.3. Introduzione agli edifici.....	87
4.4. DISTRIBUZIONE SPAZIALE.....	89
4.4.1. Riorganizzazione spaziale Modulo A.....	89
4.4.2. Organizzazione spaziale Modulo B, Modulo C	91
4.4.2.1. Pianta piano interrato.....	92
4.4.2.2. Pianta piano terra.....	92
4.4.2.3. Pianta piano primo	93
4.4.2.4. Pianta copertura.....	93
4.5. MATERIALI DI FACCIATA	94
4.5.1. Prospetti.....	94
4.5.2. La teoria dei colori.....	98
4.6. RIFERIMENTI ARCHITETTONICI	100
4.6.1. Accademia di Mont - Cenis	100
4.6.2. Centro socioculturale El Matadero	103
4.6.3. Le ciminiere: Presezzo e Madone	105
4.6.4. Call Center Teletech	109

5. PROGETTO STRUTTURALE

5.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO.....	112
5.2. DIVISIONE MODULARE.....	112
5.2.1. Struttura A, Struttura B, Struttura C.....	112
5.3. STRUTTURA B.....	113
5.3.1. Premessa.....	113

5.3.2. Analisi dei carichi	118
5.3.3. Arcarecci di copertura	121
5.3.4. Traversi di facciata	125
5.3.5. Controventi	129
5.3.6. Montanti di facciata	133
5.3.7. Travi reticolari di copertura.....	138
5.3.8. Capriate di copertura.....	142
5.3.9. Pilastri reticolari di facciata.....	154
5.3.10. Travi sagomate di copertura.....	162
5.3.11. Pilastri circolari.....	167
5.3.12. Unioni.....	169
6. PROGETTO TECNOLOGICO	
6.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO.....	177
6.2. SCELTE TECNOLOGICHE.....	178
6.2.1. Tecnologia A.....	178
6.2.1.1. Analisi e risultati prestazionali	179
6.2.2. Tecnologia B.....	189
6.2.3. Tecnologia C.....	191
6.2.3.1. Analisi e risultati prestazionali	192
6.3. STUDI DI DETTAGLIO.....	199
6.3.1. Sezioni verticali e spaccato assonometrico	199
7. PROGETTO ENERGETICO	
7.1. STRATEGIE ENERGETICHE	200
7.1.1. Modulo B.....	200
7.1.1.1. Funzionamento invernale e estivo.....	200
7.1.2. Modulo C	202
7.1.2.1. Funzionamento invernale e estivo.....	202
7.2. CERTIFICAZIONE ENERGETICA	203
8. ILLUMINOTECNICA	
8.1. BENESSERE ILLUMINOTECNICO.....	207
8.1.1. Benessere visivo	207
8.1.2. Parametri della luce naturale.....	207

8.1.2.1. Fattore solare.....	207
8.1.2.2. Fattore di luce diurna	209
8.1.2.3. Fattore medio di luce diurna.....	210
8.1.2.4. Rapporto di illuminazione.....	210
8.1.2.5. Abbagliamento.....	211
8.1.3. Modulo B.....	212
8.1.3.1. Verifiche illuminotecniche.....	212
8.1.4. Modulo C	213
8.1.4.1. Verifiche illuminotecniche.....	213
9. PROGETTO IMPIANTISTICO	
9.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO.....	214
9.2. IMPIANTO A	216
9.3. IMPIANTO B	217
9.4. IMPIANTO C.....	217
9.4.1. Impianto di riscaldamento	218
9.4.1.1. Analisi dei carichi termici.....	218
9.4.1.2. Regime invernale	219
9.4.1.3. Regime estivo	226
9.4.1.4. Pompa di calore	237
9.4.1.5. Produzione di ACS.....	242
9.4.1.6. Recuperatori di calore	243
9.4.1.7. Pavimento radiante	251
9.4.2. Impianto fotovoltaico	253
9.4.3. Raccolta dell'acqua piovana.....	257
10. APPROFONDIMENTO	
10.1. L'INVOLUCRO TRASPARENTE.....	258
10.2. LA TRADIZIONE	259
10.2.1. Il vetro.....	259
10.3. I MATERIALI INNOVATIVI	260
10.3.1. I vetri.....	260
10.3.2. L'ETFE	266
10.3.3. Il cemento trasparente	268
10.4. CONFRONTO PROGETTUALE.....	270

10.4.1. Benessere termo - igrometrico.....	272
10.4.1.1. Il vetro.....	276
10.4.1.2. Il policarbonato	281
10.4.1.3. L'ETFE	282
10.4.2. Benessere visivo - illuminotecnico	283
10.4.2.1. Il vetro.....	283
10.4.2.2. Il policarbonato	285
10.4.2.3. L'ETFE	286
11. PROGETTO DEL CANTIERE	
11.1. LE FASI.....	287
11.2. I VINCOLI.....	287
11.2.1. Ubicazione dei lavori.....	287
11.2.2. Caratteristiche geomorfologiche	287
11.2.3. Sottosuolo e sottoservizi impiantistici.....	287
11.2.4. Vincoli di superficie inamovibili, preesistenze e vincoli aerei	288
11.3. REQUISITI NORMATIVI	288
11.3.1. Le recinzioni di cantiere	288
11.3.2. Accessi, viabilità e percorsi	288
11.3.3. Servizi di cantiere	289
11.3.4. Carico e scarico	289
11.3.5. Aree di stoccaggio	290
11.3.6. Movimentazioni aeree.....	290
CONCLUSIONI.....	291
BIBLIOGRAFIA.....	292
INDICE DELLE FIGURE.....	295
INDICE DELLE TABELLE.....	301
INDICE DEI GRAFICI	305
INDICE DELLE TAVOLE	306
RINGRAZIAMENTI.....	308

ESTRATTO

Il progetto è situato in un'area centrale nel paese di Presezzo, in provincia di Bergamo, e si propone innanzitutto come riqualificazione di un complesso di edifici costituenti una ex caserma, risalente ai primi anni del '900. Dopo aver effettuato i dovuti studi e rilievi sull'esistente, si è deciso di demolire la maggior parte degli edifici, ad eccezione della corte situata all'ingresso: essa è infatti l'unica a essere architettonicamente più interessante e in buone condizioni strutturali. Avendo a disposizione un lotto libero di quasi 20.000 m², è stato possibile gestire lo spazio senza nessun vincolo, facilitando quindi la collocazione degli edifici ex novo in maniera sensata e armoniosa con l'edificio esistente, destinato a municipio. Valutando le esigenze del paese e cercando di rispettare le linee guida previste dal bando di concorso, sono stati realizzati fabbricati a destinazione commerciale e residenziale, anche se si è deciso di approfondire lo studio di un solo edificio, quello destinato ad attività ricreative per giovani, bambini e anziani. L'edificio è strutturato come una doppia pelle, con un involucro esterno vetrato alto circa 12 metri, e al suo interno una serie di piccoli edifici a uno o due piani; la teca esterna è di pianta rettangolare con orientamento sud - est, è suddivisa in quattro campate, di cui una aperta su due lati che ospita il mercato settimanale, e con un'unica grande copertura a falde inclinate. Per quanto riguarda i materiali di rivestimento, la teca è costituita a nord da dei pannelli verdi e trasparenti in policarbonato, mentre le altre tre facciate sono interamente vetrate e schermate tramite listelli di legno integrati nei serramenti; la copertura, che sporge di 3 metri rispetto al filo delle due facciate più lunghe, è in pannelli di zinco - titanio per le falde a nord, e a sud gli stessi pannelli hanno il fotovoltaico integrato. I blocchi interni invece sono rivestiti alternativamente con pannelli di HPL e fibrocemento rinforzato. La caratteristica principale, nonché segno distintivo dell'edificio, è rappresentata dai camini di luce e di ventilazione, che richiamano nella forma le antiche ciminiere diffuse nel bergamasco, anche se ovviamente in questo caso hanno una funzione differente. Dal punto di vista urbanistico, il lotto è situato in una posizione centrale e funge pertanto da collegamento per le attività e i servizi esistenti limitrofi, conferendo un senso di continuità anche attraverso dei percorsi pedonali e ciclo pedonali alberati. La progettazione di nuovi parcheggi e spazi verdi, ha permesso di colmare le attuali lacune. La destinazione d'uso prescelta rende l'edificio un polo attrattivo per tutti i cittadini, un luogo di incontro e di interazione fra generazioni differenti.

ABSTRACT

The project is placed in the central area of the town of Presezzo, near Bergamo, and it consists in the requalification of a complex of buildings, that, in the past, were destined to the town barrack, dating back to the early '900. After the necessary studies and surveys on the existing, the design decision is to demolish the great part of the buildings, with the exception of the court entrance, the only one with an interesting architecture and in good structural condition: having a big lot of nearly 20.000 m², it is possible to organize the space without problems, creating the future city hall. At the same time, considering the needs of the country and trying to respect the guidelines laid down in the competition notice, the area is destined to new buildings, in a reasonable and harmonious way with the existing ones : the project is for commercial, residential and recreative spaces, although the study is focused on the single one intended for recreational activities for young, children and old people. Architecturally it is structured as a double skin, with a glazed outer shell (about 12 meters high), and some internal small buildings (one or two floors); the external structure has a rectangular plan with a south - east orientation and it is divided into four boxes, three of them are closed and one, destined to the a weekly market , is open on two sides; a single large gable roof covers all the structure. With the regard for the materials, the external structure is made by green and transparent polycarbonate panels to the north, while the others three glazed facades have wood internal brises soleil, to protect the indoor from the sun; the roof, which is longer than 3 meters compared to outline of the two longer facades, consists in zinc - titanium panels on the north and the same panels, integrated with a photovoltaic system, on the south. The internal buildings are covered with HPL panels and fiber cement reinforced panels. The main feature, as well as distinctive sign, is represented by the light and ventilation chimneys, recalling the ancient chimneys spread in Bergamo, although the different function. As regards as the urban design, the lot is located in a central and strategical position, representing a connection for the nearest services and giving a sense of continuity (thanks to the presence of pedestrian paths). The design of new parks and green spaces allows to fill existing gaps. The choice of the recreational activities means to create a center of attraction for all citizens, a place of interaction between different generations.

1

**BANDO DI
CONCORSO**

1.1. LA CASERMA “FANTE MOIOLI” – Presezzo

Il bando di concorso prevede una proposta di riqualificazione del comparto edilizio **UMI-1** di proprietà comunale, da adibire a strutture pubbliche, piazza, parcheggi, verde e viabilità.

L'area, che conta circa 20.000 mq, è situata nel centro del paese, confinando a nord con l'area **UMI-2** privata e a destinazione residenziale, oggetto di programma integrato di intervento convenzionato approvato, a est con via Barca, a sud con edifici contigui di proprietà privata e con via Vittorio Veneto, a ovest con edifici di proprietà della Parrocchia e destinati a oratorio, con la via Roma e con fabbricati e aree di proprietà privata.

Gli accessi pedonali e carrabili avvengono dalla via Vittorio Veneto, dalla via Baschenis e da via Roma; inoltre la convenzione urbanistica con il Comparto UMI-2 (privato) prevede due accessi da via Monte Grappa, uno pedonale e l'altro sia pedonale che carrabile.

L'area è diventata di proprietà comunale grazie al rogito stipulato con l'Agenzia del Demanio nel 2007, con l'intenzione di mettere a disposizione dei cittadini, nuovi spazi vitali e di migliorare attuali situazioni di disagio e di mancanze strutturali.

Non va dimenticato che il paese è attualmente diviso in due parti da una strada provinciale che si vorrebbe declassare, pertanto l'intervento dovrà armonizzarsi anche con la limitrofa piazza Papa Giovanni XXIII, oggi in parte destinata a parcheggio e in parte a giardino. Si pensa quindi a dei coni visivi che diano profondità all'asse Sud-Nord, anche in previsione di realizzare una pista ciclo-pedonale che colleghi il polo scolastico di via Montessori con i campi sportivi di via Olimpia.



Figura 1 : Estratto tavola previsioni di piano



Figure 2- 3 : Fotografie del fronte e dall'alto

Il bando prevede che tutti gli edifici esistenti sul lotto vengano demoliti, a esclusione del capannone realizzato negli anni '80 situato vicino all'ingresso di via Roma, per il quale si pensa a una riqualificazione come ambiente polifunzionale adibito ad auditorium o a sala musica.

L'area oggetto di studio rappresenta un ambito di trasformazione misto, vincolato dall'accordo stipulato tra l'Amministrazione Comunale e l'Agenzia del Demanio, che prevede il rispetto di alcuni parametri urbanistici:

SERVIZI E SPAZI D'USO PUBBLICO

- Strutture ed immobili di interesse collettivo:
municipio – capannoni - country hospital - servizio anziani
- Attrezzature - spazi polifunzionali - area mercato coperta:
Attività e servizi di pubblico interesse (terziario, ricettivo); attrezzature e servizi
- Aree esterne scoperte per:
parcheggi – piazza - verde pubblico; area di rispetto e ricomposizione ambientale con il torrente Lesina

E' pensato, nelle aree esterne, un intervento per la localizzazione di immobili per edilizia residenziale pubblica.

Gli immobili oggetto di ristrutturazione edilizia, o soggettiva demolizione e ricostruzione, interessano una volumetria massima esistente di circa 77.000 mc, articolata sulle tre zone ICm, IC, AM a diversa densità di fabbricazione.

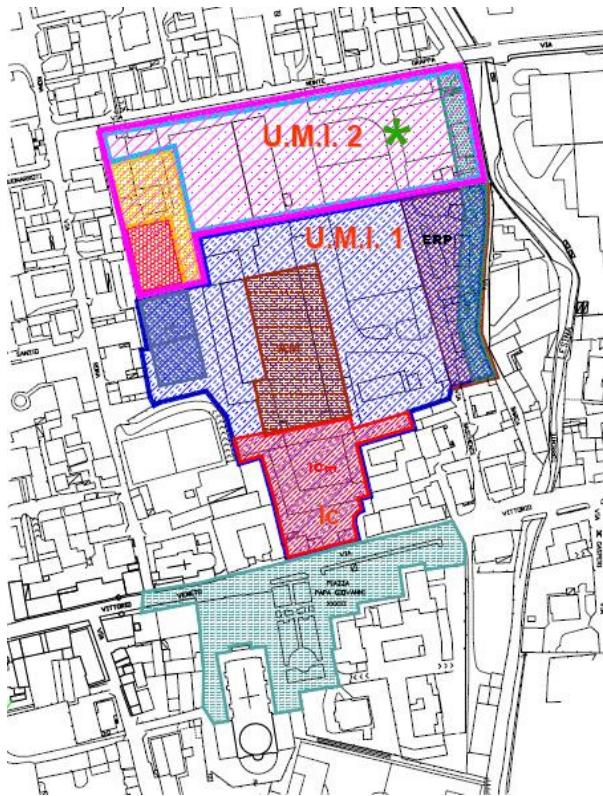


Figura 4 : Estratto del lotto dal bando di concorso

U.M.I. 1

-  Cessione al Comune ai sensi legge 57-93
-  Area di rispetto torrente Lesina
-  ERP: edilizia residenza pubblica 3100 mq 2790mc
-  AM: Area Mercato

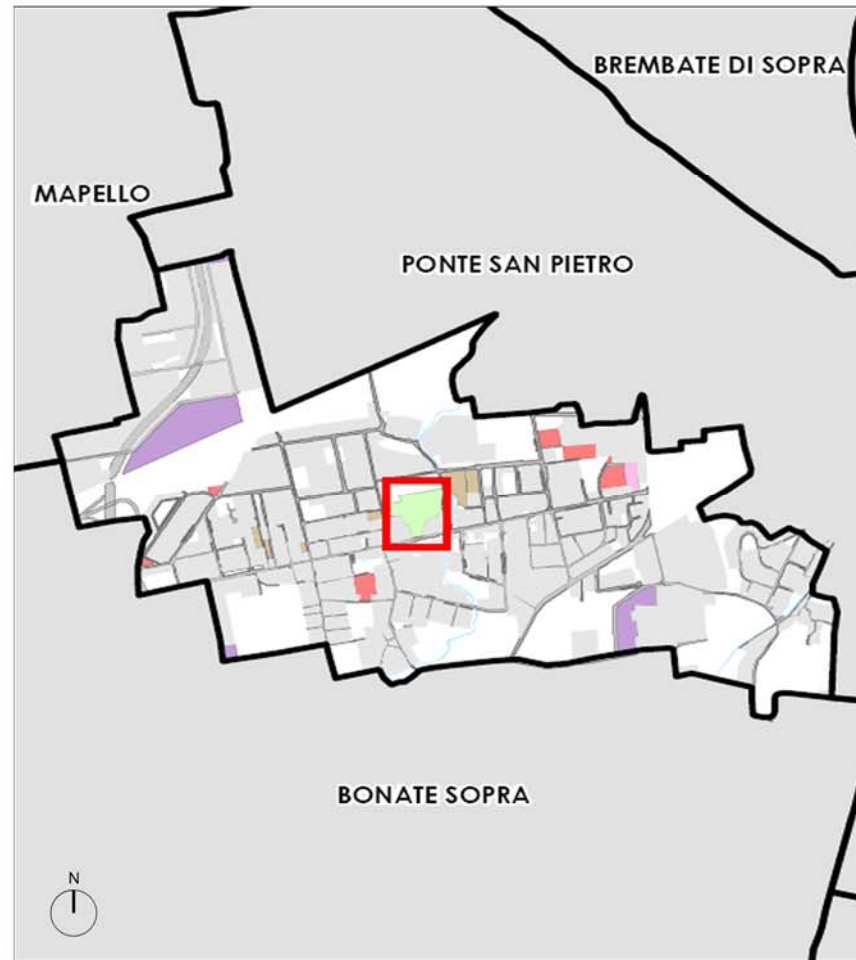
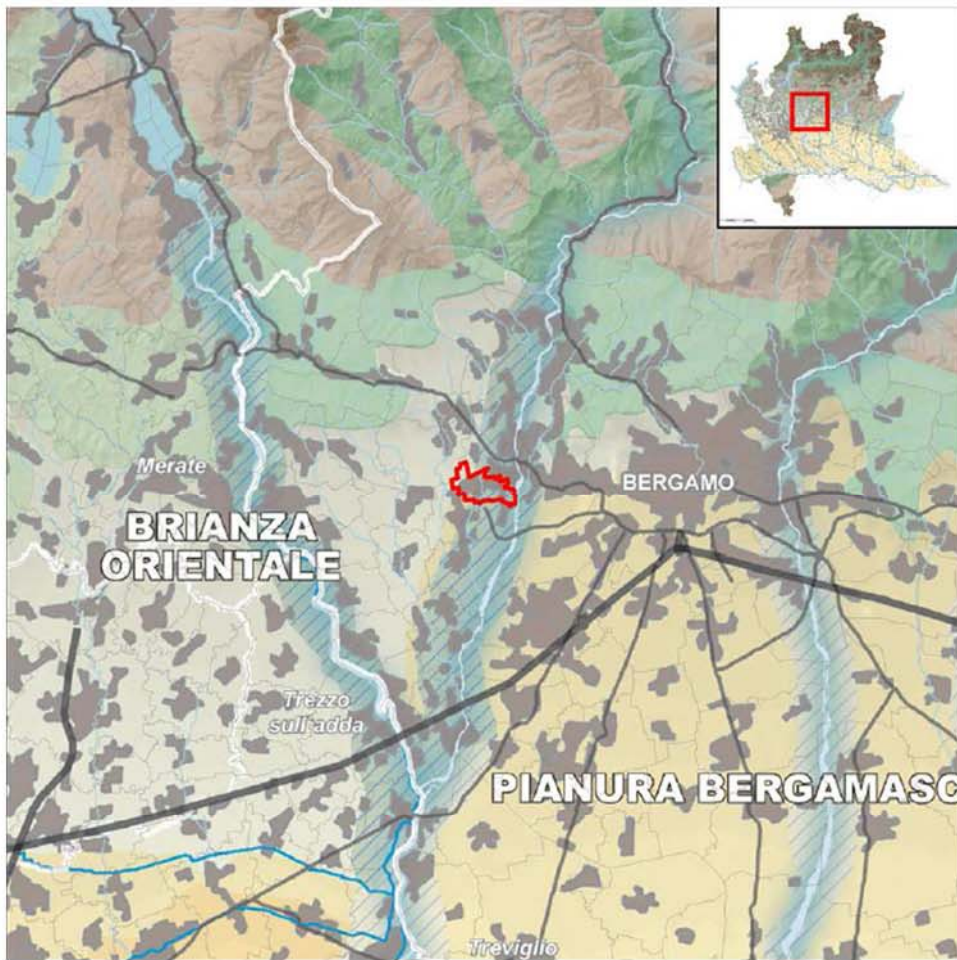
ICm: Sede comunale e servizi. 3.100 mq
 IC: Aree per attrezzature di interesse comune 1.100 mq sc

U.M.I. 2

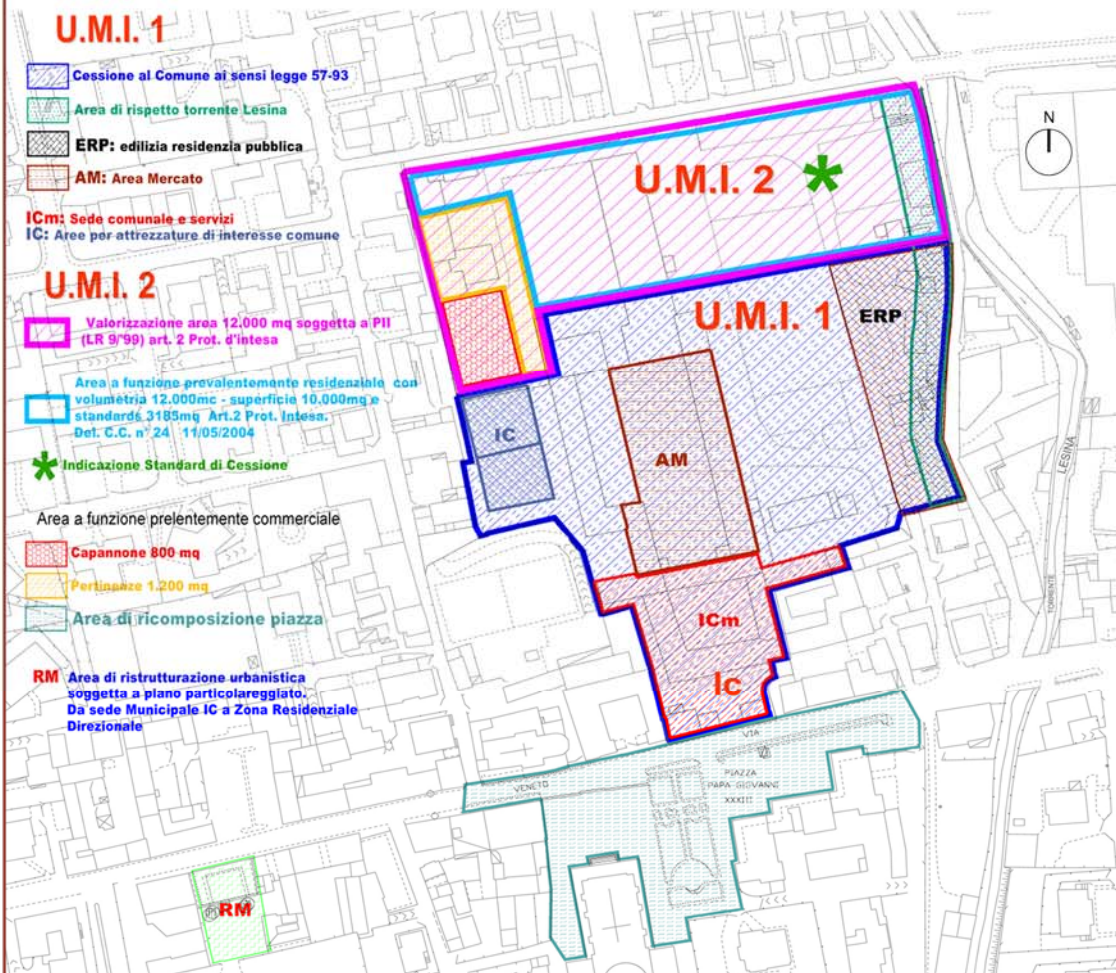
-  Valorizzazione area 12.000 mq soggetta a PII (LR 9/99) art. 2 Prot. d'intesa
-  Area a funzione prevalentemente residenziale con volumetria 12.000mc - superficie 10.000mq e standards 3185mq Art.2 Prot. Intesa, Del. C.C. n° 24 11/05/2004
-  Indicazione Standard di Cessione
- Area a funzione prevalentemente commerciale
-  Capannone 800 mq
-  Pertinenze 1.200 mq
-  Area di ricomposizione piazza

RM Area di ristrutturazione urbanistica soggetta a piano particolareggiato. Da sede Municipale IC a Zona Residenziale Direzionale

RIQUALIFICAZIONE E REINSERIMENTO URBANO DELL'AREA EX-CASERMA MOIOLI - Presezzo (Bg)



Il comune di Presezzo si trova in provincia di Bergamo. Dall'estratto della tavola relativa agli Ambiti Geografici e Unità Tipologiche di Paesaggio (Piano Territoriale Paesaggistico), il paese ricade nell'unità tipologica di paesaggio: "Fascia dell'Alta Pianura", un paesaggio quindi prevalentemente costruito e edificato.



Il lotto complessivo corrisponde a circa 30.000 mq, ma è suddiviso in due parti, la U.M.I. 2 di proprietà privata e la U.M.I. 1 di proprietà comunale. Quest'ultima, ceduta tramite un accordo stipulato con l'Agenzia del Demanio nel 2007, ha un'estensione di circa 18.800 mq.

OBIETTIVI URBANISTICI

- declassamento della strada provinciale che divide il paese
- riqualificazione della limitrofa Piazza Papa Giovanni XXIII
- ridisegno complessivo della viabilità e interventi di ristrutturazione urbanistica (piste ciclo-pedonali)

OBIETTIVI AREA EX-CASERMA

SUPERFICI A USO PUBBLICO DIRETTO:

- realizzazione di una nuova sede municipale - 3.100 mq
- realizzazione di parcheggi pubblici - 3.100 mq
- realizzazione di un giardino e attrezzature scoperte - 2.650 mq

SUPERFICI A USO PUBBLICO INDIRETTO

- realizzazione di un'area mercato - 2.400 mq
- realizzazione di attrezzature di interesse comune - 1.100 mq
- realizzazione di edilizia residenziale pubblica - 3.100 mq
- realizzazione di attrezzature strade e parcheggi - 3.350 mq

Il bando di progetto prevede la demolizione integrale di tutti gli edifici esistenti, a esclusione del capannone realizzato negli anni '80, per il quale è possibile la riqualificazione come edificio polifunzionale adibito a Auditorium/Sala musica/Area feste.



2

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1. IL PAESE DI PREZZO

2.1.1. Analisi geografiche

Il comune di Prezzo è situato in provincia di Bergamo e dista circa 7-8 chilometri dal capoluogo; fa parte dell'alta Pianura Bergamasca, rientrando nell'area detta "Isola Bergamasca", immediatamente a ovest del fiume Brembo.

I comuni confinanti, procedendo da nord e in senso orario, sono Ponte San Pietro, Bonate Sopra e Mapello.

Il territorio comunale si trova ad un'altitudine di circa 247 metri s.l.m., e occupa una superficie di 2,16 kmq.

Il paese è caratterizzato dalla presenza di un nucleo abitato principale, allineato lungo la strada provinciale n.166 che collega il comune di Sotto il Monte a Ponte S. Pietro, e che attraversa il paese in direzione ovest-est, e di una zona ubicata a sud-ovest, sui ripiani intermedi tra il livello della pianura e quello del Fiume Brembo, denominata "Ghiaie di Prezzo".

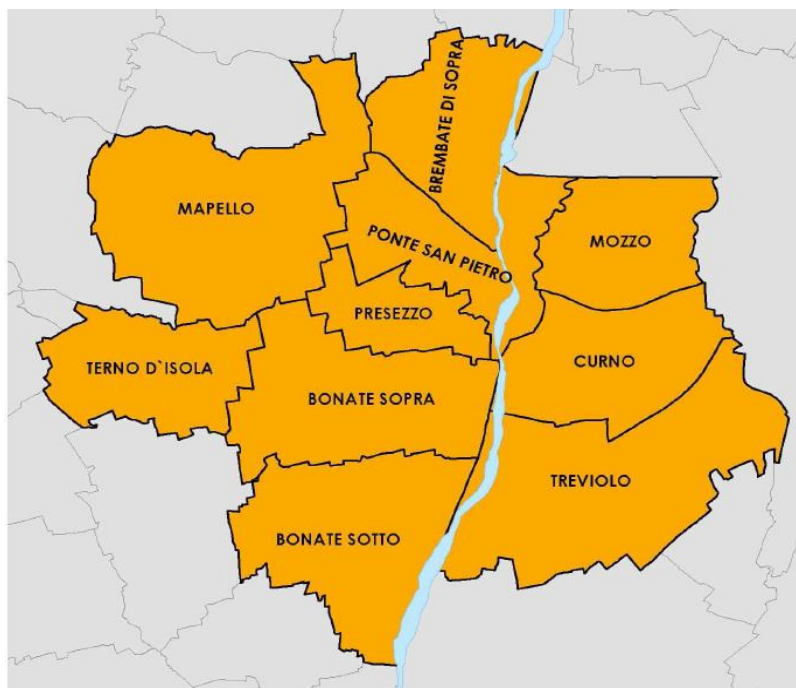


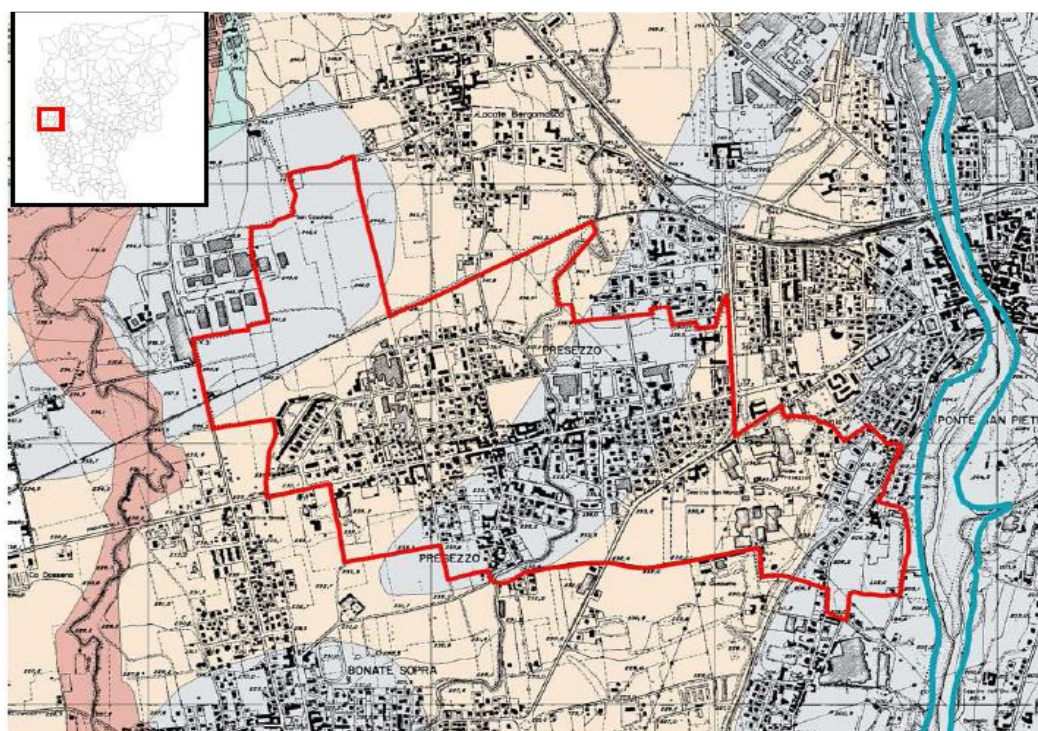
Figura 5 : Il comune di Prezzo e i paesi confinanti

L'elaborazione del PGT deve riferirsi a un quadro di previsioni urbanistiche sovra comunali, tra le quali il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Bergamo (PTCP), approvato dal Consiglio Provinciale. Esso individua i principali sistemi che costituiscono il territorio:

- SISTEMA DEGLI ELEMENTI NATURALI E DEGLI INTERVENTI DI DIFESA DEL SUOLO
- SISTEMA DEL VERDE
- SISTEMA "DEI PAESAGGI"
- SISTEMA DELLA MOBILITA' E DELLE INFRASTRUTTURE
- SISTEMA DELLA RESIDENZA
- SISTEMA DELLE ATTIVITA' ECONOMICHE
- SISTEMA DELLE ATTREZZATURE DI SCALA TERRITORIALE

Il PGT di Presezzo ha riportato le proprie condizioni territoriali prendendo come riferimento la cartografia prodotta dalla Provincia.

E1 SUOLO E ACQUE



Legenda




-  Delimitazione delle fasce fluviali individuate nelle Tavole del P.A.I. (ex P.S.F.F.) e nelle successive modifiche e integrazioni. Il perimetro comprende le fasce A e B
-  Ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono essere assoggettati a puntuale verifica di compatibilità geologica ed idraulica (art. 44)
-  Ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono mantenere come soglia minima le condizioni geologiche ed idrauliche esistenti (art. 44)

Figura 6 : Estratto mappa PTCP, suolo e acque

Si evince che il territorio di Presezzo appartiene all'ambito geografico "di pianura". La zona centrale del territorio comunale è attraversata trasversalmente dal torrente Lesina: in tale area gli interventi di trasformazione territoriale devono mantenere come soglia minimale le condizioni geologiche ed idrauliche esistenti . Nella restante parte di territorio comunale gli interventi di trasformazione territoriale devono essere assoggettati a puntuale verifica di compatibilità geologica ed idraulica .

E2.1 PAESAGGIO E AMBIENTE (ambiti geografici e unità tipologiche di paesaggio)

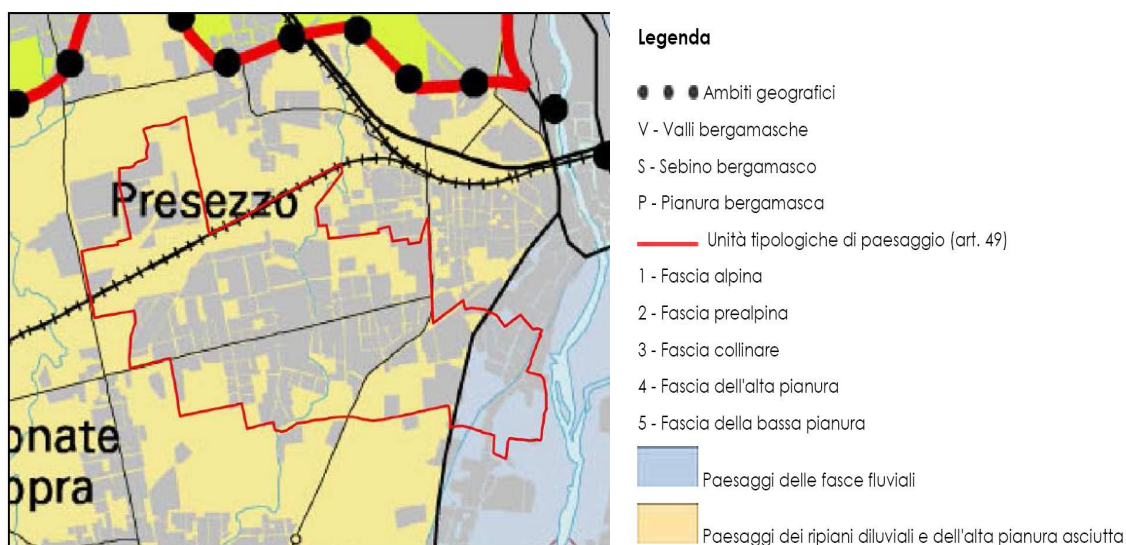
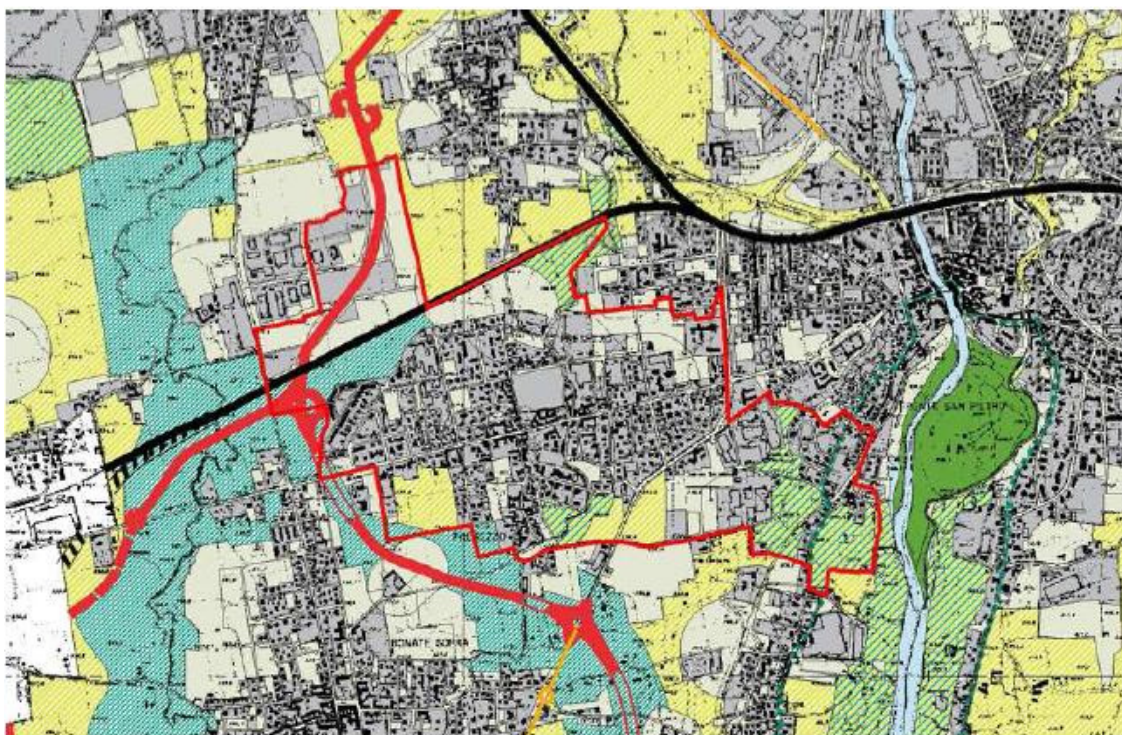


Figura 7 : Estratto mappa PTCP, paesaggio e ambiente

Il comune ricade nell'Ambito geografico della Pianura Bergamasca e nell'Unità Tipologica di paesaggio n. 4 – Fascia dell'Alta Pianura. In tale fascia si rileva che il territorio di è caratterizzato da "Paesaggi dei ripiani diluviali e dell'alta pianura asciutta", mentre la zona est, in frazione di Ghiaie, è inclusa nell'ambito "Paesaggi delle fasce fluviali" del fiume Brembo .

Appartiene all'Unità Ambientale n.22-Isola tra Adda e Brembo, costituita in prevalenza da un territorio pianeggiante incuneato tra Adda e Brembo, di forma triangolare con vertice rivolto a sud, alla confluenza tra Brembo e Adda.

E2.2 PAESAGGIO E AMBIENTE (tutela, riqualificazione, valorizzazione ambientale)



Legenda







-  AREE URBANIZZATE
- PAESAGGIO DELLA NATURALITA'**
-  Contesti di elevato valore naturalistico e paesistico (art. 54)
- AREE AGRICOLE INTERESSATE DA POTENZIALI PRESSIONI URBANIZZATIVE E/O INFRASTRUTTURALI**
-  Aree con fenomeni urbanizzativi in atto o previste o prevalentemente inedificate, di immediato rapporto con i contesti urbani (art. 62)
-  Aree agricole con finalità di protezione e conservazione (art. 65)
- AMBITI DI ORGANIZZAZIONE DI SISTEMI PAESISTICO/AMBIENTALI**
-  Ambiti di opportuna istituzione di P.L.I.S. (art. 71)
-  Percorsi di fruizione paesistica (art. 70)

Figura 8 : Estratto mappa PTCP, paesaggio e ambiente

Una parte della zona a est del centro urbano, in frazione di Ghiaie, e le due aree inedificate nella zona nord e nella zona sud del Comune lungo il torrente Lesina sono indicate come Ambito di opportuna istituzione di PLIS (parchi locali di interesse sovra comunale; in tali ambiti sia da perseguire la conservazione, la valorizzazione e il recupero di tutti gli elementi costitutivi del paesaggio e la salvaguardia delle presenze significative della naturalità. In tali zone possono essere ammessi interventi che prevedano trasformazioni edilizie e urbanistiche del territorio solo se finalizzate alle

attività necessarie per la conduzione agricola, agrituristica e agro-silvo-pastorale per la manutenzione dei caratteri e delle presenze ambientali e paesistiche e la prevenzione del degrado delle componenti del territorio.

E3 INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITA'

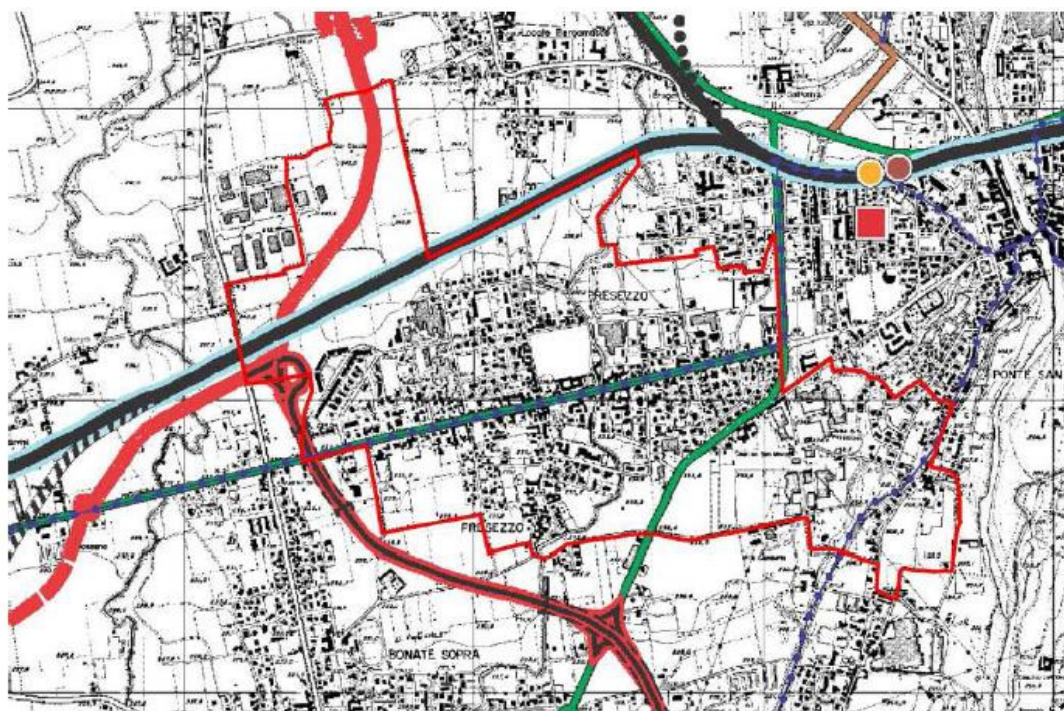
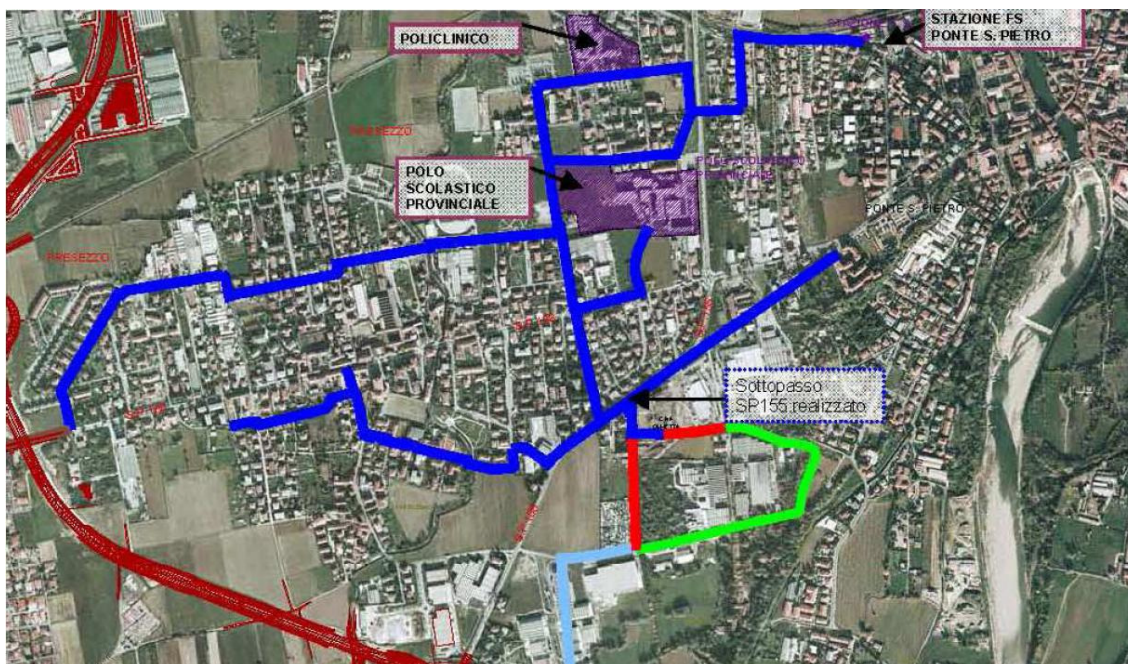


Figura 9 : Estratto mappa PTCP, infrastrutture per la mobilità

Il territorio comunale è interessato in modo diretto da interventi di tipo viabilistico e in modo indiretto da interventi infrastrutturali di scala più ampia.

I comuni di Ponte San Pietro, Presezzo, Terno d'Isola e Bonate Sopra hanno avviato uno studio di fattibilità dei percorsi ciclo pedonali lungo gli assi viabilistici della S.P. 155

e S.P. 166 di collegamento con l'Istituto Superiore Provinciale, con le stazioni ferroviarie di Terno d'Isola e di Ponte San Pietro e con il Policlinico di Ponte San Pietro.



Red line: Pista su sterrato e/o terreno agricolo larghezza 2,5 m.
Costo al mt Lineare € 300 compreso bordo di separazione, segnaletica, scarico acque esclusa illuminazione.

Blue line: Pista su strada in asfalto separata dalla carreggiata con cordoli in cls/ dissuasori / manufatti in materiale plastico
Costo al ml € 250 larghezza 2,5 m

Pink line: Pista su sterrato/terra vegetale ricadente su aree di proprietà privata larghezza m 2,5
Costo al mt Lineare € 300
Costo esproprio € 20 mq
Costo muretti e recinzioni € 250 ml

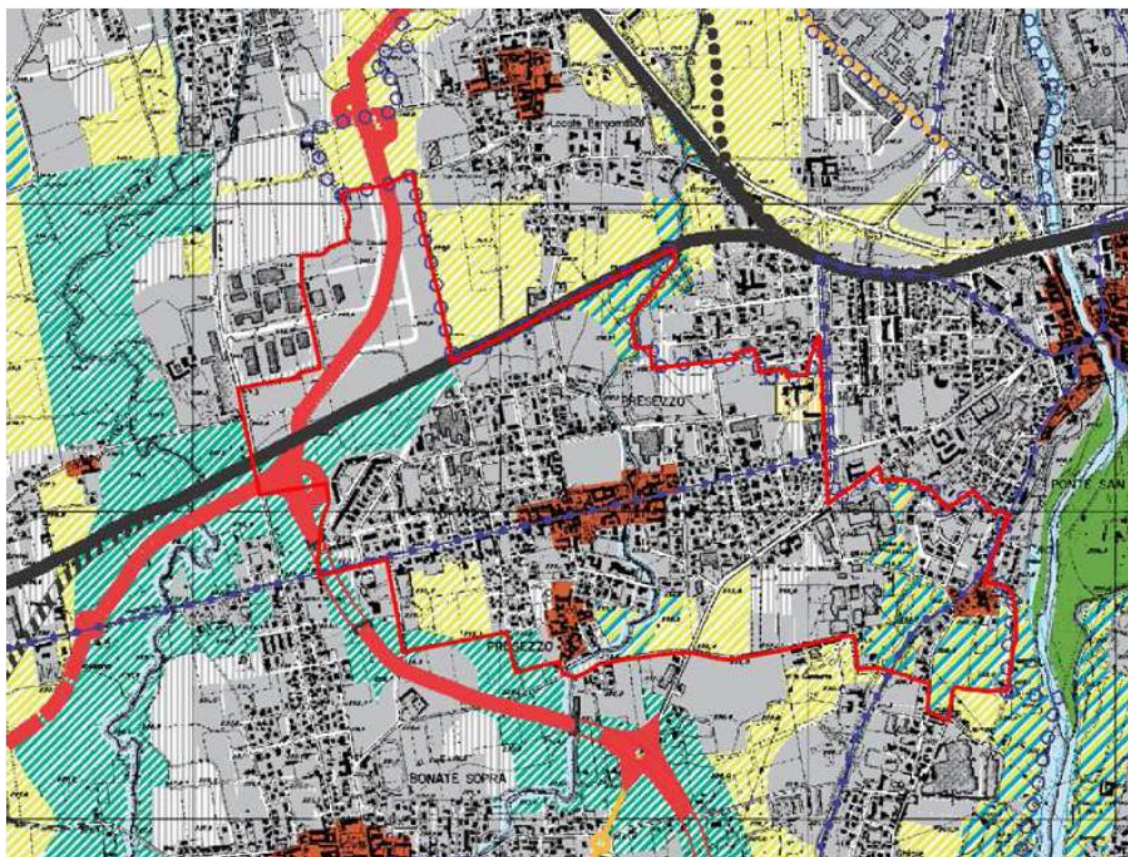
Blue line: Percorsi ciclopedonali realizzati

Green line: Previsto collegamento con frazione Ghiaie Prezezzo

Figura 10 : Rete delle piste ciclabili sovracomunale





Il trasporto pubblico locale prevede un intervento sul mezzo autobus, articolato in linee di forza opportunamente riqualificate e potenziate (maggiore frequenza e miglioramento del servizio).

E4 ORGANIZZAZIONE DEL TERRITORIO E SISTEMI INSEDIATIVI






Legenda

SISTEMI INSEDIATIVI

-  Ambiti definiti dalla pianificazione locale vigente (sono comprese anche le aree per urbanizzazioni primarie e secondarie)
-  Aree di primo riferimento per la pianificazione locale (art. 93)
-  Centri storici (art. 91)
-  Aree per attrezzature e servizi di interesse provinciale (escluse le localizzazioni da individuarsi nel Piano di Settore) (art. 101)

SISTEMA DELLA MOBILITA'

-  Strade primarie esistenti
-  Linee ferroviarie esistenti
-  Rete delle ciclovie

SISTEMA DEL VERDE

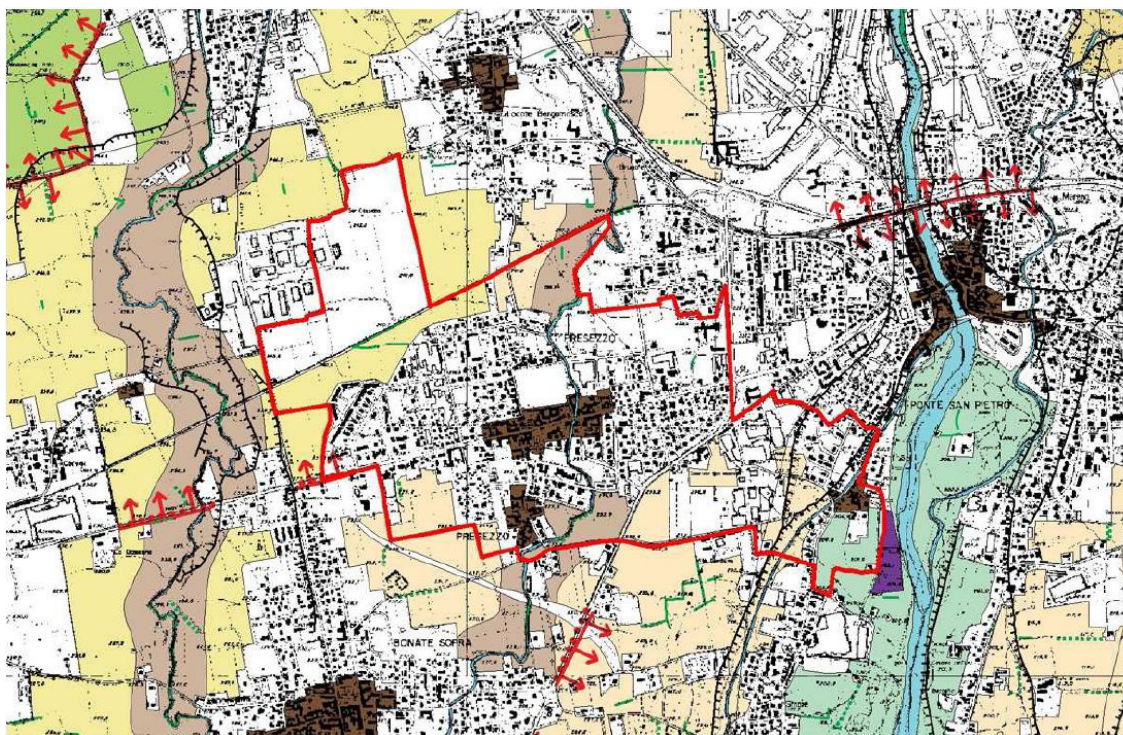
-  Contesti di elevato valore naturalistico e paesistico (art. 54)
-  Aree agricole con finalità di protezione e conservazione (art. 65)

Figura 11 : Estratto mappa PTCP, organizzazione del territorio e sistemi insediativi

Si individuano diverse Aree di primo riferimento per la pianificazione comunale, localizzate per la maggior parte all'interno del tessuto urbano consolidato e al confine con il Comune di Ponte San Pietro. Sono inoltre evidenziati i centri storici e la presenza

di un' area per attrezzature e servizi di interesse provinciale nella zona nord a confine con il Comune di Ponte San Pietro, che ospita le scuole superiori.

E5.4 ALLEGATI (ambiti ed elementi di rilevanza paesistica)



Legenda

PAESAGGIO AGRARIO E DELLE AREE COLTIVATE

- Paesaggio delle colture agrarie intensive caratterizzate dalla presenza del reticolo irriguo, dalla frequenza di presenze arboree e dalla presenza di elementi e strutture edilizie di preminente valore storico culturale (art. 60)
- Paesaggio delle colture agrarie intensive con modeste connotazioni arboree, irrigue e fondiarie con presenza di edilizia sparsa (art. 61)
- Paesaggio agrario di particolare valore naturalistico e paesaggistico di relazione con i corsi d'acqua principali (art. 63)
- Paesaggio agrario in stretta connessione con la presenza di corsi d'acqua minori e/o con elementi di natura storico culturale (art. 64)

SISTEMI ED ELEMENTI DI RILEVANZA PAESISTICA

Emergenze di natura geomorfologica:

- Scarpare e terrazze fluviali
- Fiumi e corsi d'acqua principali
- Altri corsi d'acqua secondari, canali artificiali
- Principali prospettive visuali di interesse paesistico dalle infrastrutture della mobilità
- Altri percorsi panoramici
- Filari arborei continui che determinano caratterizzazione del paesaggio agrario
- Filari arborei discontinui che determinano caratterizzazione del paesaggio agrario

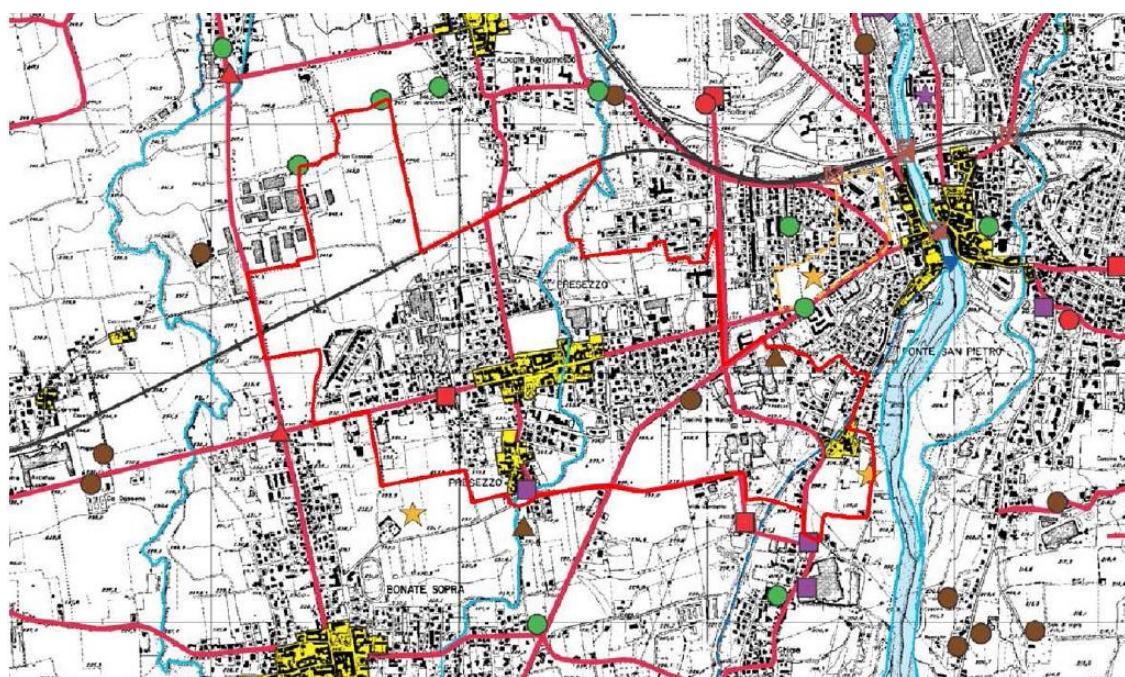
CONTESTI URBANIZZATI

- Aree interessate da fenomeni urbanizzativi in atto o previste dagli strumenti urbanistici locali fino alla data dell'anno 2000
- Centri e nuclei storici (riferimento perimetri: IGM 1931)
- Cave e/o discariche

Figura 12 : Estratto mappa PTCP, ambiti di rilevanza paesistica

Emerge la presenza di aree a sud e a nord del territorio comunale caratterizzate da Paesaggio delle colture agrarie intensive, con un reticolo irriguo e una frequenza di presenze arboree e di elementi e strutture edilizie di preminente valore storico culturale. Le aree limitrofe al torrente Lesina si trovano nel Paesaggio agrario in stretta connessione con la presenza di corsi d'acqua minori e/o con elementi di natura storico culturale. I terreni a ovest, che separano le aree residenziali da quelle produttive, sono caratterizzati da Paesaggio delle colture agrario intensive con modeste connotazioni arboree, irrigue e fondiari con presenza di edilizia sparsa.

E5.6 ALLEGATI (centri e nuclei storici – elementi storico architettonici)



Legenda

	Centro o nucleo storico (riferimento perimetri edificati: I.G.M. 1931)		Monastero, convento
	Tracciati viari storici		Eremo
	Guadi e traghetti a fune		EDIFICI E COMPLESSI ARCHITETTONICI
	Manufatti connessi alla viabilità stradale		Torre, castello
	Tracciati ferroviari		Palazzo, villa, dimora nobiliare
	Sedime delle ex ferrovie di Valle Brembana e Seriana		Strutture ricettive di interesse collettivo
	Manufatti connessi alla mobilità su ferro		Altri elementi puntuali
	Corsi d'acqua naturali		ARCHITETTURA DEL LAVORO
	Sistema irriguo: canali, rogge, navigli		Mulino
	Ponti e manufatti connessi alla regimazione delle acque		Complessi industriali
	PRESENZE ARCHEOLOGICHE		Industria estrattiva e di trasformazione
	Aree		Centrale idroelettrica
	Elementi puntuali		Case e villaggi operai
	ARCHITETTURA RELIGIOSA		INSEDIAMENTI E STRUTTURE DEL PAESAGGIO RURALE E MONTANO
	Chiesa, parrocchiale, pieve, oratorio, ecc.		Nuclei rurali a carattere permanente, malghe, cascine
	Santuario		Rifugi
			Roccoli

Figura 13 : Estratto mappa PTCP, centri e nuclei storici

Nella tavola vengono individuati i principali elementi architettonici del territorio comunale da tutelare: i nuclei storici con riferimento ai perimetri edificati e riportati nella cartografia IGM 1931, i tracciati viari storici, le strutture ricettive di interesse collettivo, le chiese, le cascine, i mulini, i roccoli ed altri elementi puntuali.

Centro o nucleo storico:

- Centro storico di Capersegno
- Centro storico di Presezzo
- Nucleo di Ghiaie

Chiesa, parrocchiale, pieve, oratorio, cimitero:

- Parrocchiale SS. Fermo e Rustico Martiri
- Pulpito nella ex Parr SS. Fermo e Rustico

Torre, castello:

- Castello o Edificio agricolo fortificato (località Capersegno)

Palazzo, villa:

- Palazzo (Furietti Gualandris) Carrara

Complessi industriali:

- Filanda S.A. Setificio Italiano
- Filanda Veuve Guèrin et Filis detta "Ol Filandù"

Centrali idroelettriche e termoelettriche:

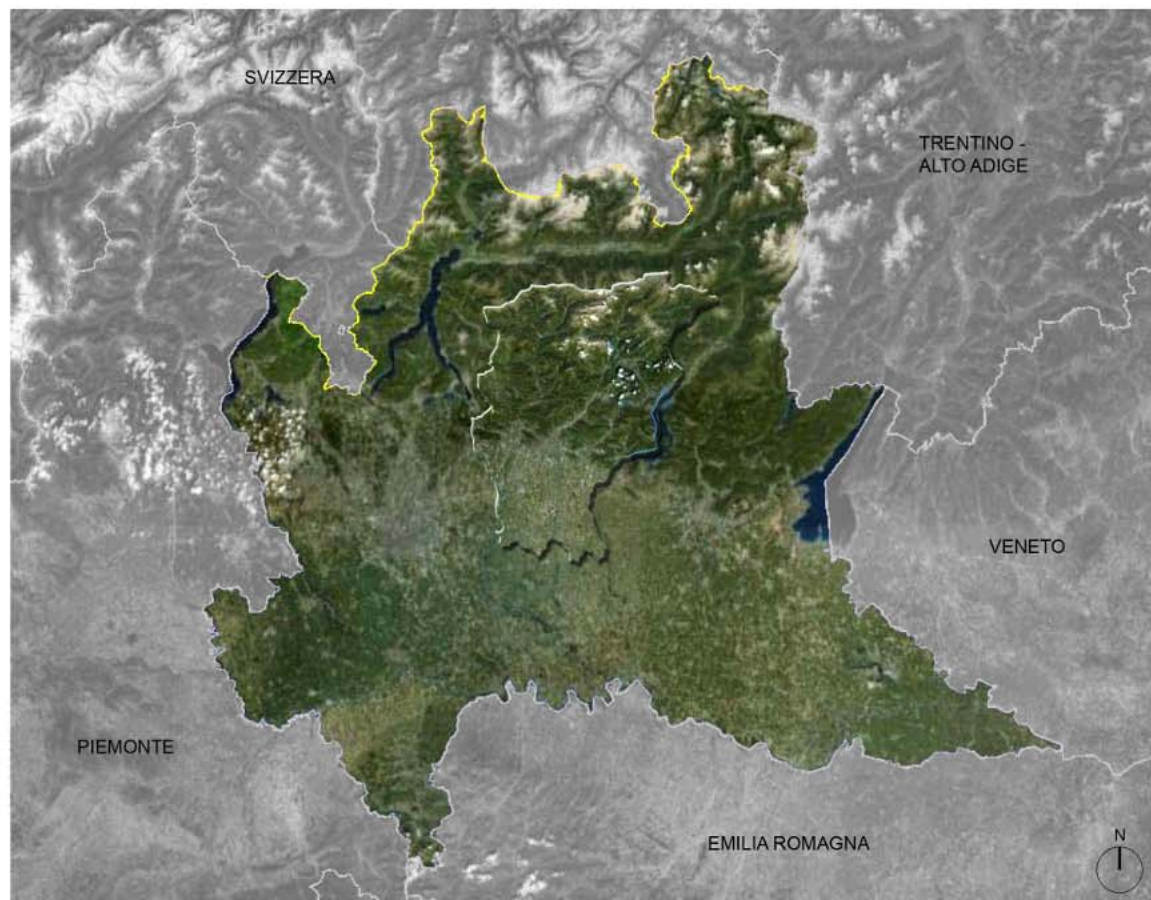
- Centrale Masnada e C.

Nuclei rurali a carattere permanente, malghe, cascine:

- Cascina S.Marco (Cascina Olmetta)

Roccoli:

- Roccolo



Estratto Lombardia, Google Earth



Estratto provincia di Bergamo, Google Earth

La provincia di Bergamo è situata nella parte centro-orientale della Lombardia. Il confine occidentale è segnato dallo spartiacque tra i bacini dell'Adda e del Lago di Como a nord e dal fiume Brembo a sud. Il confine settentrionale segue lo spartiacque principale delle Alpi Orobie. Il confine orientale segue prima lo spartiacque tra la Val di Scalve e la Val Camonica, quindi il Lago d'Iseo e il fiume Oglio.

Il comune di Presezzo dista circa 8 chilometri da Bergamo. Fa parte dell'Isola Bergamasca, una località geografica di pianura compresa tra i fiumi Adda e Brembo, delimitata a nord dalle Prealpi Orobiche. Il territorio comunale è attraversato da nord a sud dal torrente Lesina, affluente del Brembo.

TERRITORIO

Altitudine: 236 m.s.l.m.

Superficie: 2,13 kmq

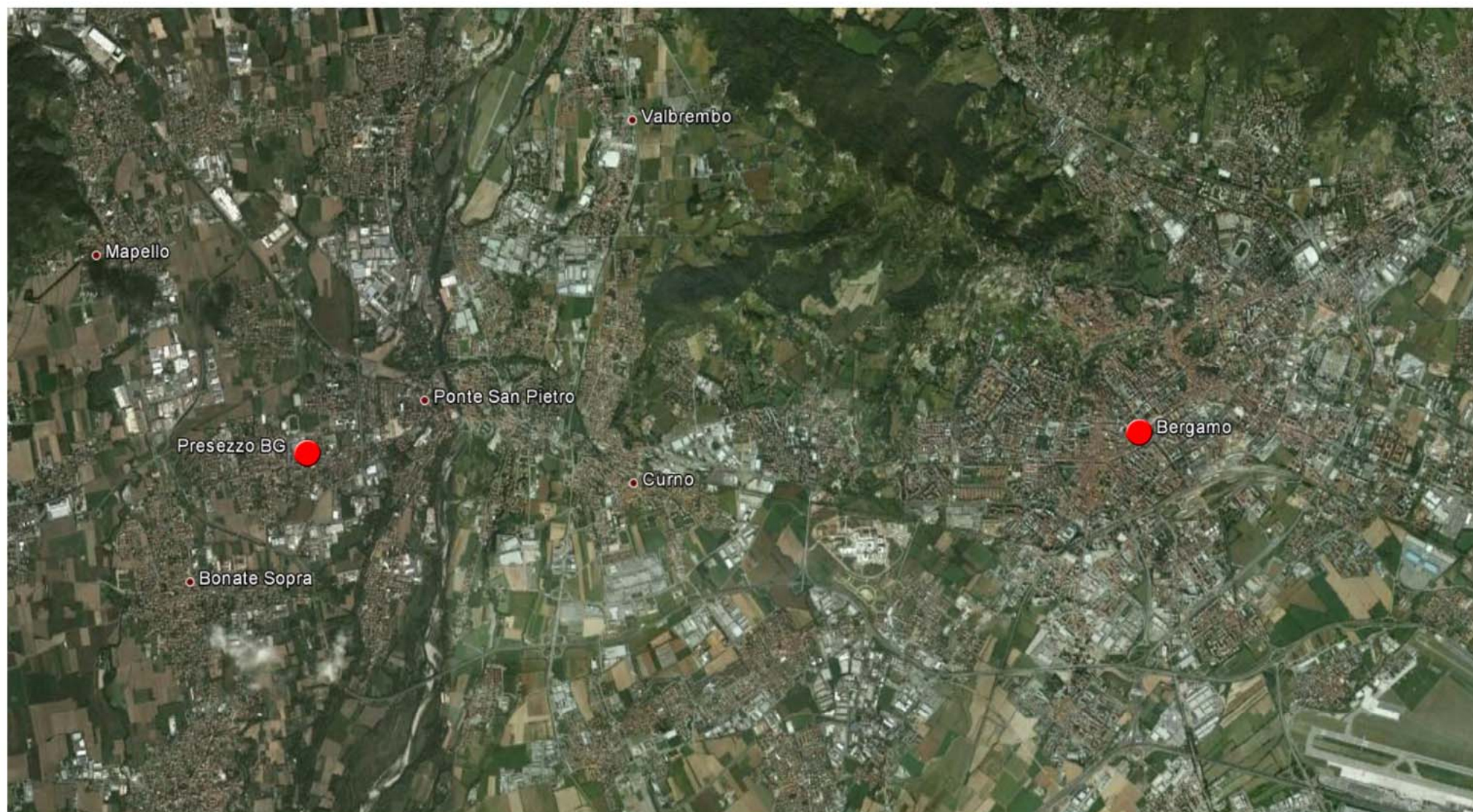
Abitanti: 4896 (31/12/2010)

Densità: 2298,59 ab./kmq

Comuni confinanti: Bonate Sopra, Mapello, Ponte San Pietro

Classe sismica: zona 4 (sismicità molto bassa)

Classe climatica: zona E



Estratto Presezzo e Bergamo, Google Earth



2.1.2. Analisi demografiche

Per il periodo compreso tra il 1991 e il 2009 si è potuto registrare un graduale aumento di popolazione, sia nel comune di Presezzo (da 4113 a 4878 abitanti) che nei paesi limitrofi, un incremento pari a circa il 19%.

Descrizione	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bonate Sopra	5.221	5.363	5.431	5.507	5.592	5.698	5.803	5.879	5.981	6.122	6.238	6.447	6.825	7.042	7.212	7.537	7.895	8.297	8.637
Bonate Sotto	5.060	5.101	5.091	5.069	5.081	5.097	5.133	5.151	5.213	5.378	5.429	5.597	5.722	5.892	6.042	6.228	6.404	6.516	6.538
Brembate di Sopra	6.312	6.483	6.565	6.601	6.636	6.611	6.626	6.668	6.611	6.729	6.741	6.878	7.043	7.190	7.299	7.480	7.583	7.737	7.768
Curno	6.739	6.690	6.712	6.718	6.729	6.750	6.840	6.910	6.957	7.128	7.193	7.275	7.408	7.530	7.517	7.590	7.679	7.716	7.735
Mapello	5.002	5.008	5.078	5.113	5.122	5.197	5.270	5.361	5.519	5.579	5.606	5.703	5.734	5.806	5.857	5.932	6.056	6.190	6.277
Mozzo	6.305	6.349	6.393	6.476	6.551	6.601	6.659	6.753	6.789	6.849	6.895	7.061	7.090	7.202	7.288	7.284	7.282	7.380	7.429
Ponte San Pietro	10.098	10.008	9.924	9.819	9.748	9.724	9.677	9.634	9.523	9.539	9.633	9.705	9.962	10.294	10.468	10.721	10.979	11.193	11.352
Presezzo	4.113	4.252	4.330	4.383	4.434	4.481	4.457	4.503	4.541	4.517	4.529	4.554	4.613	4.657	4.722	4.780	4.774	4.866	4.878
Terno d'Isola	3.491	3.567	3.631	3.722	3.901	4.000	4.154	4.337	4.514	4.832	4.995	5.321	5.598	6.004	6.333	6.652	6.900	7.187	7.489
Treviolo	7.758	7.909	7.980	7.950	7.987	8.061	8.108	8.263	8.492	8.595	8.618	8.861	9.122	9.402	9.590	9.801	9.950	10.102	10.173

Tabella 1 : Popolazione residente al 31.12, fonte ISTAT

Tra gli anni 2000 e 2009 è possibile osservare la differente evoluzione del saldo naturale (SN) e di quello migratorio (SM) del comune di Presezzo e dei comuni che compongono il bacino di riferimento (quelli sopra elencati).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Presezzo SN	13	9	8	19	10	16	17	15	22	-6
Media Bacino SN	18	25	22	25	28	29	38	35	37	38
Presezzo SM	-46	17	24	40	34	49	41	-21	70	18
Media Bacino SM	100	55	116	147	162	102	130	114	131	71

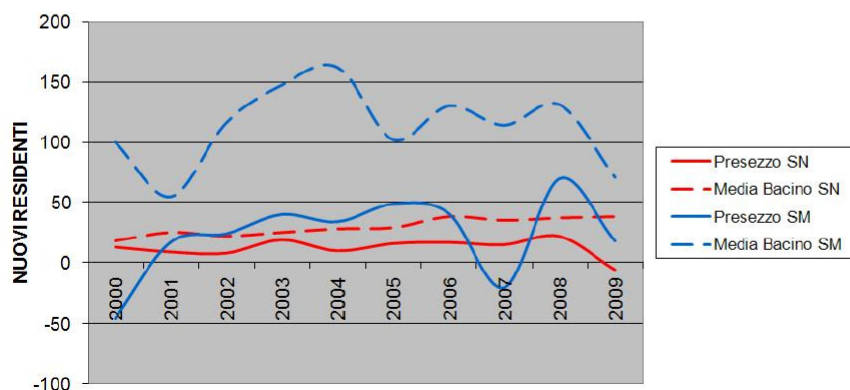


Grafico 1 : Movimenti anagrafici della popolazione residente

Il saldo naturale del bacino di riferimento ha un andamento molto omogeneo che si attesta intorno ad un incremento di circa 30 abitanti all'anno; per il comune tale andamento, leggermente altalenante, è di circa 12 abitanti l'anno con un picco positivo nel 2006 di 17 abitanti e uno negativo di -6 abitanti nel 2009. Per quanto riguarda invece il saldo migratorio, si può osservare dal grafico come la media del bacino si attesti intorno alle 113 unità con valori di punta di 162 e di minima di poco superiore alle 50 unità; osservando la curva di Presezzo è evidente che le dinamiche migratorie abbiano un andamento poco costante registrando saldi migratori positivi superiori vicini alle 50 unità e con picco di 70 unità nel 2008 mentre nel 2007 si è registrato un saldo negativo di -21 unità. Emerge che negli ultimi 10 anni l'aumento della popolazione di Presezzo sia stata determinata per la maggior parte dal flusso migratorio e solo nel 2007 da un incremento della popolazione residente.

Tale situazione è confermata dall'analisi dettagliata dei tassi demografici e migratori

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Natalità - Presezzo	9	8	10	10	14	10	9	18	11	8
Natalità - Bacino di rif.	11	11	11	11	16	11	12	12	12	12
Natalità - Lombardia	9,4	9,4	9,6	9,5	14,1	9,8	10	10	10,2	10,1
Mortalità - Presezzo	6,2	6,0	8,4	6,3	11,0	6,8	5,9	6,5	6,0	9,6
Mortalità - Bacino di rif.	8	7	7	7	10	7	7	7	7	7
Mortalità - Lombardia	9,4	9,4	9,4	9,8	12,5	9,1	8,9	8,9	9,3	9,2
Tasso demografico - Presezzo	2,9	2,0	1,8	4,1	3,1	3,4	3,6	11,1	4,6	-1,2
Tasso demografico - Bacino di rif.	3,0	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Tasso demografico - Lombardia	0,0	0,0	0,2	-0,3	1,6	0,7	1,1	1,1	0,9	0,9

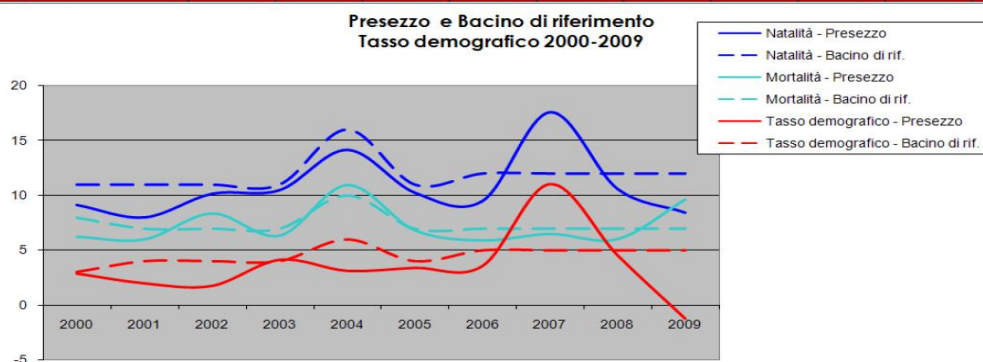


Grafico 2 : Tassi demografici, fonte ISTAT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Immigrazione - Presezzo	25,1	36,8	32,8	43,0	63,8	46,3	49,9	42,9	43,6	40,2
Immigrazione - Bacino di rif.	49	39	50	56	85	50	58	53	53	46
Immigrazione - Lombardia	35,5	32,1	37,4	49,2	67,3	42	42,5	43,6	42,6	38,6
Emigrazione - Presezzo	35,4	33,0	27,5	34,3	53,1	35,8	41,3	47,3	29,0	36,5
Emigrazione - Bacino di rif.	32	30	32	36	52	36	40	39	36	37
Emigrazione - Lombardia	29,3	27	29,2	33,9	46,7	34,1	36,2	34,6	33,2	31
Tasso migratorio - Presezzo	-10,2	3,8	5,3	8,7	10,7	10,4	8,6	-4,4	14,5	3,7
Tasso migratorio - Bacino di rif.	17,0	9,0	18,0	20,0	33,0	14,0	18,0	14,0	17,0	9,0
Tasso migratorio - Lombardia	6,2	5,1	8,2	15,3	20,6	7,9	6,3	9	9,4	7,6

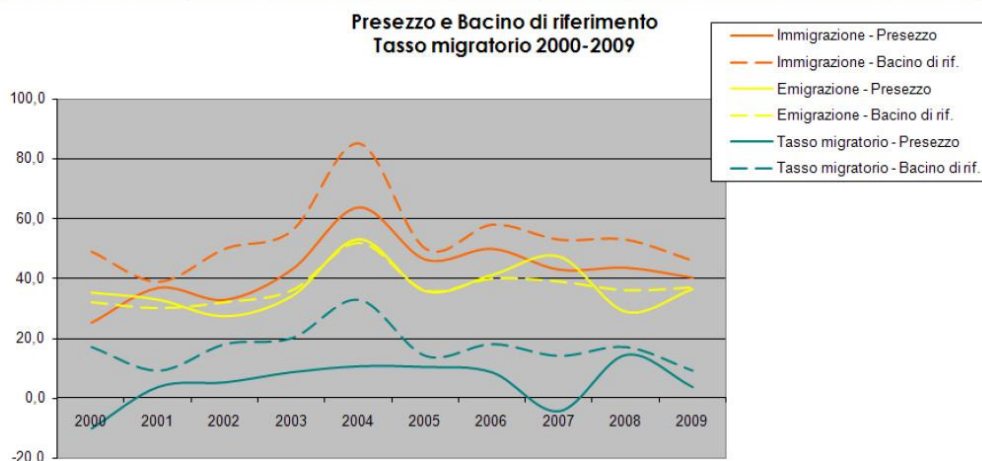


Grafico 3 : Tassi migratori, fonte ISTAT

Paragonando tutti i comuni del bacino secondo i tassi demografici e migratori medi avuti negli anni tra il 2000 e il 2009 si evidenzia che il comune di Presezzo ha un tasso demografico e migratorio che presentano valori al di sotto della media dei valori dei comuni del bacino di riferimento.

È stato registrato un progressivo aumento della densità territoriale di tutti i comuni dell'ambito di riferimento. In particolare la media della densità territoriale dell'ambito è passata da 1.475 ab/kmq nel 1991 a 1.931 ab/kmq nel 2009. In particolare nel 2009 si può evidenziare che:

1. I comuni di Mapello, Bonate Sotto e Treviolo hanno una densità territoriale bassa, sono cioè prossimi a 1.000 abitanti per kilometro quadrato;
2. I comuni di Bonate Sopra, Curno e Brembate di Sopra hanno una densità territoriale media, sono cioè compresi tra i 1.500/2.000 abitanti per kilometro quadrato;
3. I comuni di Presezzo, Mozzo, Ponte San Pietro e Terno d'Isola hanno una densità medio-alta, superiore cioè ai 2.000 abitanti per kilometro quadrato.

Per quanto riguarda la popolazione straniera, si è registrato dal 2002 al 2008 un raddoppio, rappresentando circa il 10% dei residenti.

Descrizione	2008
Bonate Sopra	9%
Bonate Sotto	11%
Brembate di Sopra	6%
Curno	6%
Mapello	7%
Mozzo	5%
Ponte San Pietro	15%
Presezzo	10%
Terno d'Isola	13%
Treviolo	4%

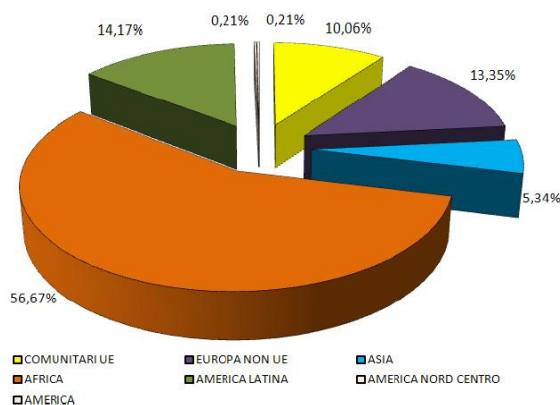


Gráfico 4 : Percentuale popolazione straniera residente

Le regioni geografiche da cui provengono la maggior parte degli extracomunitari, sono l'Africa, l'America latina, i Paesi fuori dall'Unione Europea, i Paesi dell'Unione Europea e l'Asia; irrilevanti invece le provenienze dall'America.

Analizzando i dati relativi al 2009 si evidenzia che il comune di Presezzo ha un indice di vecchiaia pari a 102,5, quindi leggermente superiore alla media del bacino di riferimento (101,0). Terno d'Isola è il comune con l'indice di vecchiaia più basso mentre Ponte San Pietro è il comune con l'indice di vecchiaia più alto.



Comuni	2009
Bonate Sopra	72,0
Bonate Sotto	91,4
Brembate di Sopra	116,6
Curno	126,1
Mapello	94,6
Mozzo	113,1
Ponte San Pietro	143,6
Presezzo	102,5
Terno d'Isola	57,5
Treviolo	92,9
Media del Bacino	101,0
Totale Lombardia	142,4

Tabella 2 : Indice di vecchiaia

Nello stesso anno la quota di popolazione oltre i 65 anni nel comune di è pari al 15,9%. Ponte San Pietro presenta la percentuale di popolazione oltre i 65 anni più alta, superiore anche alla media Regionale (20,1%).

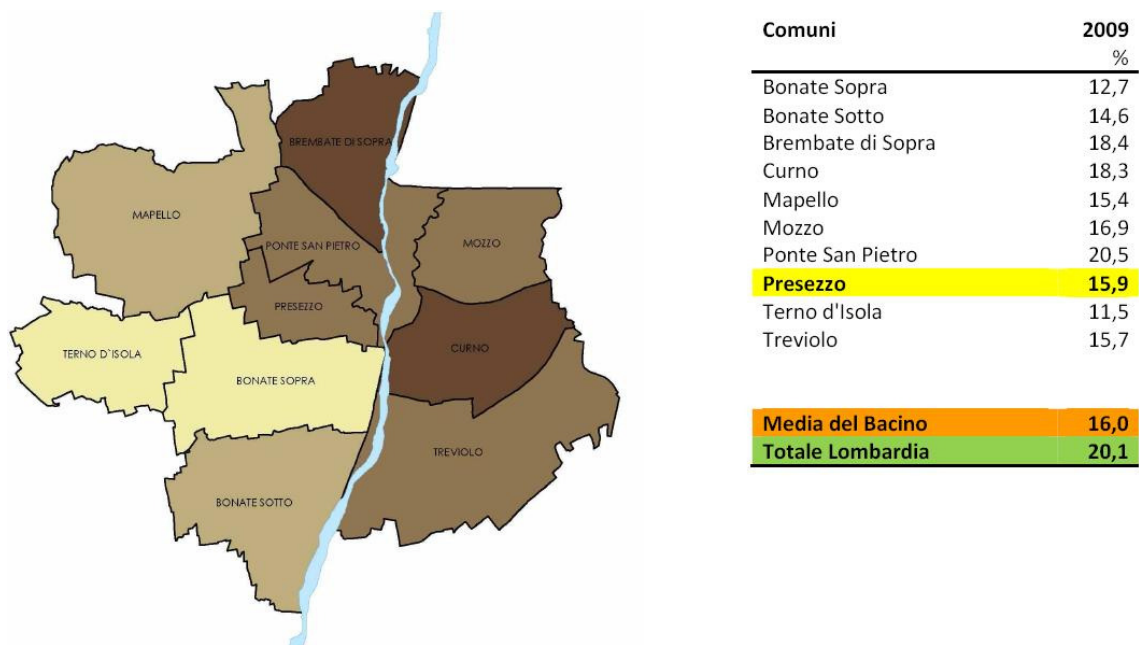


Tabella 3 : Percentuale di popolazione oltre i 65 anni

Per quanto riguarda il livello di istruzione, in base ai dati del censimento ISTAT del 2001, Presezzo ha dei valori leggermente inferiori alla media del bacino di riferimento con il 25% della popolazione che ha conseguito il diploma di scuola superiore e il 5% che ha conseguito una laurea. La maggior parte della popolazione ha conseguito la licenza di scuola media inferiore di avviamento alla professione.

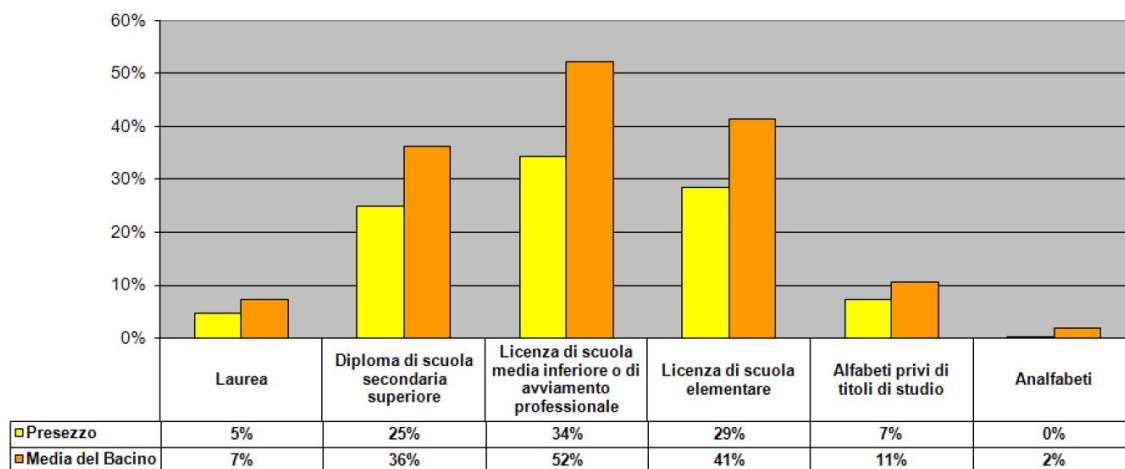


Grafico 5 : Grado di istruzione

Individuare le condizioni di occupazione della popolazione residente e il rapporto con le attività produttive insediate sul territorio consente di stabilire le caratteristiche e il ruolo di Prezezzo all'interno del suo bacino di riferimento e nella provincia. Di seguito il numero degli occupati, addetti e residenti del censimento Istat del 2001

Comune	Occupati	Addetti	Residenti
Bonate Sopra	2.846	1.140	6.238
Bonate Sotto	2.549	1.120	5.429
Brembate di Sopra	2.879	2.644	6.741
Curno	3.274	7.959	7.193
Mapello	2.489	1.590	5.606
Mozzo	3.024	1.588	6.895
Ponte San Pietro	4.044	3.283	9.633
Prezezzo	2.055	1.876	4.529
Terno d'Isola	2.376	1.534	4.995
Treviolo	3.894	3.214	8.618
Totale comuni selezionati	17613	15134	37897
Provincia di Bergamo	426.628	391.221	968.676
Regione Lombardia	3.949.654	3.721.723	9.032.554

Tabella 4 : Occupati, addetti e residenti

Il rapporto tra occupati e addetti è considerato un indicatore del livello di mobilità connesso con le caratteristiche strutturali dell'economia di un territorio. Tanto più è ampia la divaricazione tra queste due grandezze, tanto maggiore è il movimento in ingresso e uscita da un territorio.

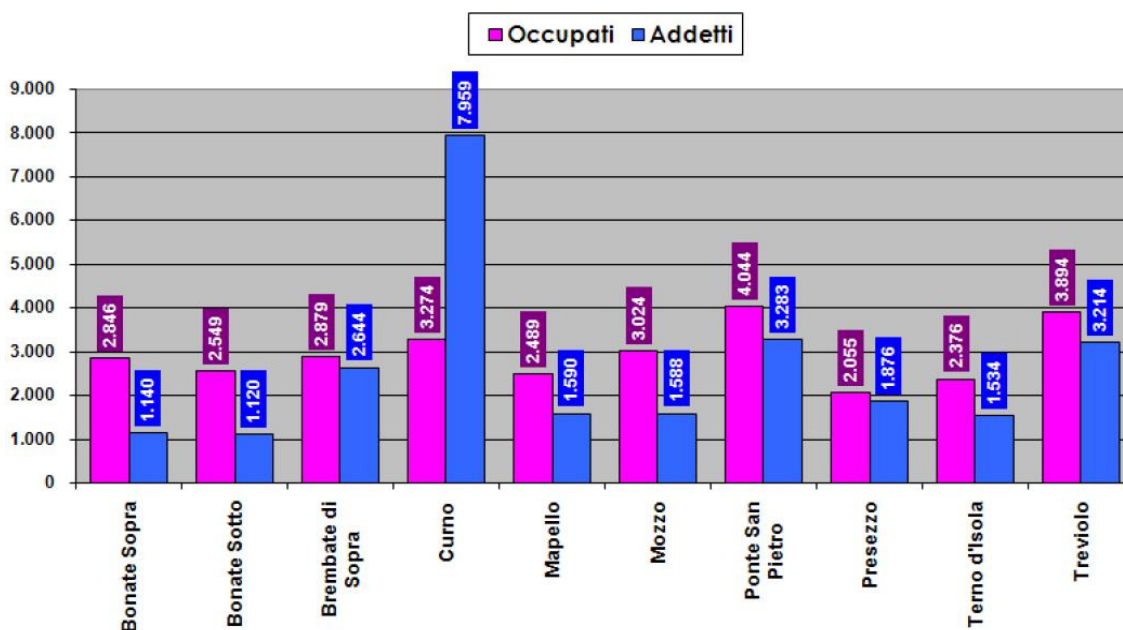


Grafico 6 : Occupati e addetti

Dall'analisi del rapporto si evince che Presezzo presenta un valore alto di questo rapporto (91%), maggiore alla media del bacino di riferimento (86%) e in linea con i valori provinciali (92%) e regionali (94%). Questo significa che la maggior parte delle persone residenti nel comune e che ha un'occupazione la svolge all'interno del comune, determinando un basso trasferimento pendolare verso l'esterno. Curno invece presenta il valore più alto del bacino di riferimento, ciò significa che in tali comuni sono presenti attività lavorative che richiamano personale dai comuni vicini. Contrariamente, Bonate Sopra e Bonate Sotto vedono un forte pendolarismo verso l'esterno.

Le tendenze evolutive strutturali della famiglia in Italia hanno portato ad una drastica riduzione della dimensione della famiglia: il numero medio di componenti per famiglia, è passato da 3,2 nel 1981 a 2,8 nel 1991, con una tendenza alla riduzione che è proseguita anche negli ultimi anni, con un dato aggiornato al censimento 2001 pari a 2,60 componenti a livello nazionale. A livello regionale questa tendenza si presenta maggiormente accentuata essendosi ridotto il numero di componenti per famiglia a 2,48 nel 1997 sino ai 2,23 del 2009. Si sono ridotte drasticamente le famiglie numerose, con più di cinque componenti, mentre sono in continua crescita le famiglie "monopersonali" che tra il 1981 e 1991 hanno visto, in Italia, un incremento dell'80% circa. Allo stesso modo sono in aumento le famiglie di 2 soli componenti, spesso costituite da 1 genitore ed 1 figlio. Anche nel comune di Presezzo la composizione media per famiglia negli ultimi trent'anni si è modificata, passando da un valore medio di 3,29 componenti per famiglia nel 1981 a 2,56 nel 2009. Di seguito la composizione media per famiglia nel 2009

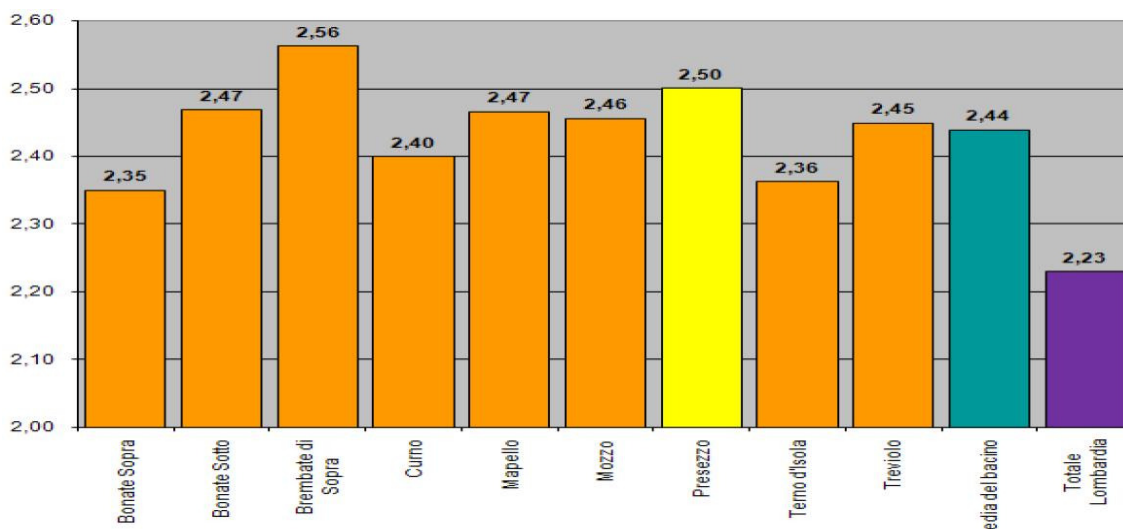


Grafico 7 : Composizione media per famiglia

Per approfondire lo studio della realtà urbana di Presezzo è necessario conoscere, accanto alla struttura sociale dei residenti, la materia fisica di cui è formato lo spazio in cui essi vivono, soprattutto quello della residenza. I dati censuari sull'età degli edifici presentano una certa analogia con l'andamento della popolazione rilevato dal censimento del 2001.

	Prima del 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dopo il 1991	Totale
Bonate Sopra	11%	6%	9%	17%	22%	13%	22%	100%
Bonate Sotto	11%	4%	14%	20%	24%	11%	15%	100%
Brembate di Sopra	5%	6%	11%	29%	20%	18%	10%	100%
Curno	4%	7%	19%	26%	17%	12%	16%	100%
Mapello	10%	6%	10%	17%	25%	18%	15%	100%
Mozzo	5%	2%	9%	27%	23%	18%	15%	100%
Ponte San Pietro	12%	7%	20%	28%	18%	7%	7%	100%
Presezzo	8%	3%	7%	18%	28%	21%	15%	100%
Terno d'Isola	4%	4%	12%	16%	22%	23%	19%	100%
Treviolo	8%	4%	11%	22%	21%	21%	13%	100%
Media dei comuni selezionati	8%	5%	12%	22%	22%	16%	15%	100%
Provincia di Bergamo	18%	8%	13%	21%	19%	11%	10%	40%

Tabella 5 : Percentuale delle abitazioni in edifici ad uso abitativo per epoca di costruzione

Circa il 65% delle abitazioni di Presezzo è stata realizzata dal 1972 al 2001; ciò significa che il patrimonio di edilizia residenziale è piuttosto recente e quindi la qualità e le caratteristiche dell'abitare rispondono probabilmente in modo appropriato alle esigenze del vivere contemporaneo. È comunque da non escludere l'avvio di un processo di rinnovamento del patrimonio edilizio, almeno per le parti più vecchie e di minore pregio.

Altro parametro da mettere in evidenza dai dati censuari del 2001 sugli edifici riguarda la dimensione media (superficie media) delle abitazioni occupate da residenti

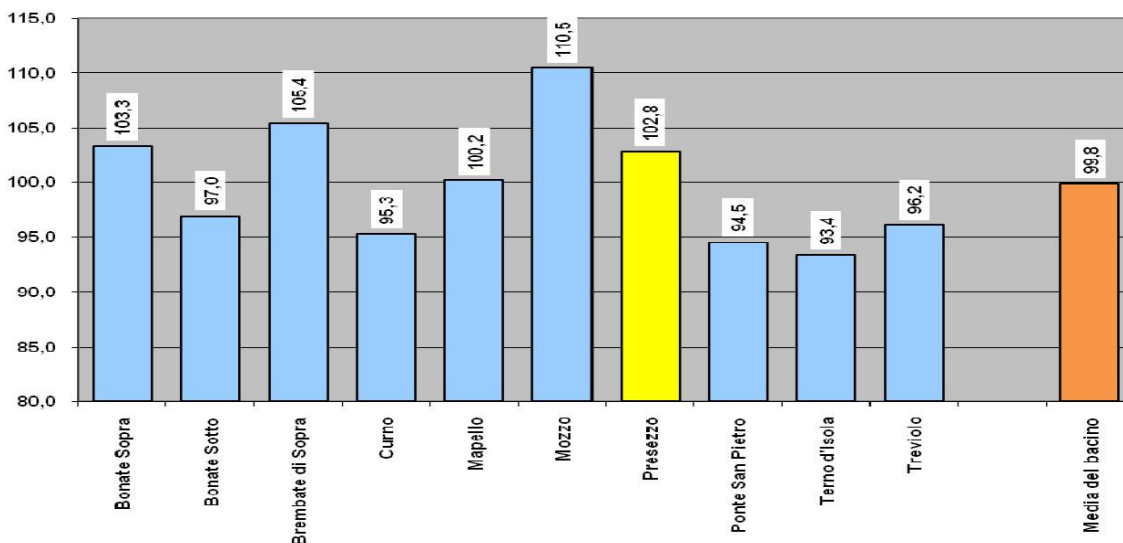


Grafico 8 : Abitazioni occupate da persone residenti; superficie media

A Presezzo la superficie media per abitazioni occupate da residenti risulta essere di 102,8 mq. Da sottolineare anche che il paese è caratterizzato dalla presenza di una quota di abitazioni in affitto pari al 13,3%; analogamente la percentuale di abitazioni occupate in proprietà è dell'80,6% (terzo comune con il maggiore valore registrato).

Secondo il censimento Istat dell'industria e commercio del 2001, risulta che il settore trainante a Presezzo è quello manifatturiero, seguito dal settore del commercio e delle costruzioni. Inoltre, sono state registrate le imprese attive sul territorio comunale, presenti nel Registro Imprese al 31.12.2009

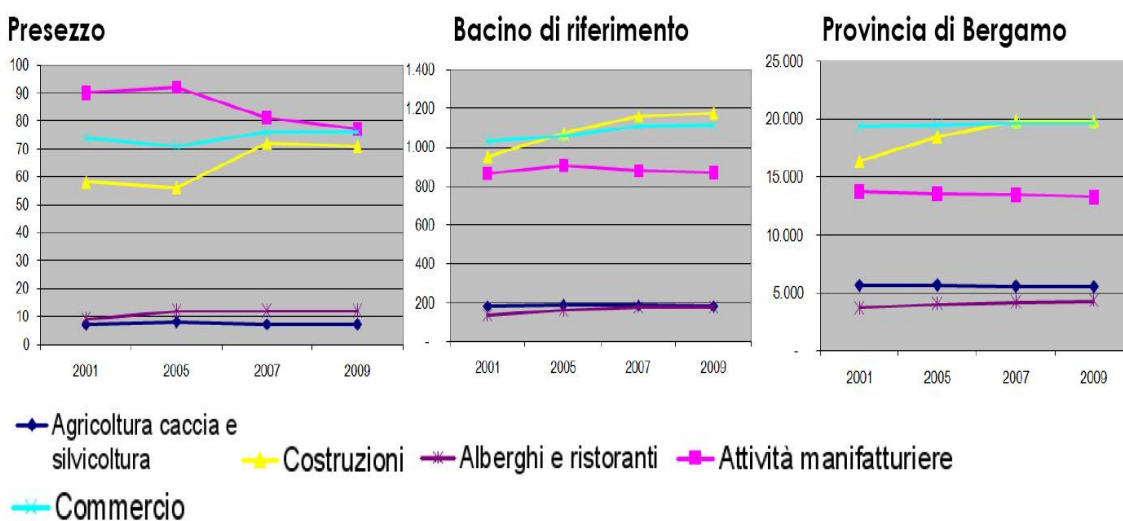


Grafico 9 : Imprese attive presenti nel registro delle Imprese

È possibile innanzitutto notare come il settore dell'industria abbia avuto un calo sia a Presezzo che in tutta la provincia di Bergamo; il settore delle costruzioni ha invece registrato un aumento; il settore del commercio, rimasto costante dal 2001 al 2009 in provincia di Bergamo, registra invece in Presezzo e nel bacino di riferimento un leggero aumento dal 2007 al 2009; il settore ricettivo ha in Presezzo una tendenza di leggera crescita in linea con il bacino di riferimento e la Provincia; il settore agricolo con valori costanti nella provincia di Bergamo e nel bacino di riferimento, registra in Presezzo una leggera diminuzione a partire dal 2005.

Il settore agricolo non ha un'importanza specifica dal punto di vista economico, ma piuttosto dal punto di vista territoriale, in termini di presidio e manutenzione del territorio extraurbano. Tra il 1990 e il 2000 il numero di aziende operanti a Presezzo è significativamente calato, con una flessione pari a -36%, così come per la Superficie Agraria Utilizzata (SAU)

Comuni	Sup. Territoriale TOTALE [ha]	Superficie Agraria Utilizzata		Variazione	Superficie Agraria Utilizzata	
		SAU [ha]			SAU [ha] % sul tot	
		1990	2000	%	1990	2000
Bonate Sopra	594	348,92	304,38	-13%	59%	51%
Bonate Sotto	627	336,21	215,41	-36%	54%	34%
Brembate di Sopra	434	215,11	146,63	-32%	50%	34%
Curno	462	412,23	202,29	-51%	89%	44%
Mapello	850	745,24	404,83	-46%	88%	48%
Mozzo	356	131,79	30,33	-77%	37%	9%
Ponte San Pietro	459	110,48	48,72	-56%	24%	11%
Presezzo	213	104,59	36,25	-65%	49%	17%
Terno d'Isola	399	296,39	206,32	-30%	74%	52%
Treviolo	927	517,98	470,62	-9%	56%	51%
Totale comuni selezionati	4294	3218,9	2065,8	-36%	75%	48%
Provincia di Bergamo	272.286,00	186.070,76	92.843,30	-50%	68%	34%
Totale Lombardia	2.385.907,00	1.104.277,96	1.039.817	-6%	46%	44%

Tabella 6 : Superficie territoriale e superficie agraria

Sempre negli stessi anni si registra che il capo di bestiame maggiormente presente sono i bovini, seguiti dai suini e dagli ovini e caprini.

2.1.3. Analisi socio - economiche

Nel censimento del 2001 è stata registrata una popolazione pari a 4.526 abitanti (circa lo 0,46 % della popolazione provinciale) con una densità abitativa pari a 2.099 ab./kmq. La popolazione è in crescita costante, con un picco raggiunto di tra gli anni '70 e '90, in cui si è avuto un tasso di crescita del 62,5 %. Nell'ultimo decennio invece la tendenza demografica è stata caratterizzata da un andamento di lenta crescita costante che si attesta intorno al 7.2%.

Secondo il 5° Censimento ISTAT dell'Agricoltura (2000) nel territorio di Presezzo sono attive 16 aziende agricole aventi una superficie totale di 36,7 ha. Tra queste sono incluse anche le aziende prive di terreno agrario, cioè le aziende zootecniche nelle quali si alleva bestiame senza l'utilizzo di terreno agrario e le aziende zootecniche che praticano l'allevamento di bestiame su terreni pascolativi appartenenti a Comuni, ad altri Enti pubblici o a privati. La superficie agricola totale coltivata a Presezzo è di 38 ha, la superficie agricola utile è di 33 ha così ripartiti:

UTILIZZO	SommaDiSUP_UTILIZZATA
MAIS DA GRANELLA	153465
GRANO (FRUMENTO) TENERO	89096
ORZO	38260
COLZA E RAVIZZONE DA GRANELLA	7600
ERBA MEDICA	6040
PRATO POLIFITA DA VICENDA	28204
PRATO-PASCOLO	6600
VIVAIO FLORICOLI E PIANTE ORNAMENTALI	1247

Tabella 7 : Ripartizione della superficie agricola

2.1.4. Analisi ambientali

La rete idrografica del è caratterizzata sostanzialmente da due elementi principali: il torrente Lesina che attraversa il paese nella parte centrale tagliandolo da nord a sud, e la roggia Masnada, un canale artificiale collocato invece nella parte est, diramandosi dal fiume Brembo; quest'ultimo, nonostante non passi per Presezzo, è l'elemento che maggiormente influenza la morfologia del suo territorio. Il suo regime idrologico è a deflusso perenne, ma con caratteri torrentizi, come l'estrema variabilità della portata d'acqua. La portata di magra è molto scarsa, mentre quella di massima piena raggiunge valori molto elevati, perché il fiume non ha a monte nessun bacino regolatore naturale che possa diluire nel tempo le notevoli variazioni pluviometriche stagionali. Un carattere comune di questi fiumi è il rischio di esondazione, causato da precipitazioni abbondanti e irregolari; ogni variazione nella piovosità si traduce immediatamente in potenziale pericolo, perché a monte i tipi di rocce presenti (metamorfiche, sedimentarie poco permeabili) non favoriscono l'infiltrazione delle acque superficiali, e anzi facilitano il trasporto solido a valle, con ri-deposizione di materiale a restringere gli alvei fluviali.

Le tipologie di terreno sono differenti, in particolare nelle fasce nord e sud predomina un substrato costituito da materiale ghiaioso arenaceo alterato non calcareo; sono suoli che si prestano all'agricoltura e sono adatti senza limitazioni allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi di depurazione; hanno un'alta capacità protettiva nei confronti delle acque superficiali e moderata nei confronti di quelle sotterranee. Nella parte sud-est predomina il seminativo irriguo tipo mais; sono suoli adatti con moderate limitazioni allo spandimento dei fanghi di depurazione, richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione. In una piccola porzione a sud, al confine con il comune di Bonate Sotto, il substrato è costituito da materiale ciottoloso eterogeneo e alterato, di origine fluviale; l'uso prevalente del suolo è a seminativo, anche irriguo (mais). Nei terreni a ovest il substrato è costituito da ghiaie limose con sabbia, non calcareo; l'uso prevalente del suolo è a seminativo.

La maggior parte del territorio comunale (comprese le aree comunali confinanti) risulta urbanizzata; c'è una ridotta diversità di ambienti e una quasi totale assenza di zone naturali (boschi, fasce boscate, vegetazione naturale) o rurali. Anche la presenza di flora e fauna appare alquanto ridotta e prevalentemente associata ad ambienti

antropizzati. Le colture arative sono principalmente cerealicole; i prati sono superfici di terreno ricoperte da erbe dallo sviluppo contenuto, periodicamente soggette allo sfalcio per la produzione di foraggio. Sebbene si tratti di vegetazione antropica, i prati costituiscono un consorzio vegetale di pregio per la ricchezza floristica che li contraddistingue. Gli elementi del reticolo idrografico minore, sia naturale che artificiale, sono accompagnati da cortine e filari arborei, che spesso costituiscono i corridoi verdi di maggior pregio delle aree urbane. La robinia è presente in modo più o meno marcato in tutti gli ambiti boscati di questa zona della pianura, ma in alcune aree, interessate da interventi distruttivi della vegetazione originaria, ha preso nettamente il sopravvento diventando la specie dominante; fra le piante di robinia si inseriscono sporadicamente specie autoctone, quali acero campestre, farnia e carpino bianco; lo strato arbustivo è molto povero e costituito per la quasi totalità da sambuco o da nocciolo. Nei prati aridi lungo il fiume nidificano piccoli uccelli come il canapino, il pigliamosche e l'averla piccola; la vegetazione circostante i campi coltivati, ospita molte specie, tra le quali la capinera, la sterpazzola e il gheppio; tra i ciottoli e la ghiaia del fiume, troviamo il piro piro piccolo; vengono spesso avvistati il martin pescatore e la rondine montana; certa la presenza di due serpenti, la biscia dal collare e la natrice tassellata, entrambi innocui e fortemente legati ad ambienti acquatici; tra i mammiferi il toporagno, il moscardino, il ghio, il riccio e la volpe.

Più in generale, la zona dell'Isola Bergamasca, in cui si colloca proprio Presezzo, è piuttosto articolata e presenta zone collinari di sufficiente valore naturalistico, aree coltivate, zone industriali e l'area fluviale dell'Adda e del Brembo.

2.1.5. Evoluzione storica

Nel periodo pre-romano la regione presentava già aree coltivate, ma era dominata dalle foreste con i villaggi irregolarmente distribuiti lungo i corsi d'acqua vicino alle poche strade presenti. I Romani bonificarono vaste aree prima incolte, ed effettuarono un'opera di pianificazione del territorio, dividendolo in quadrati regolari (le centurie), delimitati da una rete ortogonale di strade e canali di irrigazione.

Ancora oggi è possibile cogliere tracce della centuriazione nell'orientazione di strade e fossati e nell'allineamento dei paesi secondo determinate direttrici (i cardini ed i decumani).

Nell'Alto Medioevo l'attività agricola era impostata sulla coltivazione di cereali come avena, segale, orzo e grano ma, da quando dalla seconda metà del X secolo la popolazione nell'area crebbe considerevolmente, la crescente domanda di prodotti agricoli rese necessario il disboscamento e la colonizzazione di vaste aree. Il graduale impoverimento dei boschi, che trattenevano un'elevata quantità di acqua, e la carenza di opere di canalizzazione e di arginatura delle acque meteoriche, peggiorarono gli effetti dei successivi eventi climatici.

Nei secoli XVII e XVIII vennero introdotte la coltivazione del gelso e l'allevamento dei bachi da seta, e si incrementò la viticoltura sui rilievi; i campi vennero coltivati con il metodo della rotazione tra mais, grano e trifoglio.

La carta topografica del Lombardo Veneto (1833) documenta che la vegetazione boschiva nelle zone di pianura era ormai molto scarsa, ridotta alle vicinanze dei corsi d'acqua, e il "seminativo arborato" (alternanze regolari di cereali e vite maritata al gelso) prevaleva sulla superficie agricola. Nel 1840 la percentuale di terreni coltivati a gelso raggiunse il 43 % delle aree agricole; fino alla metà del nostro secolo la situazione, pur con fasi economiche alterne, non cambiò: negli anni '50 si coltivavano soprattutto mais e frumento, ma la vite maritata al gelso è ancora molto diffusa.

A partire dagli anni '60 l'evoluzione del territorio è molto repentina: l'industrializzazione è rapida e l'attività agricoltura passa in secondo piano.

Fino al 1931-1937 le aree urbanizzate di Presezzo erano limitate al centro storico, alla frazione di Capersegno, al nucleo di Cascina San Marco e pochi altri piccoli nuclei rurali sparsi per la campagna. Nel 1954-1959 e ancor più nel periodo 1969-1974 la superficie urbanizzata aumentò sensibilmente, distribuendosi ai lati della strada provinciale che attraversa il territorio comunale.

Di seguito le superfici urbanizzate dal 1885 al 1994

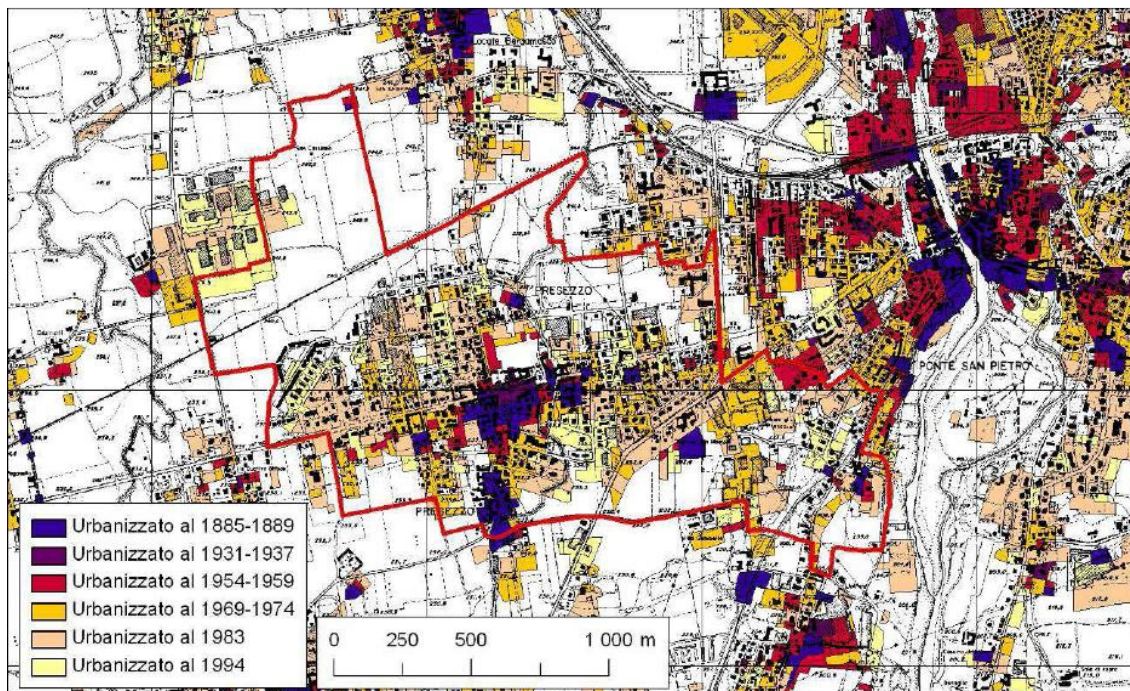


Figura 14 : Soglie urbanizzative dal 1885 al 1994, fonte Provincia di Bergamo

Attualmente le aree agricole e verdi sono inferiori al 25% dell'intera superficie comunale, mentre le aree urbanizzate superano il 70%

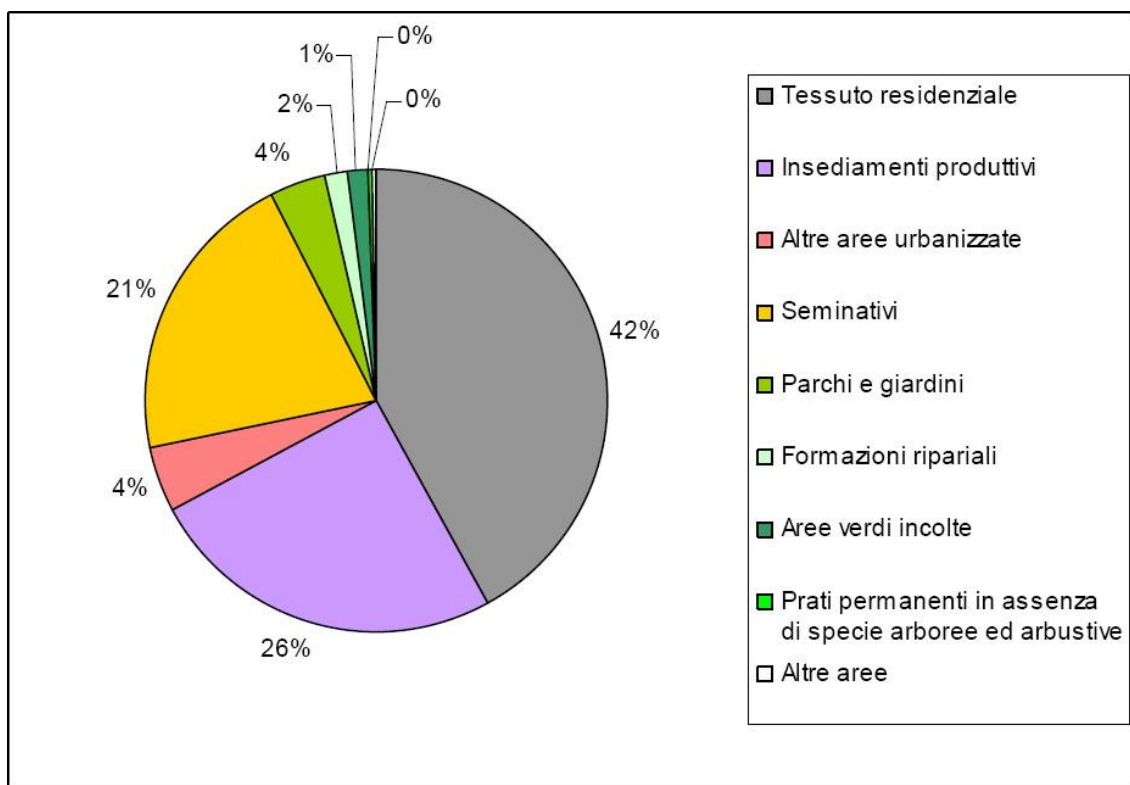


Figura 15 : Ripartizione dell'uso del suolo

Il nome del paese di Presezzo deriva dalla parola latina Praesidium. L'attuale territorio comunale è il risultato dell'unione di due comuni, Capersegno e Presezzo, che si sono uniti nel XIII secolo; il primo rappresenta la parte più antica, dove sorgeva un castello di cui ora rimangono alcuni resti.



Figura 16 : Vecchi edifici rurali nell'antico nucleo di Capersegno

Molto importante è la parrocchiale di San Fermo e Rustico, edificata nel 1875 in luogo di un precedente edificio di culto; presenta numerose opere dedicate ai due santi protettori, ricavate dalla precedente parrocchiale; possiede inoltre un organo modificato dai fratelli Serassi intorno al 1801, completamente restaurato nel 1984. Il sagrato è stato recentemente ristrutturato, lastricato e adornato da due olivi.



Figura 17 : Ex Parrocchiale dei SS. Fermo e Rustico

Il Palazzo Furietti-Carrara, di costruzione seicentesca, si affaccia sulla via principale ed è stato restaurato tra il 1997 e il 1999. Al suo interno pregevoli affreschi di Gian Paolo Cavagna che, nonostante fossero sotto tutela del ministero competente, furono strappati tra il 1939 e il 1942 dagli ultimi proprietari del palazzo.

Degli affreschi rimangono solo delle fotografie in bianco e nero. Lo stuccatore Matteo Camuzio, nel 1798 esegue l'ultima sua opera a stucco documentata per la decorazione delle tre salette del piano nobile del Palazzo: piccoli intimi ambienti tra cui la Stanza del Tempo con al centro il paffuto genio raffigurato in leggero rilievo, come per imitare la tecnica del padre Muzio.



Figura 18 : Palazzo Furietti Carrara

A Presezzo si trova inoltre un'ex caserma militare, intitolata alla Medaglia d'Oro al Valore Militare Riccardo Moioli, fante italiano perito in Grecia nel 1944, nel corso della seconda guerra mondiale. In disuso dall'inizio degli anni novanta, è ora in cattivo stato e si sono verificati alcuni cedimenti strutturali.



Figura 19 : Ex caserma Moiola

La situazione vincolistica del paese è definita dal PTCP, sottolineando la presenza dei seguenti elementi:

Beni immobili di carattere artistico e storico:

- Palazzo Furietti Carrara
- Ex Parrocchiale dei SS. Fermo e Rustico

Fiumi, torrenti e corsi d'acqua:

- fiume Brembo
- torrente Lesina

Centri e nuclei storici:

- centro storico di Capersegno
- centro storico di Presezzo
- nucleo di Ghiaie
- edificio agricolo fortificato in località Capersegno
- complessi industriali
- cascina Olmetta

Si considerano inoltre le fasce di rispetto del torrente Lesina e della roggia Masnada, quindi aree inondabili o potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena.

2.1.6. Il sistema degli insediamenti

L'organizzazione del suolo è caratterizzata principalmente dalla suddivisione in aree a destinazione residenziale, industriale, verde, zone agricole e servizi.

Sistema della residenza: edifici abitativi unifamiliari di due o tre piani, con una parte di verde privato, e condomini di quattro o cinque piani; le case isolate sono concentrate a sud e a ovest.

Sistema della produzione: queste aree, un tempo localizzate all'interno del centro del paese, attualmente si sono spostate verso le zone più esterne, anche e soprattutto a causa dell'inquinamento.

Sistema agricolo e del verde: in passato l'attività prevalente era quella agricola, e in particolare la coltivazione del grano e dei gelsi. Le aree agricole rimaste, sono attualmente concentrate nelle parti più esterne, caratterizzate dalla presenza di cascine e filande. Anche le zone verdi sono collocate perlopiù verso l'esterno e in prossimità del torrente Lesina; questo fatto ha reso necessario istituire delle zone di salvaguardia per le esondazioni del torrente.

2.1.7. Il sistema della mobilità

La viabilità del paese è fortemente influenzata dalla presenza della strada provinciale 166 che attraversa interamente il paese, collegandolo ai paesi limitrofi di Ponte San Pietro e Sotto il Monte, e rappresentando da sempre l'unico accesso a chi veniva da Bergamo. Essa divide in due parti il territorio comunale, assumendo la duplice funzione di asse centrale da un lato e di barriera divisoria dall'altro. Il collegamento con i paesi confinanti è garantito, oltre che da strade principali e secondarie, anche da una discreta rete di piste ciclopedonali; non dispone di una stazione ferroviaria e quella di Ponte San Pietro risulta attualmente quella più vicina e accessibile. In generale il traffico veicolare è piuttosto intenso e costituisce inevitabilmente una grossa problematica che potrebbe essere migliorata semplicemente incrementando i collegamenti ciclopedonali e piste che possano predominare rispetto alle automobili.

2.1.8. Ambiti di trasformazione

Il territorio presenta delle aree non edificate e non urbanizzate, o spazi già edificati ma con tipologie non compatibili con il tessuto circostante; pertanto sono stati individuati e stabiliti degli ambiti di trasformazione proprio in corrispondenza di queste aree.

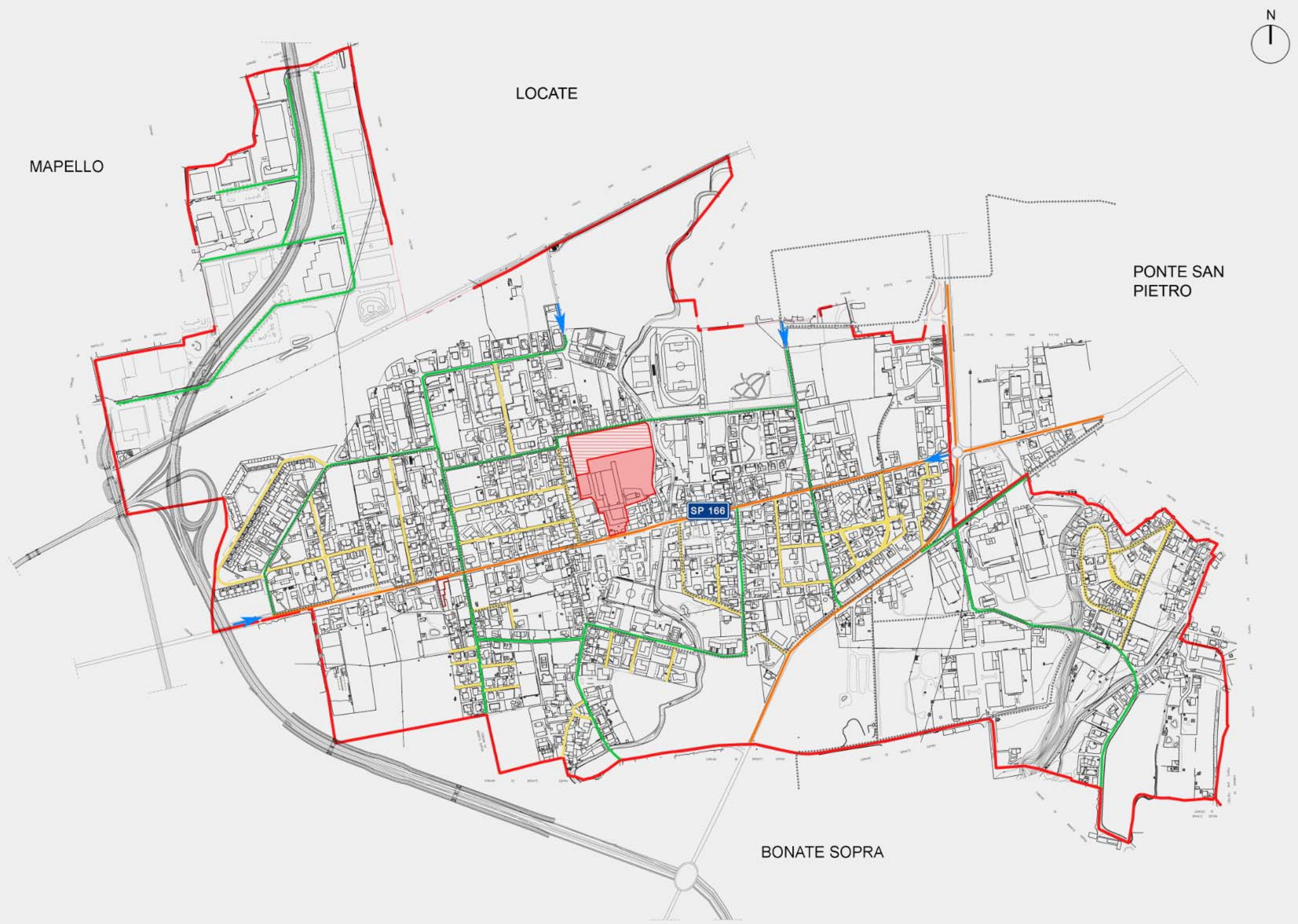
Ambito di trasformazione residenziale: concentrate prevalentemente in zone periferiche, riguardano perlopiù la cessione di aree attualmente libere o destinate a verde pubblico.

Ambito di trasformazione produttiva: le principali destinazioni d'uso previste sono legate al ciclo economico diretto alla produzione industriale o artigianale, nonché alla trasformazione, scambio e vendita di beni.

Ambito di trasformazione commerciale: esiste un'unica aree periferica, per la quale sono previste attività commerciali, terziarie e direzionali.

Ambito di trasformazione a recupero: per le aree individuate si prevedono destinazioni d'uso residenziale o attività di interesse collettivo.

Il lotto oggetto di studio fa parte di un ambito di trasformazione misto, per il quale sono previste strutture di interesse collettivo, spazi polifunzionali, parcheggi, verde pubblico e edilizia residenziale pubblica e convenzionata.



LEGENDA:

- area di progetto
- confini comunali
- strada provinciale
- tracciato viario principale
- tracciato viario secondario
- piste ciclopedonali
- ingressi
- SP 166 strada provinciale 166

Il comune è attraversato dalla strada provinciale n° 166 che collega i paesi di Ponte San Pietro e di Sotto il Monte; essa divide in due parti il centro e ha rappresentato da sempre l'unico accesso a chi veniva da Bergamo o da Milano. La strada ha assunto la duplice funzione di asse centrale da un lato e di barriera divisoria dall'altro.

Il paese è caratterizzato dalla presenza di una discreta rete di piste ciclopedonali, che garantisce i collegamenti con i paesi limitrofi. Non dispone di una stazione ferroviaria e quella di Ponte San Pietro risulta attualmente quella più vicina al paese.

Il traffico veicolare costituisce una grossa problematica che deve essere risolta mediante la valorizzazione di ulteriori collegamenti ciclopedonali, sentieri e piste che possano avere il predominio sulle automobili.

Il lotto oggetto di studio è situato nel centro del paese di Presezzo; l'area è delimitata a sud dalla suddetta strada provinciale, a nord dalla via Monte Grappa, a est dalla via Barca e a ovest da alcuni edifici affacciati su via Roma.

Attualmente l'accesso è garantito da un'apertura diretta su via Roma, mentre l'ingresso principale a sud non è al momento utilizzabile.



Vista dall'alto della S.P. 166



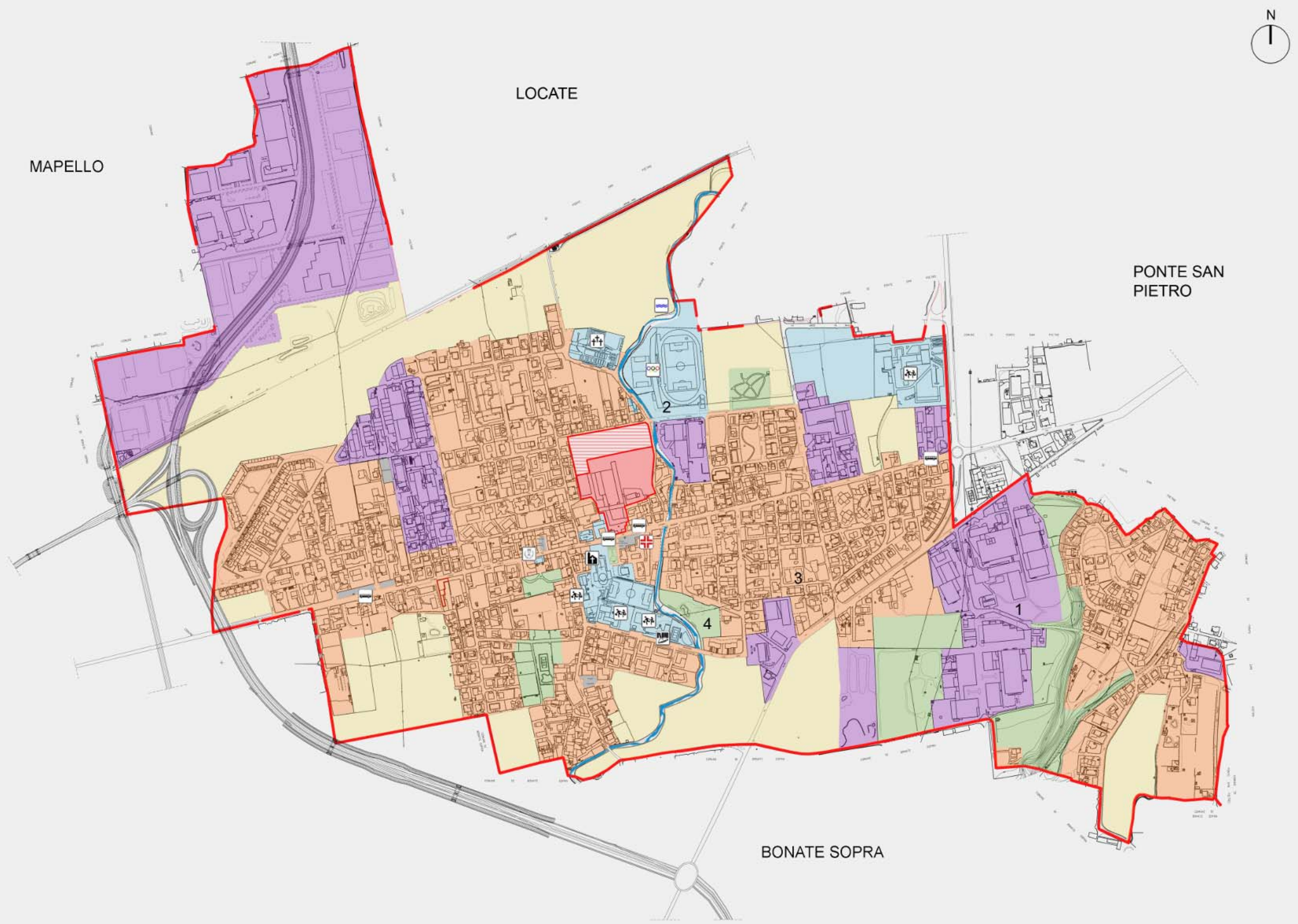
Vista della S.P. 166



Vista di una strada principale in prossimità del lotto



Vista di una strada secondaria in prossimità del lotto



LEGENDA:

- | | |
|----------------------|-----------------|
| area di progetto | municipio |
| confini comunali | centro sportivo |
| corsi d'acqua | torrente Lesina |
| edifici residenziali | chiesa |
| sistema produzione | scuole |
| sistema dei servizi | cimitero |
| aree verdi | farmacia |
| aree agricole | biblioteca |
| parcheggi pubblici | autobus |

SISTEMA DELLA RESIDENZA
Prevalentemente caratterizzato da edifici abitativi unifamiliari di due o tre piani con una parte di verde privato, e da condomini di quattro o cinque piani; le case isolate sono concentrate a sud e a ovest.

SISTEMA DEI SERVIZI
La chiesa, il municipio e le scuole elementari e medie sono concentrati nella parte centrale del paese, a eccezione delle scuole superiori collocate a nord-est, posizione che permette il facile raggiungimento degli studenti anche dai paesi limitrofi.

SISTEMA DELLA PRODUZIONE
Le aree produttive e industriali, un tempo localizzate all'interno del centro del paese, si sono spostate verso aree più esterne, anche a causa dell'inquinamento.

SISTEMA AGRICOLO E DEL VERDE
In passato l'attività prevalente sul territorio era di tipo agricolo, specializzata nella coltivazione del grano e dei gelsi. Le aree agricole rimaste, sono concentrate nelle aree più esterne, caratterizzate dalla presenza di cascine e filande. Le aree verdi, destinate a verde pubblico o sportivo e aree libere, sono anch'esse concentrate specialmente nelle zone periferiche e in prossimità del torrente Lesina; questo ha reso necessario istituire delle zone di salvaguardia per le esondazioni del torrente.



1_Vista del complesso industriale San Marco



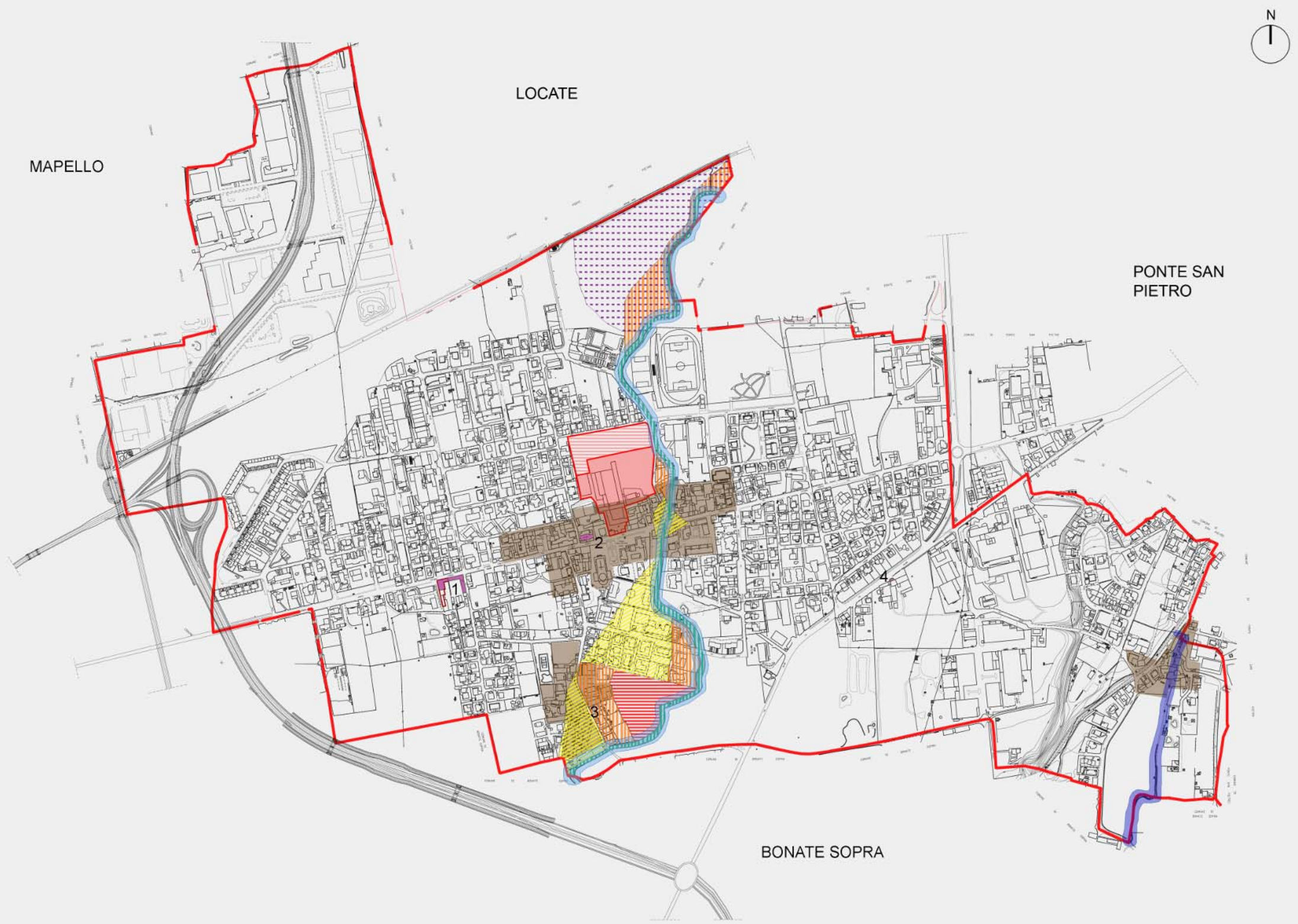
2_Vista del centro sportivo



3_Vista di un'abitazione "tipo" in via Volta



4_Vista del parco in via Montessori



LEGENDA:

- area di progetto
- confini comunali
- centri storici
- beni immobili di interesse artistico/storico
- fascia di rispetto Torrente Lesina
- fascia di rispetto Roggia Masnada
- possibile laminazione delle piene
- area esondabilità elevata (Tr = 50 anni)
- area esondabilità elevata (Tr = 200 anni)
- area a esondabilità media o moderata
- area a esondabilità molto elevata

La situazione vincolistica del comune di Presezzo è definita dal PTCP; vengono definiti i seguenti elementi:

Beni immobili di carattere artistico e storico:
 -Palazzo Furietti (1)
 -ex Parrocchiale dei SS. Fermo e Rustico (2)

Fiumi, torrenti e corsi d'acqua:
 -fiume Brembo
 -torrente Lesina

Centri e nuclei storici:
 -centro storico di Capersegno
 -centro storico di Presezzo
 -nucleo di Ghiaie
 -parrocchiale dei SS. Fermo e Rustico
 -edificio agricolo fortificato in località Capersegno (3)
 -complessi industriali
 -cascina Olmetta (4)

Nella tavola si evidenziano principalmente le fasce di rispetto del torrente Lesina e della roggia Masnada. In prossimità del torrente Lesina sono state indicate tutte le aree inondabili o potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena.



1_Palazzo Furietti Carrara



2_Ex Parrocchiale dei SS. Fermo e Rustico



3_Edificio agricolo fortificato località Capersegno



4_Cascina Olmetta

LEGENDA:

- area di progetto
- confini comunali
- corsi d'acqua
- ambito di trasformazione residenziale
- ambito di trasformazione produttivo
- ambito di trasformazione commerciale
- ambito di trasformazione a recupero
- ambito di trasformazione misto

Gli ambiti di trasformazione riguardano interventi di parti del territorio non edificate e non urbanizzate, o ambiti già edificati ma con tipologie non compatibili con il tessuto circostante.

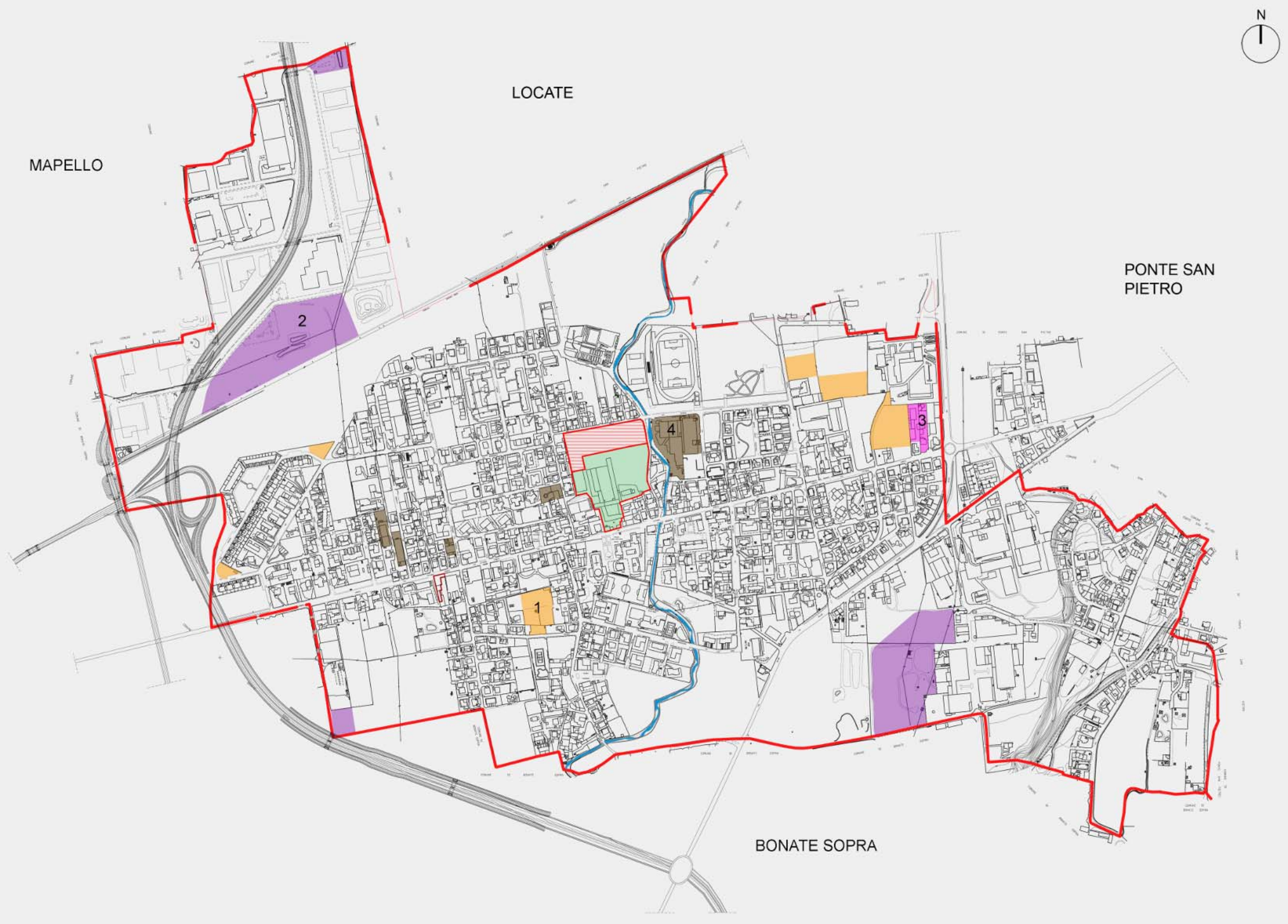
AMBITO TRASF. RESIDENZIALE
Le aree prescelte sono quattro e sono concentrate prevalentemente in zone periferiche. La 1 in particolare riguarda la cessione di un'area che attualmente è destinata a verde pubblico

AMBITO TRASF. PRODUTTIVO
Le principali destinazioni d'uso previste sono legate al ciclo economico diretto alla produzione industriale o artigianale, nonché alla trasformazione, scambio e vendita di beni. Per tutte le aree individuate, devono essere previste delle fasce alberate al confine con i territori agricoli o con la linea ferroviaria (2).

AMBITO TRASF. COMMERCIALE
L'unica area individuata (3), si trova in una zona piuttosto periferica del paese, a confine con esso; sono previste attività commerciali, terziarie e direzionali.

AMBITO DI TRASF. A RECUPERO
Per tutti gli ambiti segnalati è prevista una destinazione d'uso residenziale o attività di interesse collettivo. In particolare nella 4 sarà necessario prevedere una fascia alberata in corrispondenza del torrente Lesina.

Il lotto oggetto di studio fa parte di un ambito di trasformazione misto, in cui sono previste strutture di interesse collettivo, spazi polifunzionali, parcheggi, verde pubblico e edilizia residenziale pubblica e convenzionata.



1_Ambito di trasformazione residenziale



2_Ambito di trasformazione produttivo



3_Ambito di trasformazione commerciale



4_Ambito di trasformazione a recupero

2.2. IL LOTTO DI PROGETTO

2.2.1. Analisi geografiche

L'area destinata alla progettazione è situata esattamente nel centro del paese, in collegamento con il polo scolastico a sud (scuole elementari e medie) e il centro sportivo a nord

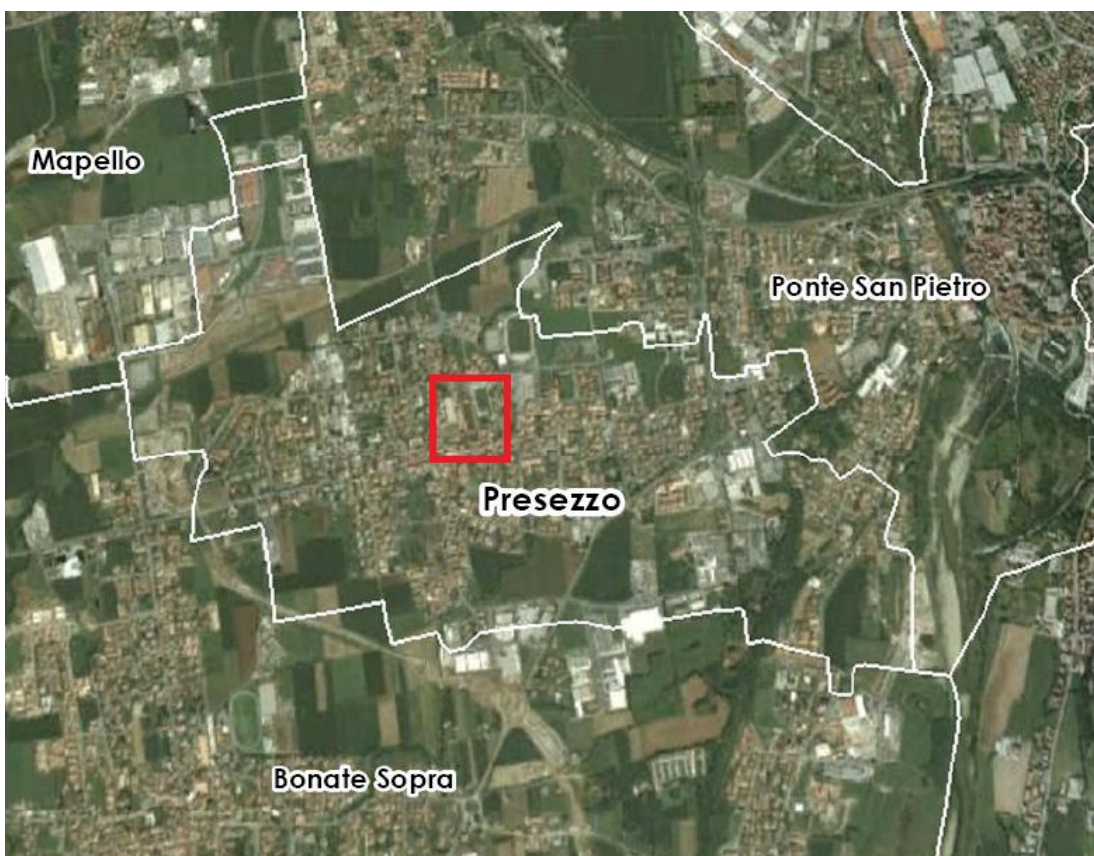


Figura 20 : Estratto mappa Google Earth, lotto di progetto

Il lotto confina a nord con l'area U.M.I. 2 (a destinazione residenziale), a est con la via Barca, a sud con edifici contigui di proprietà privata e con via Vittorio Veneto (strada provinciale 166), a ovest con edifici di proprietà della Parrocchia (oratorio), con la via Roma e con fabbricati e aree di proprietà privata. Gli accessi pedonali e carrabili sono concessi dalla via Vittorio Veneto, dalla via Baschenis e da via Roma.

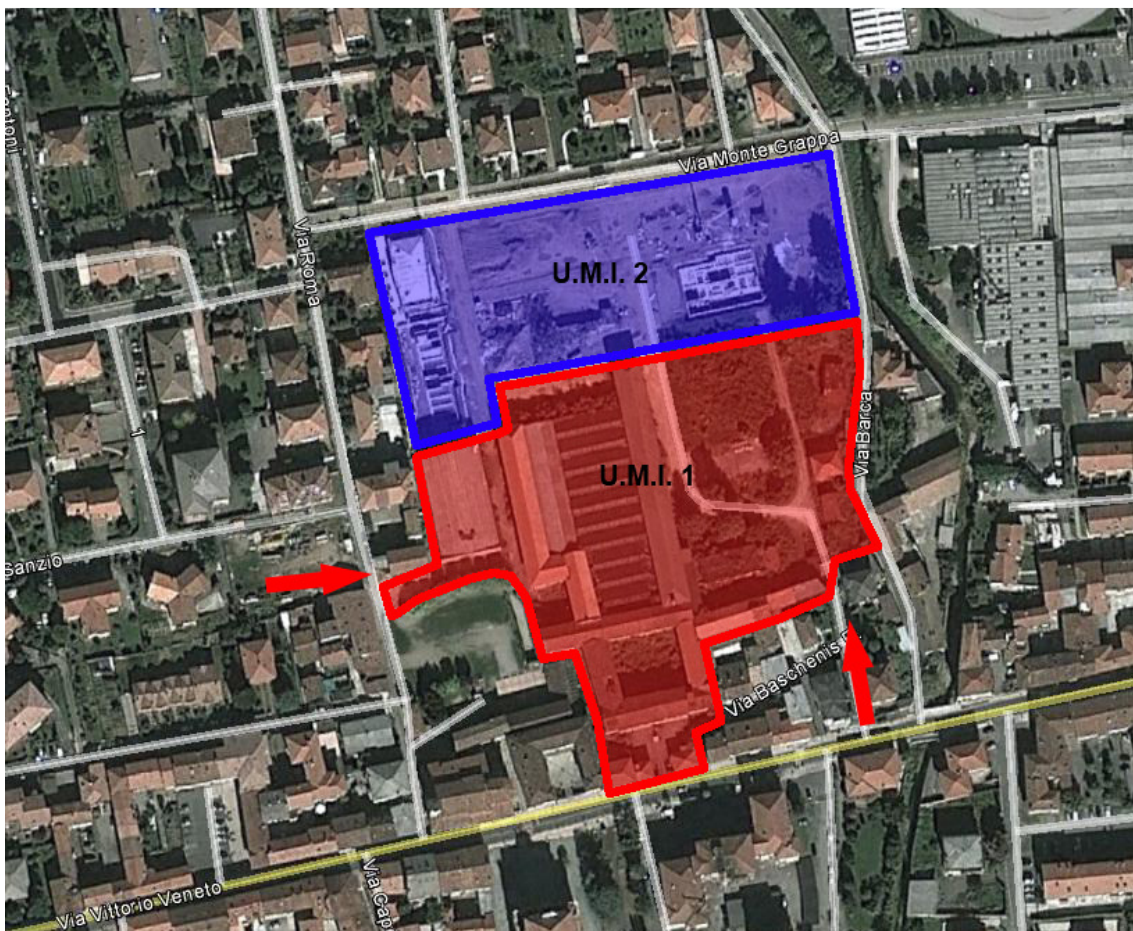


Figura 21 : Estratto mappa Google Earth, area comunale e area privata

Complessivamente il lotto misura circa 30.000 mq, ma suddiviso in due parti: la suddetta U.M.I. 2, di proprietà privata, e la U.M.I. 1: di proprietà comunale, è stata ceduta al comune tramite un accordo stipulato con l'Agenzia del Demanio nel 2007 e ha un'estensione di circa 18.800 mq.



Estratto comune di Presezzo, Google Earth



Area ravvicinata, Google Earth

Il comune di Presezzo conta circa 4900 abitanti. Confina a nord e a est con il comune di Ponte San Pietro, a sud con il comune di Bonate Sopra e a ovest con il comune di Mapello.

L'area è posta nel centro del paese e confina a nord con l'area U.M.I. 2 (destinazione residenziale), a est con via Barca, a sud con edifici contigui di proprietà privata e con Via Vittorio Veneto (S.P. 166), a ovest con edifici di proprietà della Parrocchia (oratorio), con la via Roma e con fabbricati e aree di proprietà privata. Gli accessi pedonali e carrali sono concessi dalla via Vittorio Veneto, dalla via Baschenis e da via Roma.



2.2.2. Evoluzione storica

Alla fine dell'Ottocento il lotto, di dimensioni più piccole rispetto a quelle attuali, venne destinato alla realizzazione di una filanda, la Morali – Steiner, caratterizzata da un edificio piuttosto lungo, parallelo a via Vittorio Veneto, che si occupava del trattamento industriale della seta.

L'economia del paese si basò sempre sull'agricoltura, specialmente frumento e uva, e sulla filatura della seta, poiché l'area era ricca di gelsi, una prerogativa che comportò la radicale diffusione di molte filande nei dintorni.



Figura 22 : Immagine storica della filanda Morali - Steiner

Soltanto nel 1939 l'edificio, precedentemente occupato dalla filanda, divenne la sede della società aeronautica Caproni, che si occupava della produzione di fusoliere per aeroplani. L'industria demolì e ricostruì gli edifici che caratterizzavano la corte, presumibilmente per adattarli alle proprie esigenze, pur mantenendo la sagoma originaria dell'edificio. Interruppe la sua produzione nel 1950, anno in cui vennero chiuse definitivamente le officine.

Gli anni successivi alcuni locali vennero sfruttati come fonderia, e nel 1961 il Demanio dello Stato acquistò l'intera area.

Nel 1962 l'area e gli edifici vennero in parte trasformati per ospitare la caserma "Fante Riccardo Moioli", sede di un battaglione specializzato nella riparazione dei mezzi pesanti. In quegli anni vennero realizzati nuovi fabbricati, tra i quali le abitazioni dei militari, un capannone shed in cemento armato e più tardi, nel 1984, un capannone prefabbricato. La caserma operò fino al 1991.

Il disinteresse per l'area diede inizio, negli anni successivi, a un processo di degrado: nel 2002 parte del lotto venne utilizzato come deposito delle travi in legno delle strutture crollate, e carcasse di auto dei Carabinieri nel 2004. Nel 2008 alcuni edifici ormai inutilizzati e inaccessibili vennero demoliti.



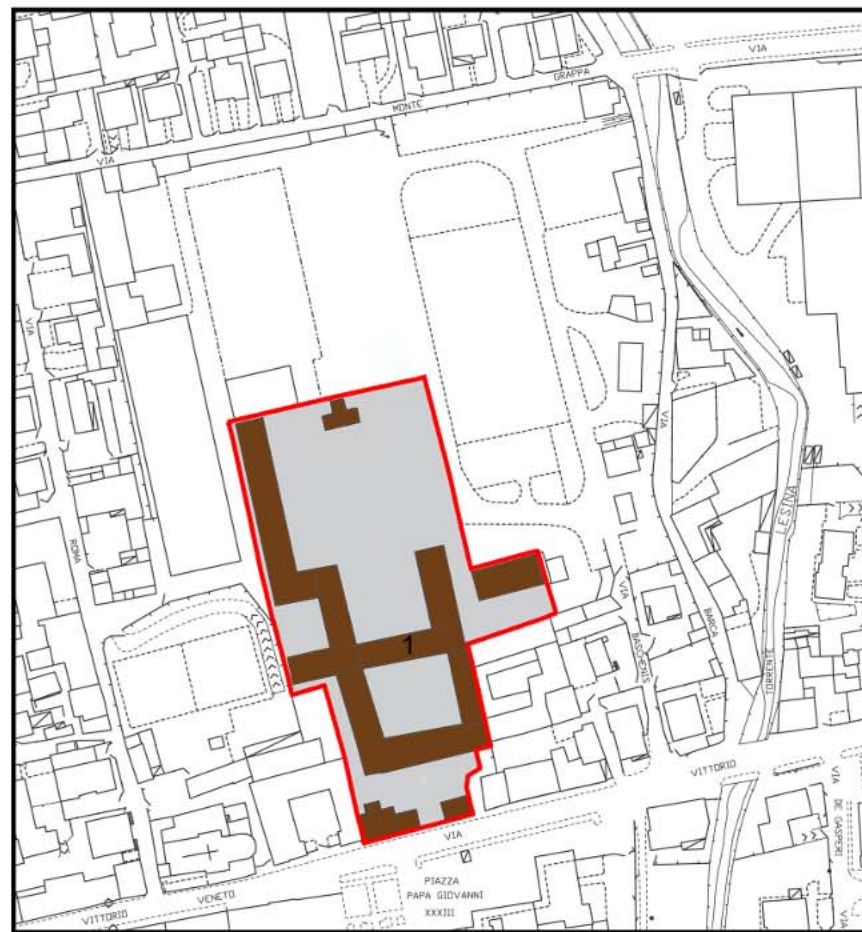
Figura 23 : Zona di deposito



Figura 24 : Zona di deposito

Attualmente il lotto è suddiviso in due aree, di cui quella di proprietà comunale ceduta dal Demanio nel 2007. Gli edifici rimasti sono inutilizzati poiché pericolanti e quindi non accessibili.

FILANDA MORALI - STEINER - FINE '800



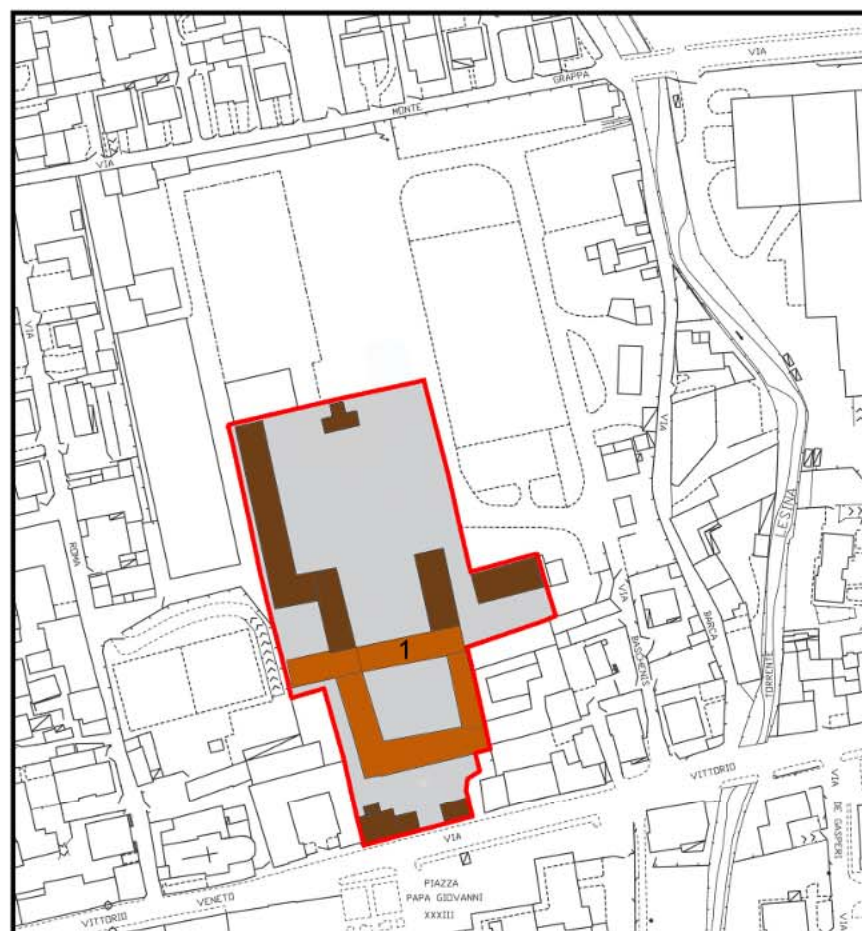
LEGENDA

- edifici realizzati dal 1887
- cortili
- confine del lotto

La filanda Morali - Steiner (1), caratterizzata dall'edificio lungo, parallelo a via Vittorio Veneto, venne realizzata intorno alla fine del 1800, per il trattamento industriale della seta. L'economia del paese infatti si basò sempre sull'agricoltura (frumento e uva) e sulla filatura della seta, poichè l'area era ricca di gelsi, e questo comportò la radicale diffusione di molte filande in tutta la zona.

- 1_catasto storico 1873
- 2_catasto storico 1887
- 3_fotografia storica filanda
- 4_fotografia storica lotto

SOCIETA' AERONAUTICA CAPRONI - 1939



LEGENDA

- edifici realizzati dal 1887
- edifici realizzati dal 1939
- cortili
- confine del lotto

L'edificio precedentemente occupato dalla filanda (1) divenne la sede della società aeronautica "Caproni", che si occupava della produzione di fusoliere per aeroplani. L'industria demolì e ricostruì gli edifici della corte per adattarli alle proprie esigenze, mantenendo la sagoma dell'edificio originario. Cessò la sua produzione nel 1950, anno in cui vennero chiuse definitivamente le officine. Per alcuni anni successivi certi locali vennero utilizzati come fonderia. Nel 1961 il Demanio dello Stato acquistò l'intera area.

- 1_facciata della corte
- 2_facciata della corte
- 3_facciata della corte
- 4_facciata della corte



CASERMA FANTE RICCARDO MOIOLI - 1962



LEGENDA

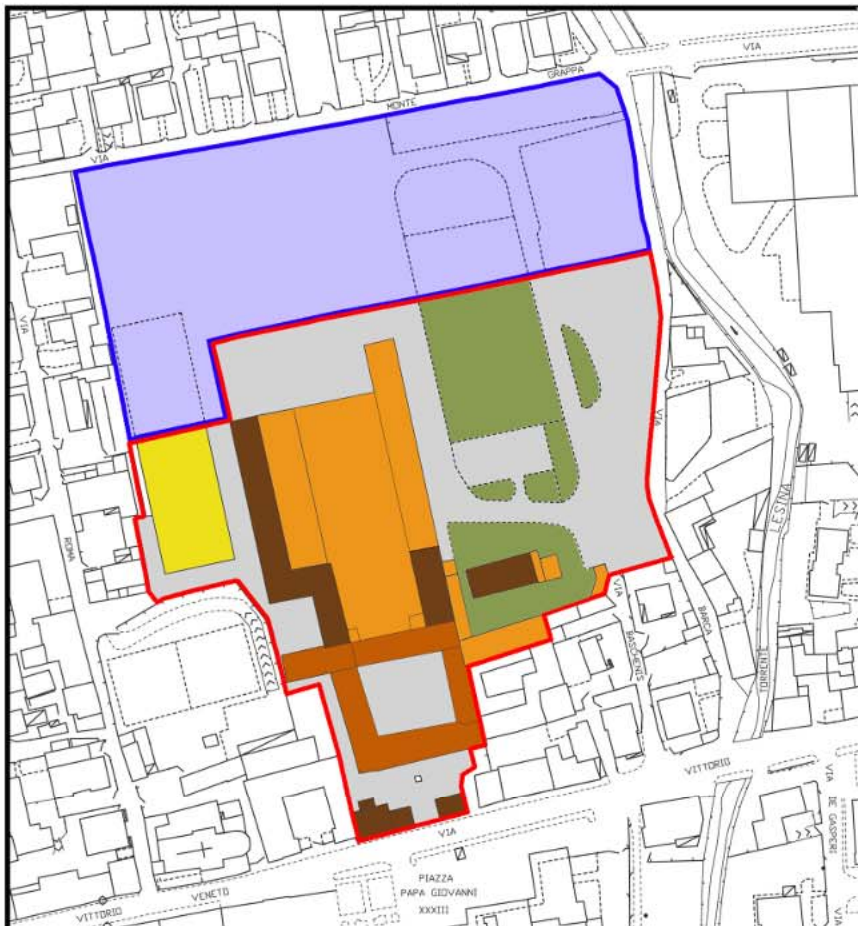
- edifici realizzati dal 1887
- edifici realizzati dal 1939
- edifici realizzati dal 1962
- edifici realizzati dal 1984
- cortili
- spazi verdi
- confine del lotto

La caserma "Fante Riccardo Moioli" era sede di un battaglione specializzato nella riparazione di mezzi pesanti. Operò fino al 1991.
 1984: realizzazione del capannone
 2002: utilizzo di parte dell'area esterna per il deposito di travi in legno delle strutture crollate e di carcasse di auto dei Carabinieri nel 2004 (1)
 2008: demolizioni (2)

- 1_ capannone a shed
- 2_ capannone
- 3_ area deposito travi
- 4_ area deposito carcasse auto



STATO ATTUALE



LEGENDA

- edifici realizzati dal 1887
- edifici realizzati dal 1939
- edifici realizzati dal 1962
- edifici realizzati dal 1984
- cortili
- spazi verdi
- confine comunale del lotto
- confine privato del lotto

Attualmente il lotto è diviso in due aree di cui, quella in alto di proprietà privata, mentre quella in basso di proprietà del comune, ceduta dal Demanio nel 2007.

- 1_ edificio di ingresso
- 2_ lotto con resti di demolizioni
- 3_ separazione aree
- 4_ cantiere dell'area privata



2.2.3. Opportunità e Criticità

Una prima visione critica del progetto viene affrontata attraverso l'analisi delle **opportunità** e delle **criticità**, studio che permette di mettere in evidenza gli aspetti positivi e negativi dell'area di progetto; lo scopo è di giungere ad una visione completa e critica dello spazio di intervento.

Tale studio rappresenta una rivisitazione dell'analisi **F.D.O.M.** (**Forze Debolezze Opportunità Minacce**), comunemente utilizzata, e in questo caso semplicemente sintetizzata a causa delle limitate problematiche che il contesto di riferimento (trattandosi di un paese) può presentare.

Lo studio viene affrontato secondo una logica precisa, partendo con la definizione del limite territoriale entro cui effettuare l'analisi : non è opportuno infatti limitare lo studio al solo lotto di progetto, ma è necessario comprendere anche l'interazione di tale lotto con il contesto circostante; è possibile in questo modo rintracciare quali aspetti, a più ampio raggio, possono risultare vantaggiosi o limitanti per la progettazione.

Per il progetto in esame viene scelta una porzione di paese che si estende fino alla zona cimiteriale comunale, a nord, e a sud invece fino al complesso scolastico comunale : tale definizione non è arbitraria ma viene scelta in modo da includere tutti gli edifici che rappresentano i servizi principali del paese, e che si concludono in quest'area; questa è anche una prima definizione progettuale, perché vengono così individuate quelle attività che sono già sufficientemente presenti nel paese e che non è perciò necessario prevedere nel progetto.

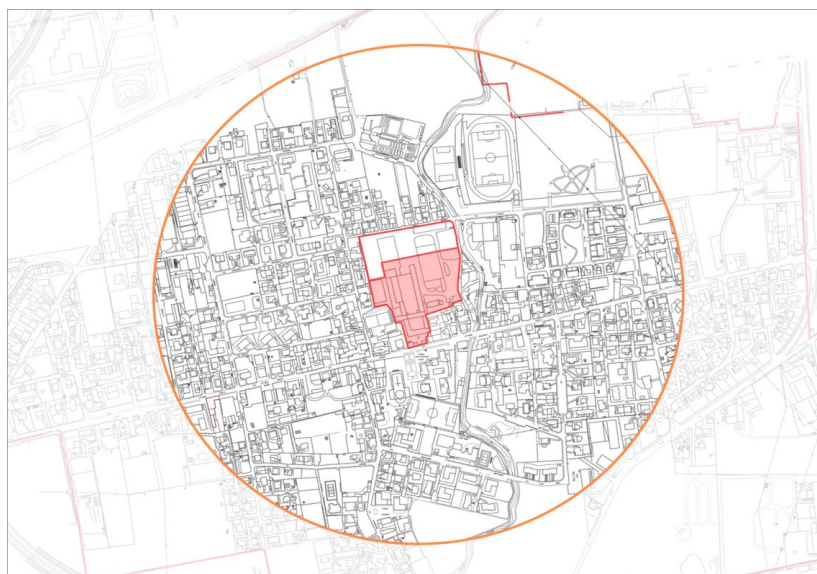


Figura 25 : Limitazione territoriale dell'area di studio

L'analisi affrontata permette di individuare, sia per gli aspetti positivi che per le criticità, alcune “**categorie**” di riferimento, ognuna riferibile ad un particolare aspetto.

Si studiano innanzitutto le **opportunità** : il lotto di progetto risulta collocato in una **posizione centrale** rispetto al paese, accessibile da tutte le posizioni, perché circondato completamente dal tessuto viario comunale; in particolare a sud, esattamente a ridosso dell'ingresso principale del lotto, si snoda la strada principale del paese (Via Vittorio Veneto, strada provinciale), mentre sugli altri tre lati l'area è circondata da tracciati viari “principali” o

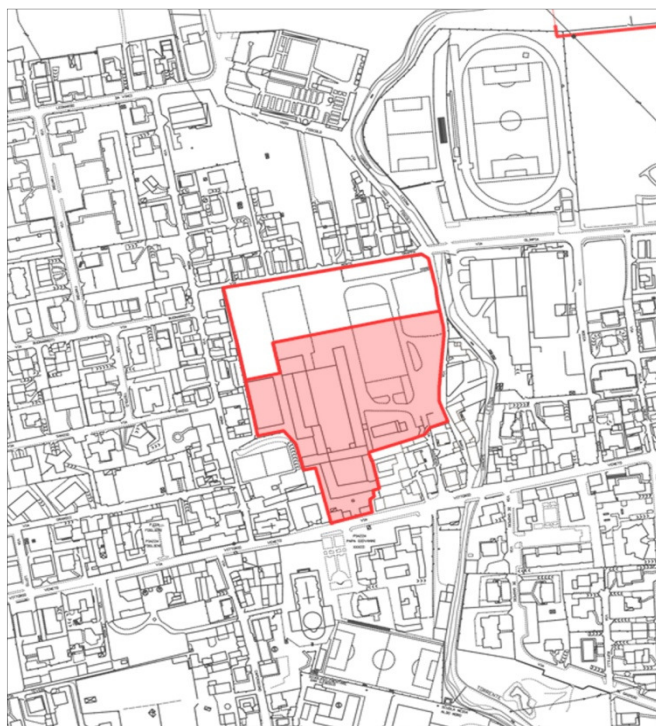


Figura 26 : Inquadramento ravvicinato del lotto

“secondari”, classificazione che dipende dalle dimensioni di tali strade. Sono presenti anche altri due accessi, di cui il primo, ancora utilizzato, si trova lungo una delle strade “secondarie” (Via Roma), a ovest dell'area, mentre il secondo, non più fruibile, è situato nella parte terminale di una ristretta via chiusa (Via Baschenis), a cui si giunge proprio dalla strada provinciale.

Oltre all'**ottima accessibilità**, un importante vantaggio per il lotto è rappresentato anche dal **sistema della mobilità**, dato che, proprio nei pressi dell'ingresso principale, è collocata una fermata per la linea autobus comunale, attualmente in uso, e perché, sul lato opposto della strada, è presente un parcheggio, seppure di dimensioni limitate, utilizzato dagli utenti dei servizi limitrofi, cioè principalmente i negozi e la chiesa).

L'ultima opportunità rilevata è piuttosto particolare, perché si tratta dell'identificazione di tutti gli **spazi verdi**, a funzione pubblica, situati nei pressi del lotto; vengono identificati in particolare quelli più estesi, cioè i campi del centro sportivo comunale (a nord) e quelli del complesso scolastico (a sud); in realtà queste spazi rientrano nella categoria dei servizi pubblici, ma vengono classificati come verde pubblico proprio

per evidenziare la possibilità di realizzazione, nel progetto, di uno spazio verde che vada a connettersi con quelli esistenti, e che sia un luogo completamente “libero”, sempre fruibile, a completamento dei pochi giardini e parchi pubblici del paese.

Le **criticità** si identificano in parte con i vantaggi precedentemente riscontrati, in quanto ogni aspetto positivo è spesso accompagnato da una problematica da fronteggiare.

La **posizione** del lotto risulta svantaggiosa se analizzata nell’ottica dell’intero paese : la strada provinciale infatti separa praticamente Presezzo in due zone ed esclude possibilità di collegamento tra il lotto e le aree al di là della strada. Anche il resto del sistema dell’**accessibilità** risulta problematico, data la ristrettezza delle strade e la particolarità di alcuni sensi di marcia. Un nuovo aspetto critico è invece rappresentato dallo studio dei vincoli che si riscontrano in presenza del lotto, valutati da un lato come vincoli naturali, dall’altro come vincoli sull’edificato : da un lato il **Torrente Lesina** scorre proprio a ridosso del lotto, ad est, e delimita una fascia di rispetto che deve essere necessariamente esclusa dall’edificazione progettuale; dall’altro lato bisogna tenere in considerazione gli **edifici circostanti**, sia da un punto di vista architettonico che da un punto di vista funzionale : infatti le dimensioni, le altezze, le posizioni (a ridosso dell’area) possono rappresentare dei vincoli al progetto; dall’altro i servizi in essi collocate limitano lo studio delle destinazioni d’uso da inserire nel progetto, proprio perché già presenti nell’intorno.

Gli studi appena descritti vengono riassunti nelle rispettive **tavola delle opportunità** e **tavola delle criticità**, di seguito riportate.

Opportunità



Posizione :

L'area è situata al centro del paese.



Accessibilità :

Strada provinciale : accesso principale attualmente non utilizzato.



Tracciato viario principale : connessione con il resto del paese.



Tracciato viario secondario : due accessi al lotto, attualmente fruibile solo quello ad ovest.



Mobilità :

Parcheggio attualmente esistente nella zona antistante il lotto, oltre la strada; usato per servizi terziari (negozi).



E' presente una fermata della linea di autobus pubblico locale vicino all'ingresso.



Contesto naturale :

Nelle vicinanze solo giardini privati di limitate dimensioni e campi sportivi, (quello comunale a nord, quello scolastico a sud). Necessità di aree verdi nel lotto, in contatto con il verde pubblico esistente.



NOTE

Viene analizzata una regione di paese compresa in una circonferenza appositamente scelta, tale da estendersi fino ai complessi di servizio più lontani, scuola a nord e centro sportivo a sud.

Criticità



Accessibilità :

Strada provinciale : elemento di separazione dalla parte sud del paese.

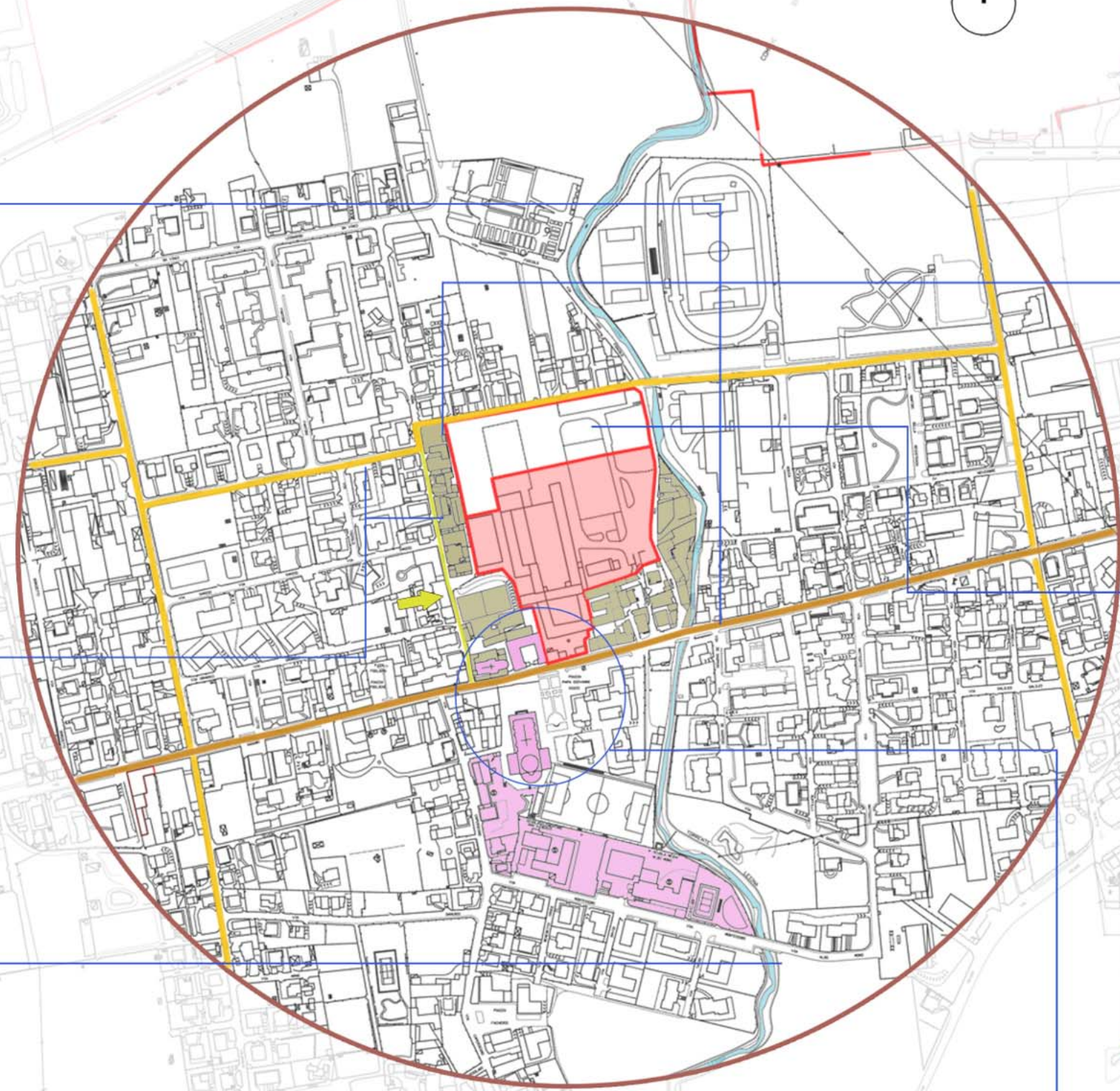


Tracciati viari principale e secondario : ristrettezza dei percorsi; necessità di studio del nuovo assetto viario attorno al lotto.



Contesto naturale :

Torrente Lesina (a est del lotto) : elemento sottoposto a vincolo di tutela paesaggistica.



Contesto edificato : RESIDENZE

Edifici residenziali circondano l'area : vincoli di dimensioni e altezze.



Nuova area edificabile a contatto con il lotto : vincoli dimensionali e spaziali tra i due lotti.



Contesto edificato : SERVIZI

Edifici di carattere pubblico a contatto con il lotto e oltre la strada : studio delle funzioni già esistenti e degli eventuali vincoli sugli edifici.



NOTE

Viene analizzata una regione di paese compresa in una circonferenza appositamente scelta, tale da estendersi fino ai complessi di servizio più lontani, scuola a nord e centro sportivo a sud.

3

**ANALISI
PRE - PROGETTUALI**

3.1. ANALISI DELL'ESISTENTE

Terminato lo studio generale sul lotto di progetto, si passa ad uno studio più ravvicinato, dettagliato : il punto critico è rappresentato dalla presenza di edifici, evidentemente in stato di degrado, che devono essere sottoposti ad una accurata diagnosi prima di determinarne la funzione progettuale.

Un primo problema è determinato dall'evidente complessità architettonica del costruito: come evidenziato dalle precedenti analisi storiche infatti, gli edifici risalgono a epoche diverse e presentano di conseguenza caratteri tipologici differenti; tale problematica è accentuata dal fatto che ogni costruzione veniva progettata per assolvere ad una particolare funzione, ma indipendentemente dalle destinazioni d'uso precedenti, con conseguenti adattamenti degli spazi. L'intero complesso risulta quindi molto articolato.

Questo primo studio deve perciò mirare ai punti critici da sviluppare.

L'analisi viene condotta attraverso lo strumento dei *rilievi*, osservazioni, misurazioni, elaborazioni sugli edifici esistenti, programmate per ottenere il maggior numero di informazioni possibili. A seconda delle necessità si distinguono diversi tipi di rilievi; per il caso in esame verranno sviluppati soltanto quelli più utili :

- ***Rilievo fotografico***
- ***Rilievo metrico***
- ***Rilievo metrico - materico***
- ***Rilievo del degrado***

I diversi tipi di rilievi forniscono informazioni diverse e di volta in volta più dettagliate.

I primi tre aspetti risultano comuni a qualsiasi tipo di analisi su un edificio esistente ma più particolare risulta l'ultimo tipo di degrado, il più utile per la comprensione dello stato di conservazione dell'oggetto, che è il punto focale di uno studio sulla rivisitazione di uno spazio esistente.

3.1.1. Rilievo fotografico

Il primo passo per una corretta comprensione degli edifici inizia necessariamente dal **rilievo fotografico**, realizzato *in situ* ed elaborato poi in fase di studio: in considerazione del problematico rapporto tra i vari edifici, si sceglie innanzitutto di seguire una logica particolare, una sorta di “scomposizione” del complesso, che permetta di distinguere ogni singola costruzione, così da identificarne, singolarmente, gli aspetti critici; è possibile poi procedere con una analisi globale.

Una netta distinzione non rappresenta però la situazione reale, proprio perché le costruzioni sono tra loro strettamente legate, e l’analisi è realizzata ad un livello di dettaglio non ancora approfondito (**scala 1:1000**): si sceglie perciò di condurre il rilievo secondo i **fronti** architettonici del complesso, cioè le 4 direzioni geografiche principali e le 4 intermedie; viene così garantita la continuità architettonica. Identificata la logica geografica per la definizione del rilievo, lo studio segue il metodo dei **coni ottici**, identificatori dei punti di sviluppo della fotografia, in relazione all’angolo di scatto.

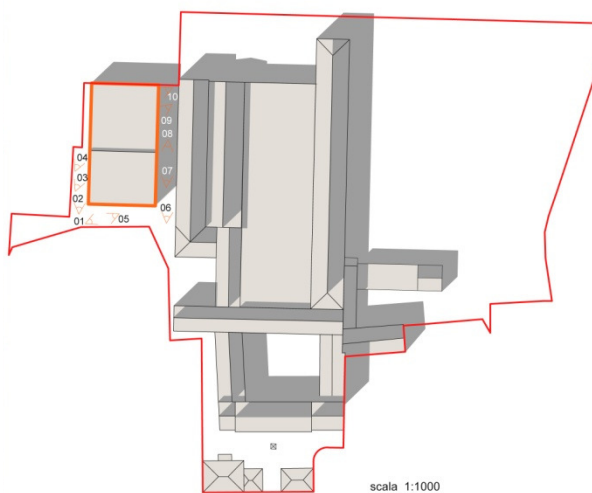


Figura 27 : Esempio di rilievo fotografico su un edificio

Si osserva che il rilievo comprende anche l’edificio “capannone”, situato sul lato sinistro del lotto, isolato, e non facente parte dei fronti di rilievo.

Le **tavole di rilievo fotografico**, realizzate secondo le modalità appena descritte, vengono riportate di seguito nella loro completezza.



01



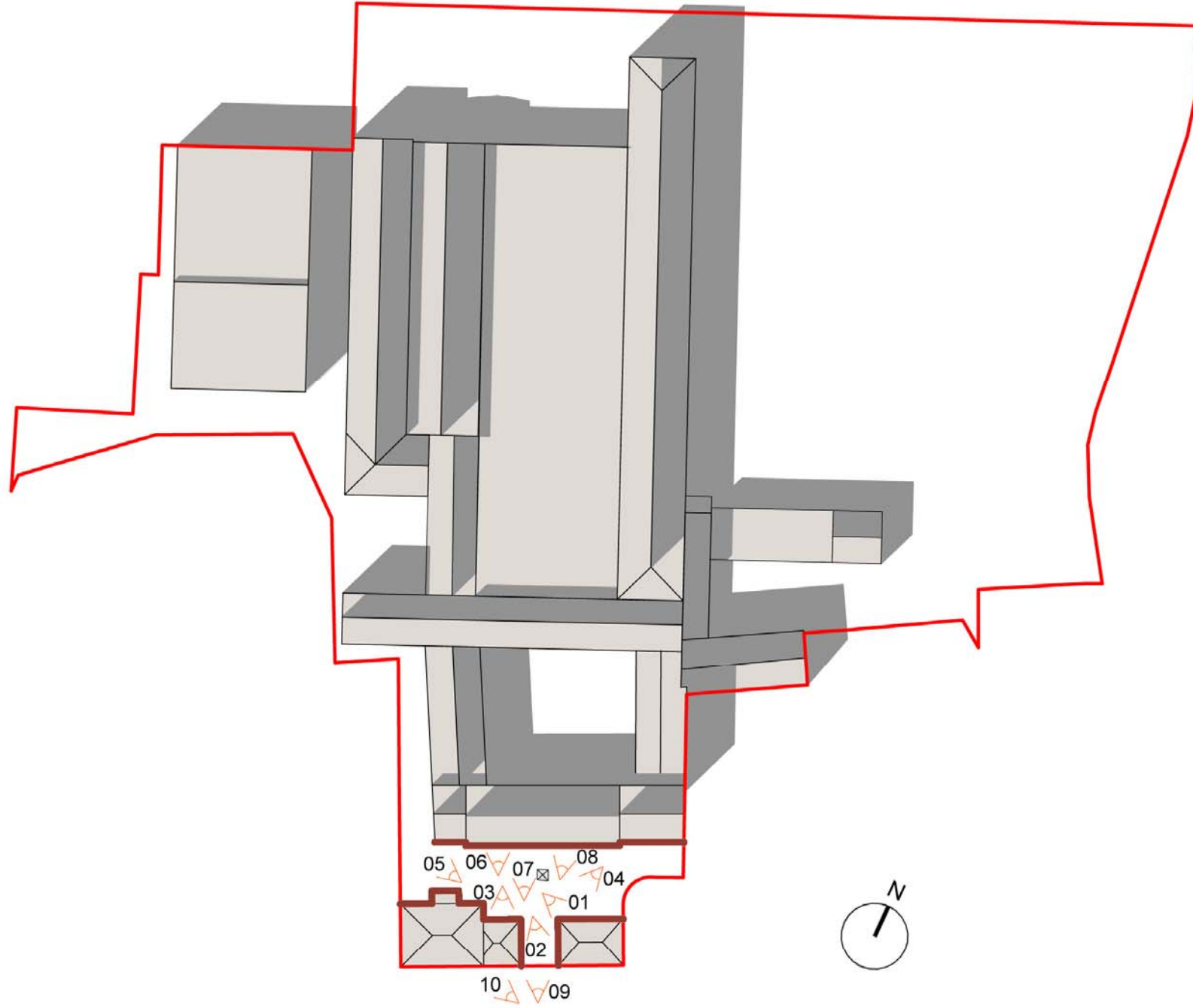
02



03



04



05



06



07



08



09



10



11



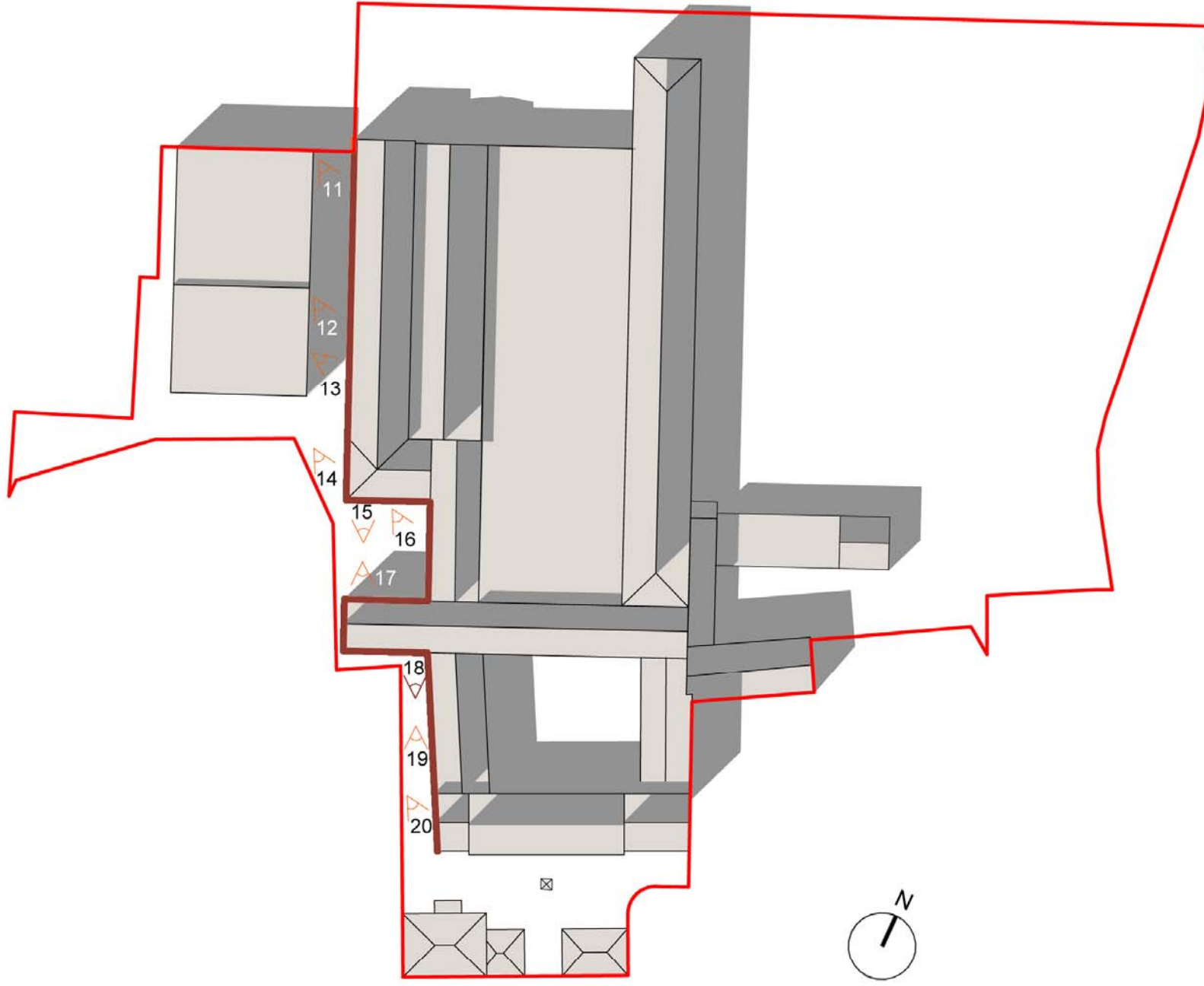
12



13



14



20



19



18



15



16



17



21



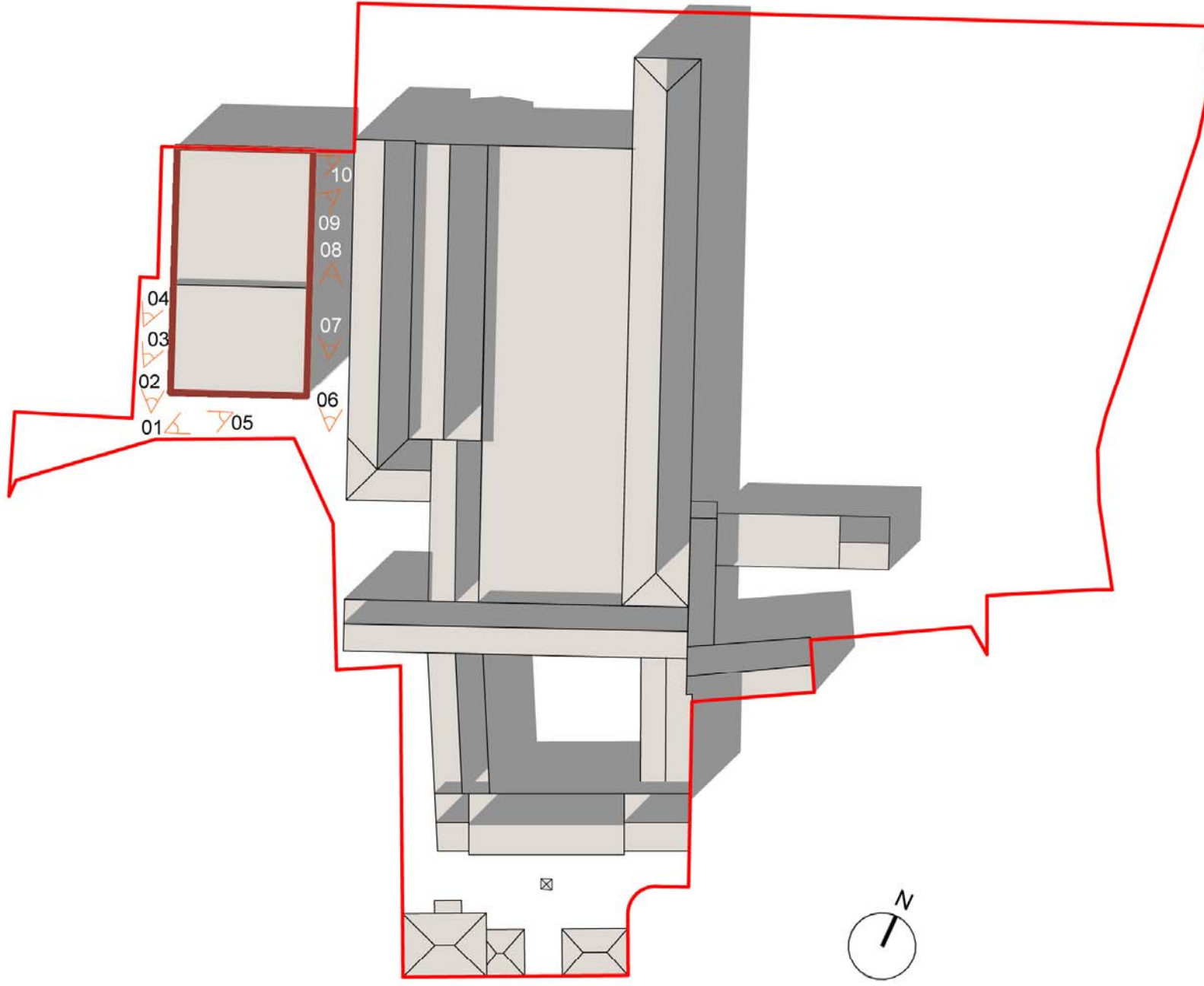
22



23



24



25



26



27



28



29



30



31



32



33



34



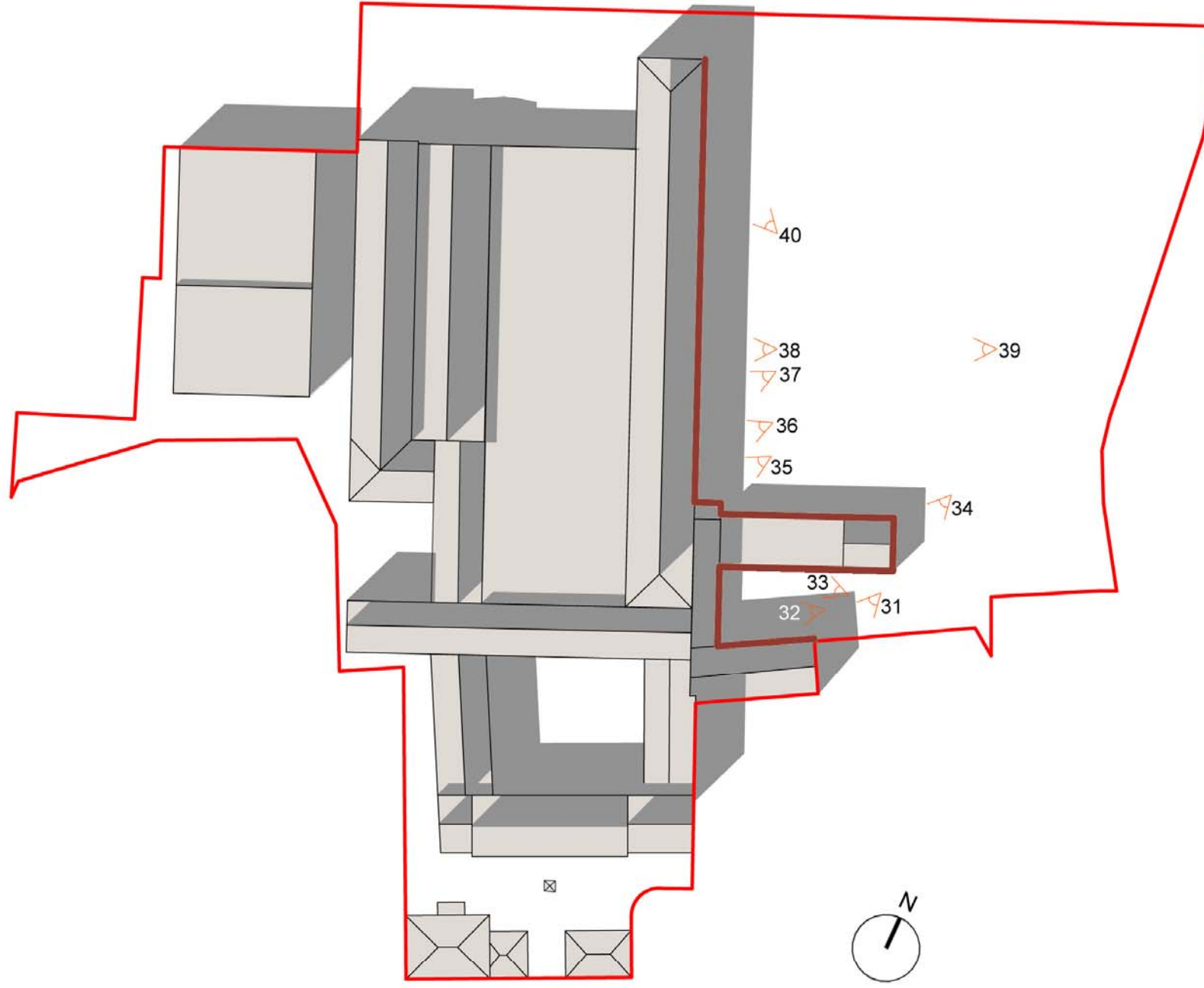
35



36



37



40



39



38



41



42



43



44



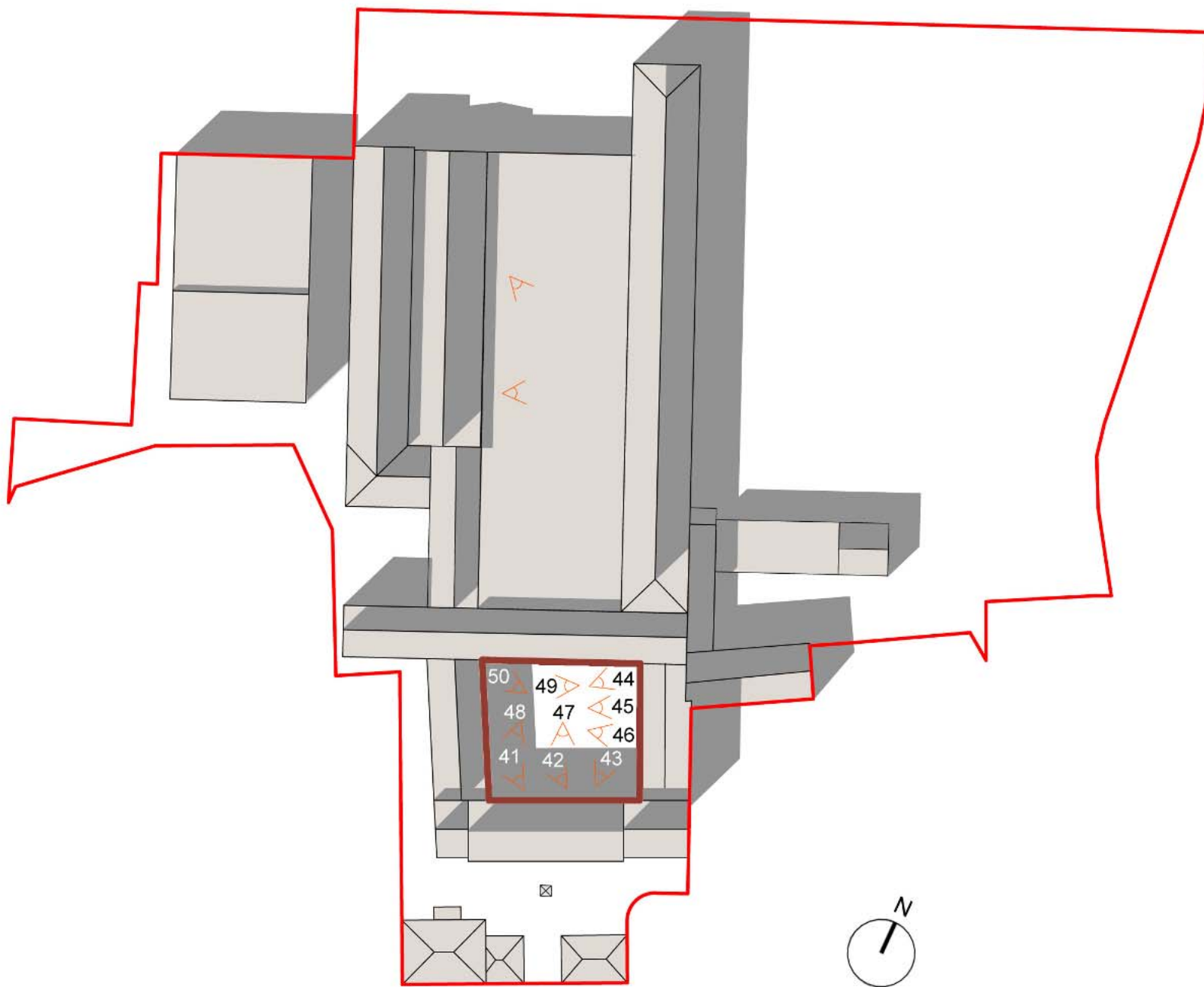
45



46



47



50



49



48



51



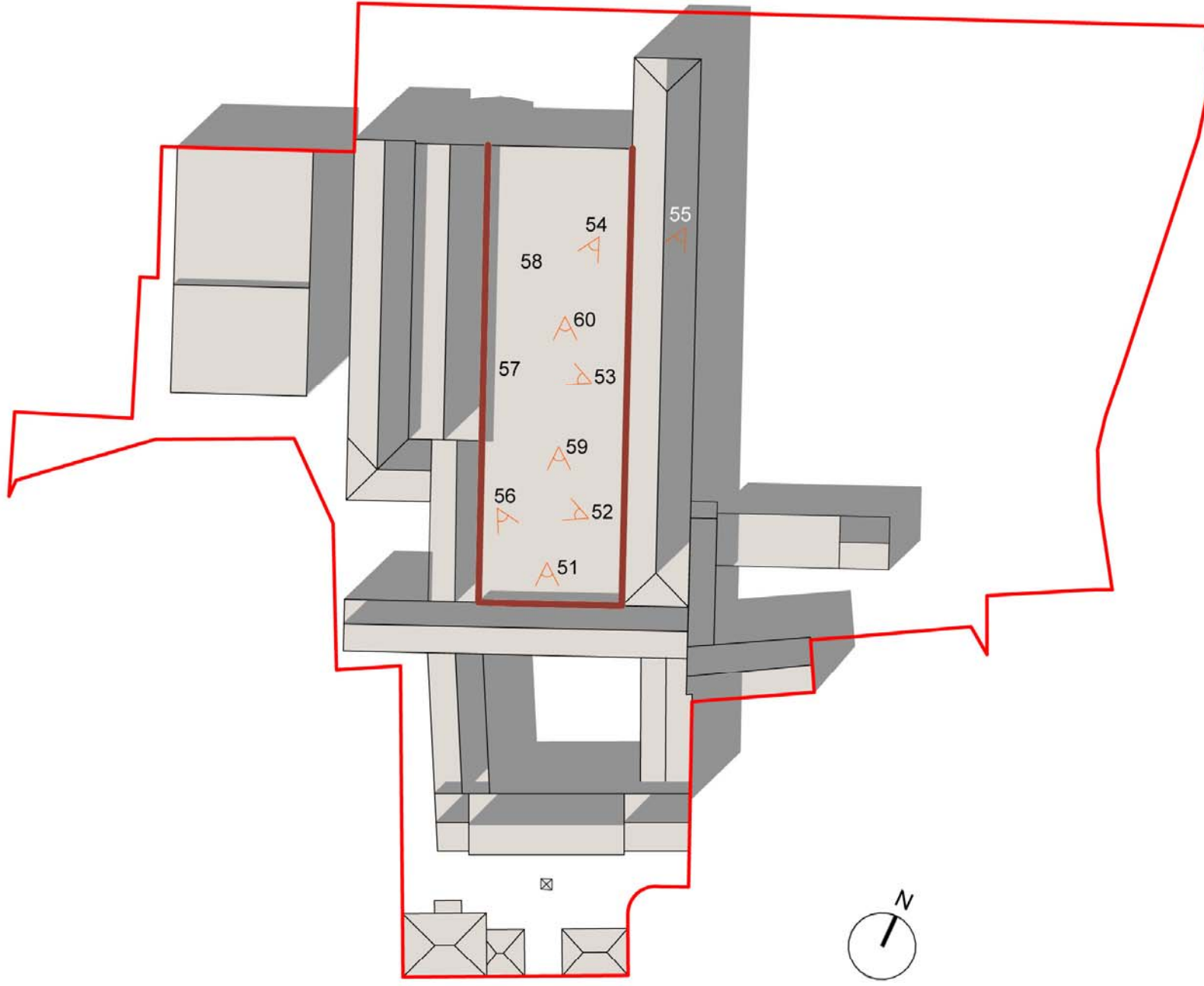
52



53



54



60



59



58



55



56



57



61



71



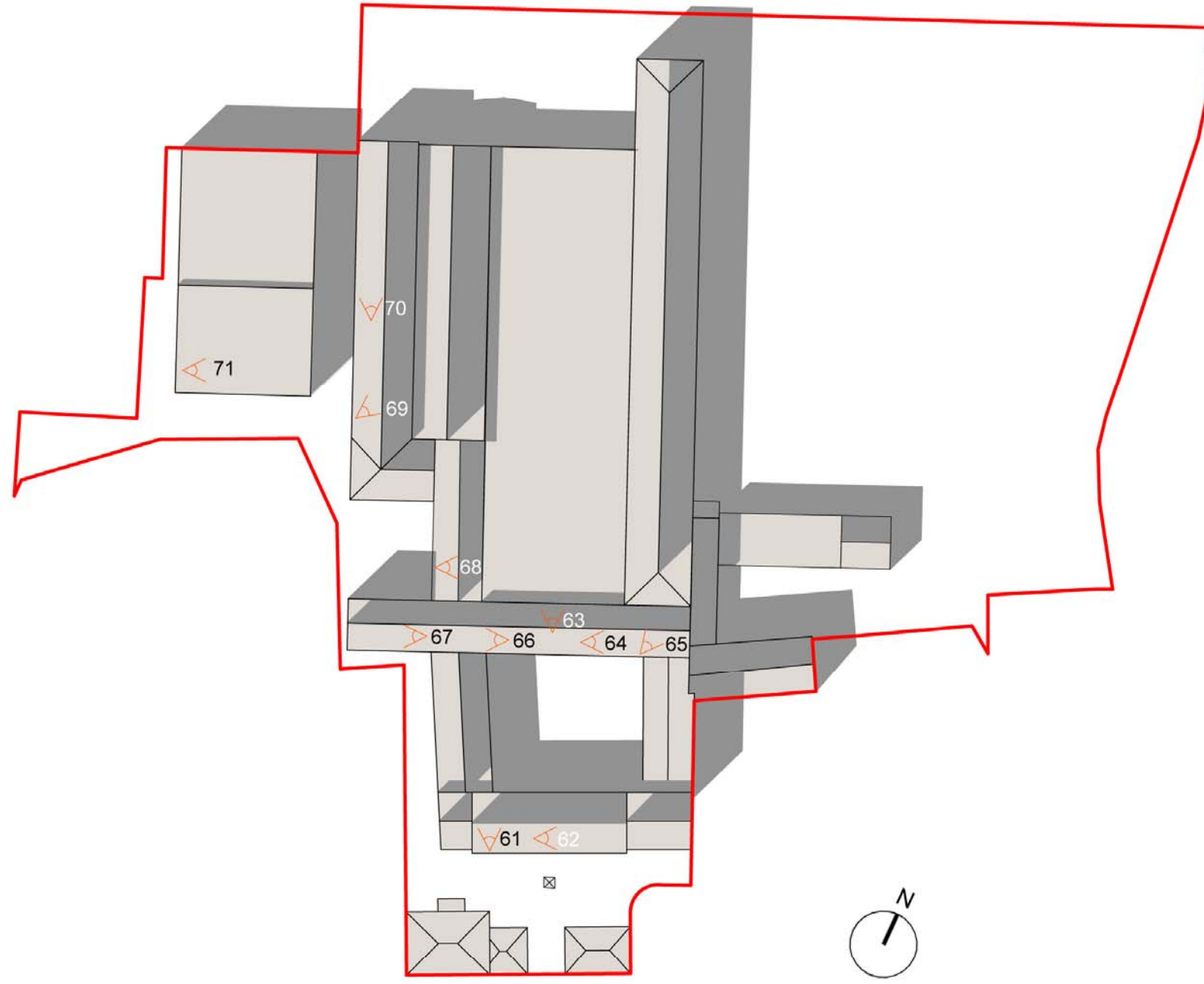
62



70



63



69



64



65



66



67



68

3.1.2. Rilievo metrico

L'analisi sugli edifici ha il suo punto cruciale nel **rilievo metrico**, cioè nello studio della geometria e delle dimensioni del costruito. In questo caso particolare si rimanda alla complessità delle connessioni tra i vari edifici e alla conseguente difficoltà di analisi.

Il rilievo metrico si distingue generalmente in tre componenti canoniche, cioè il **rilievo delle sezioni orizzontali**, il **rilievo dei prospetti**, il **rilievo delle sezioni verticali**, proprio perché soltanto attraverso l'analisi correlata di tutti e tre questi aspetti è possibile avere una visione completa dell'oggetto di studio.

Il rilievo metrico viene generalmente realizzato attraverso i dati geometrici, raccolti *in situ*, a seguito di un'opportuna misurazione; in questo caso è possibile però basarsi su una documentazione preesistente, fornita dal *Comune di Presezzo*, che riporta un primo rilievo geometrico del lotto. Risulta però subito evidente come i documenti forniti non siano esaurienti, e in alcuni punti non coerenti con la situazione reale, e si sceglie perciò di seguire un "metodo incrociato", cioè proporre un rilievo che tenga conto dei dati forniti ma che li corregga in base proprio ad una misurazione realizzata sul posto, con l'ausilio di opportuni strumenti di rilievo (e di conseguenza più precisa).

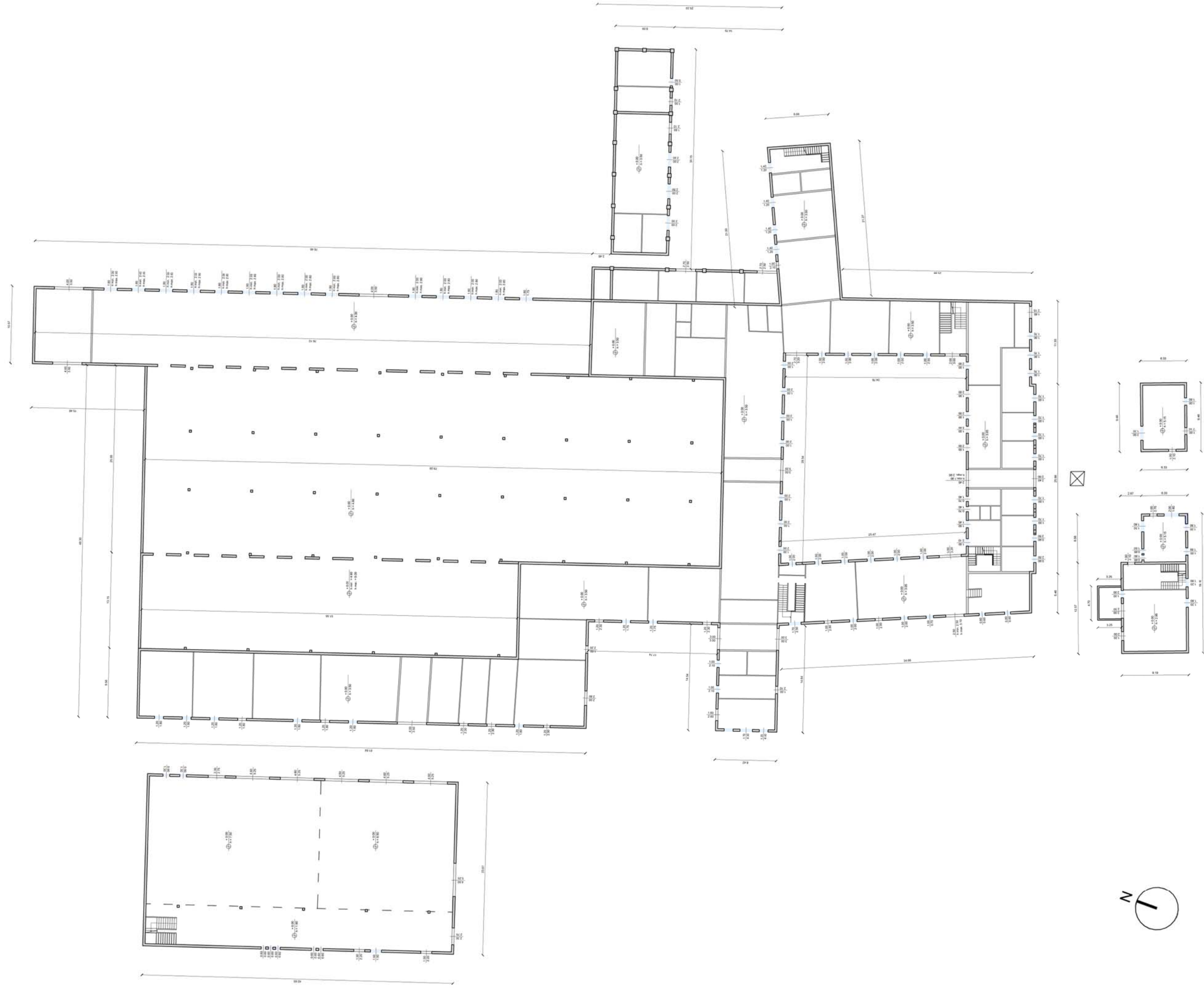
Il **rilievo delle sezioni orizzontali** mette subito in evidenza un'ulteriore problematicità, dato che, già a livello della documentazione comunale, non è possibile avere informazioni sull'interno degli edifici, ma soltanto sull'esterno. Tale criticità viene confermata dal rilievo *in situ*, dove si riscontra che effettivamente gli edifici risultano, per la maggior parte, inaccessibili, e gli unici spazi visitabili sono comunque posizionati al piano terra; non è possibile quindi conoscere la disposizione interna dei locali dei piani sovrastanti. Si osserva però che nei documenti a disposizione viene riportata la posizione delle strutture di elevazione (che sono semplicemente scale), e si sceglie di verificare questo aspetto anche direttamente, sul posto; tale informazione risulta infatti prioritaria perché le scale costituiscono una componente strutturale dell'edificio e la loro posizione influisce quindi necessariamente sul progetto. Ovviamente anche in questo caso è possibile verificare soltanto le elevazioni poste in aree accessibili, mentre per le altre si assume corretta la posizione documentata.

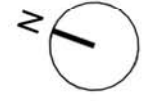
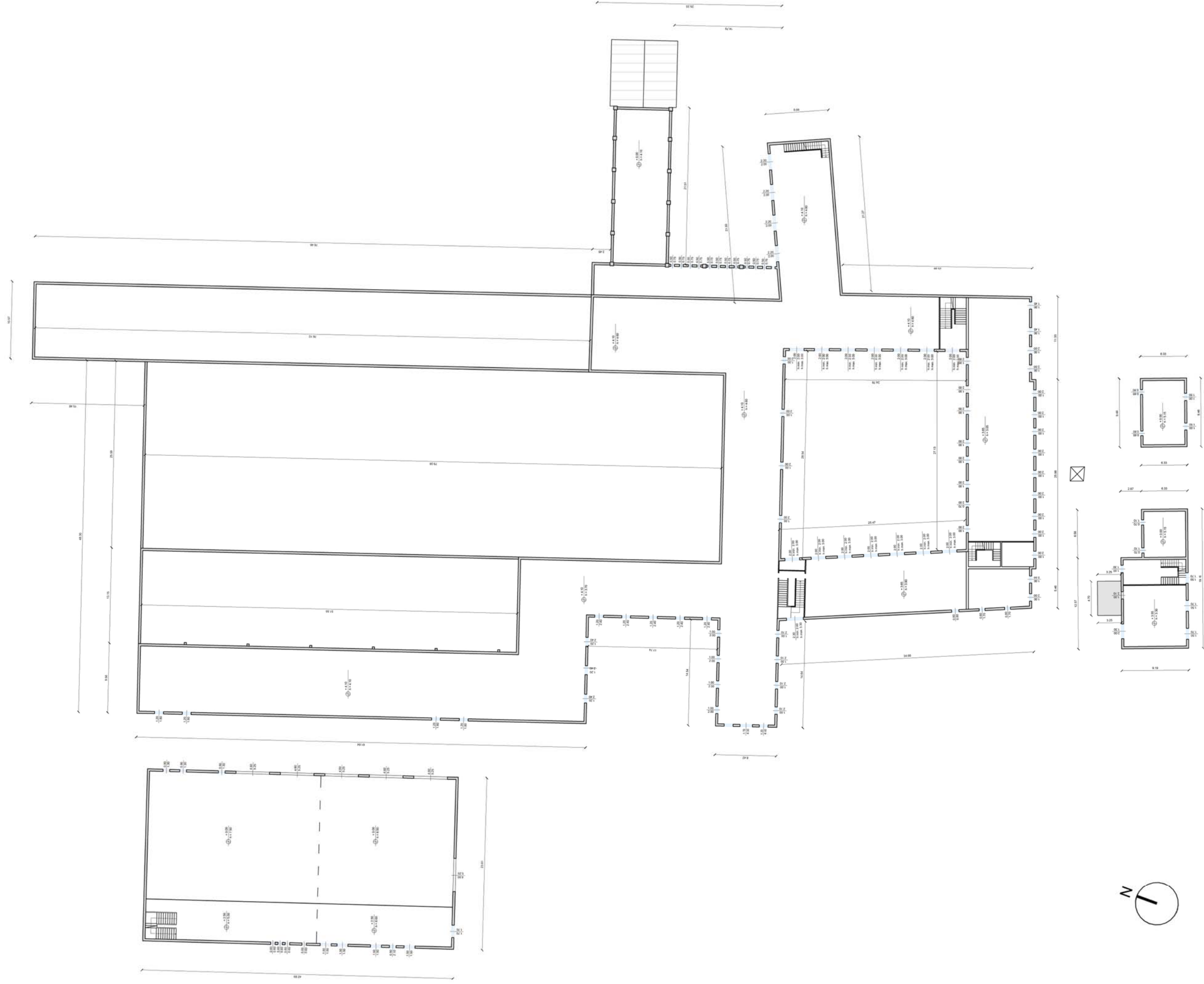
Il rilievo fornisce indicazioni sulle dimensioni interne ed esterne dei vari locali, per tutti gli edifici, e indica la posizione e le dimensioni dei serramenti, interni ed esterni; la posizione delle strutture di elevazione viene messa in relazione all'indicazione delle

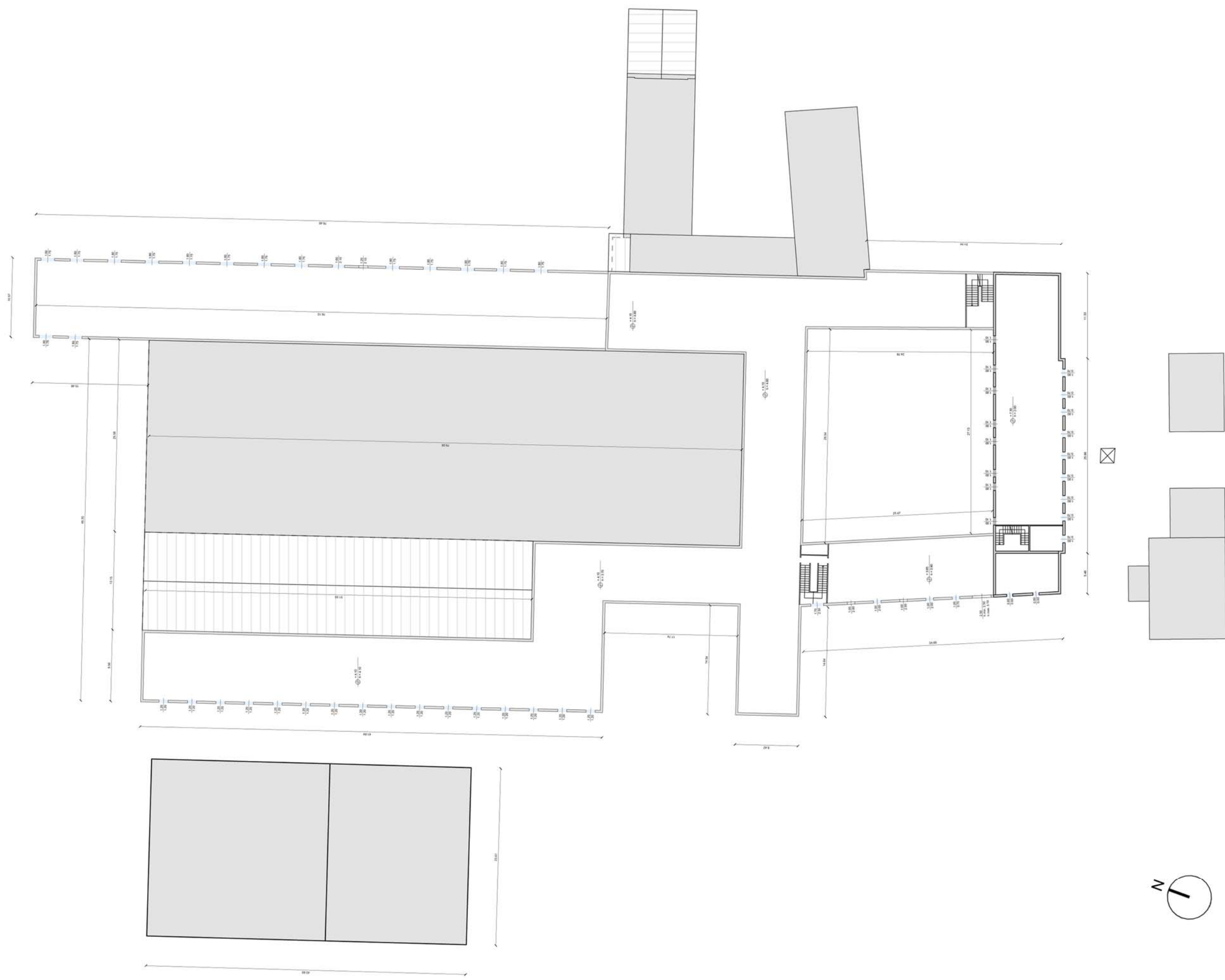
quote altimetriche, così da distinguere i vari livelli e gli eventuali dislivelli. L'impossibilità di separare i vari edifici in un modo che risulti coerente con la situazione reale, fa sì che anche in questo caso (come per il rilievo fotografico) lo studio venga proposto sull'intero complesso di edifici, e necessariamente ad una scala ridotta (**scala 1:500**). A causa dell'inaccessibilità, l'interno risulta completamente svuotato.

Le tavole di **rilievo metrico** sono di seguito riportate.

All'interno del rilievo metrico è generalmente compreso anche il **rilievo delle sezioni verticali**, che viene utilizzato per una visione globale dei vari livelli che compongono gli edifici: le indicazioni sono le stesse riportate, come quote altimetriche, nel rilievo delle sezioni orizzontali. Generalmente questa analisi viene sfruttata anche per la comprensione della tecnologia interna degli edifici, ma in questo caso, data l'inaccessibilità del luogo (come già accennato), tali informazioni non sono disponibili e **questo rilievo non viene effettuato**.



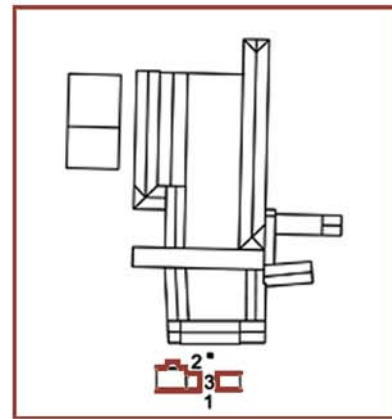
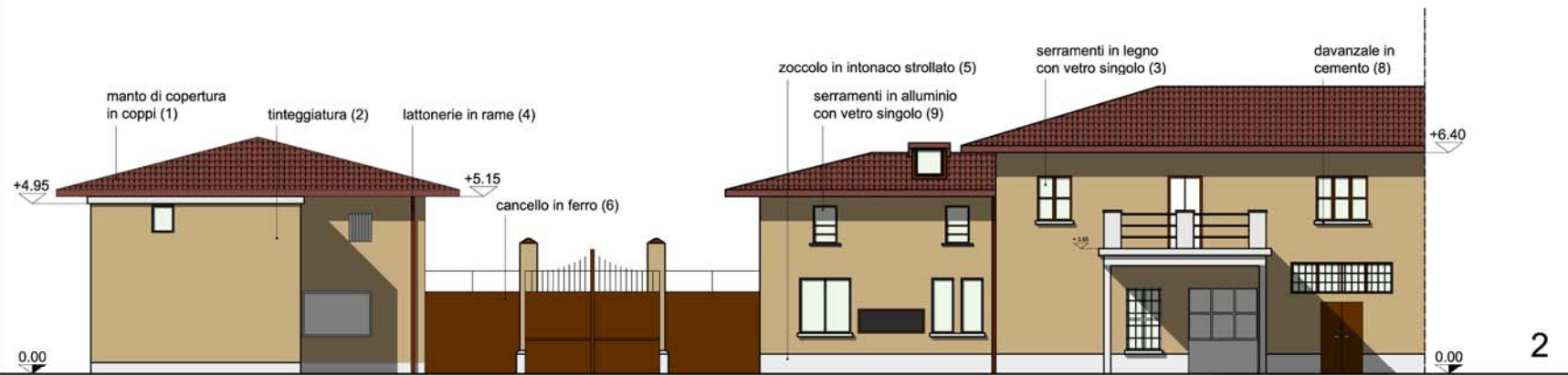


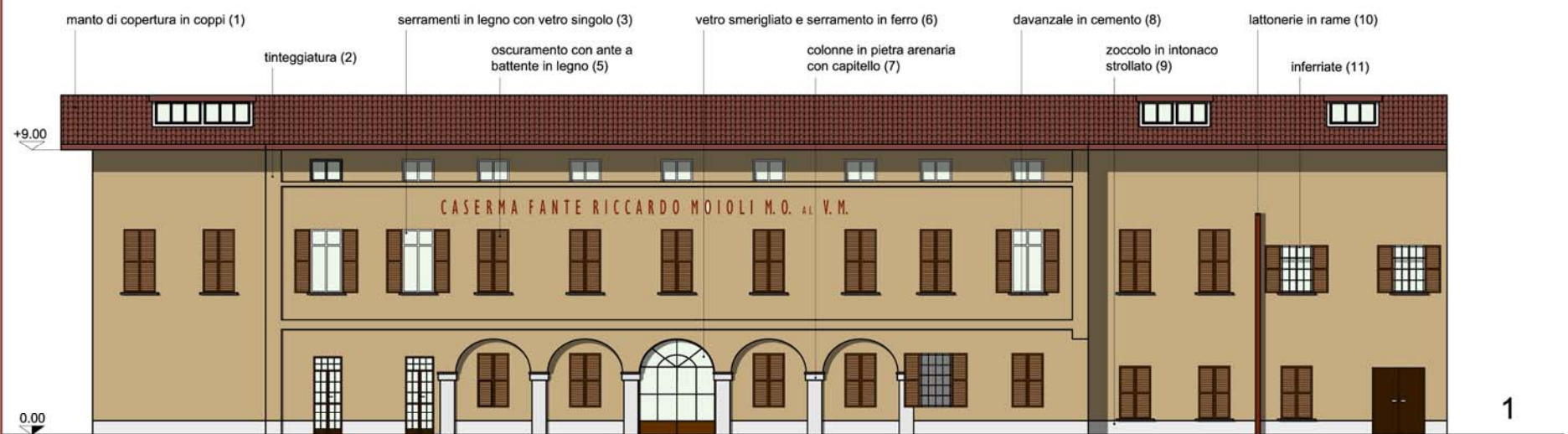


3.1.3. Rilievo metrico - materico

Il ***rilievo dei prospetti*** viene realizzato con la stessa metodologia sopra esposta per le sezioni orizzontali, distinguendo però ogni singolo edificio, perché si sceglie di trattare uno studio a livello piuttosto dettagliato (***scala 1:200***); si sceglie infatti di riportare nei prospetti non soltanto le informazioni a livello dimensionale (le quote altimetriche) ma anche le indicazioni relative ai materiali che compongono le facciate, andando a definire un rilievo che non è più soltanto metrico ma ***metrico-materico***.

Le tavole di ***rilievo metrico-materico*** sono di seguito riportate.





1



2

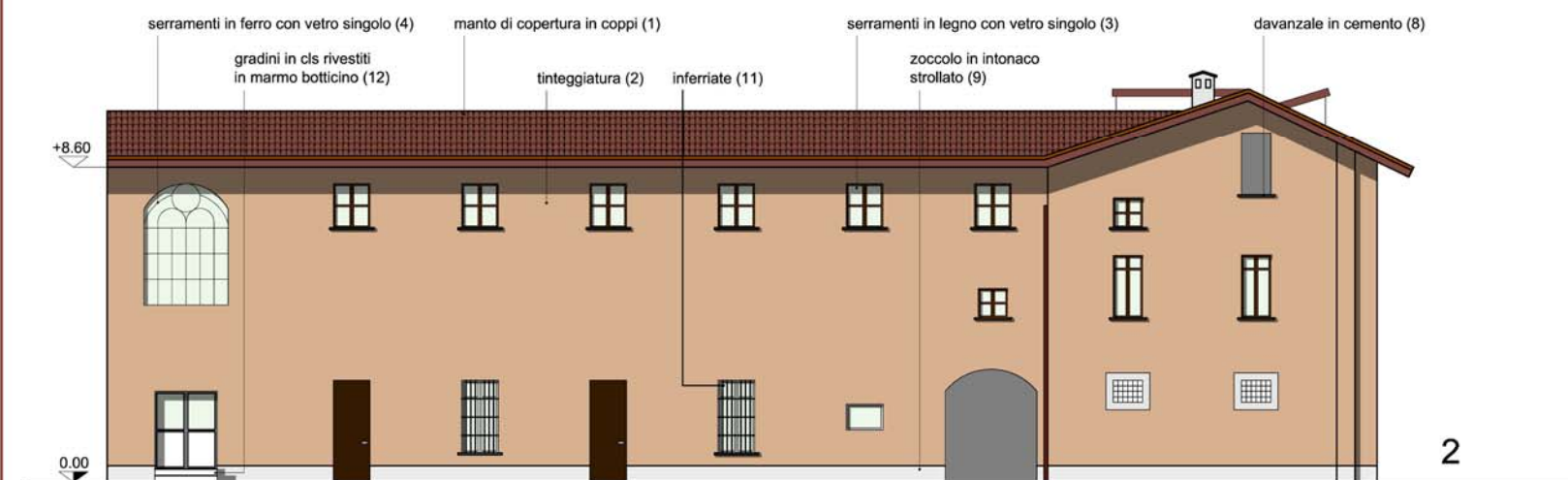


3

4



5



6



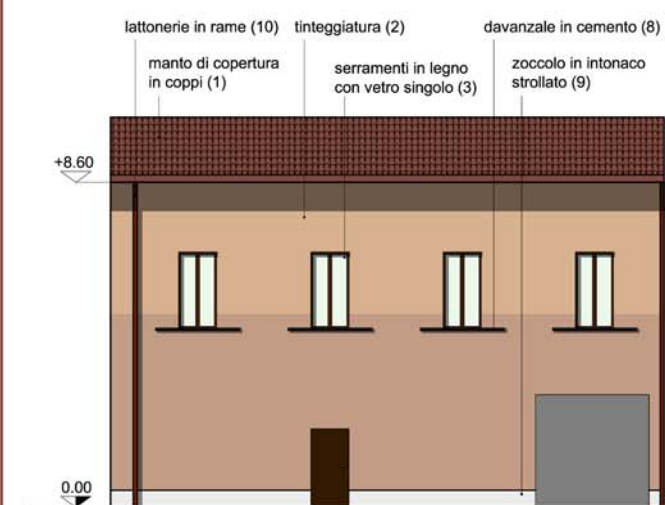
7



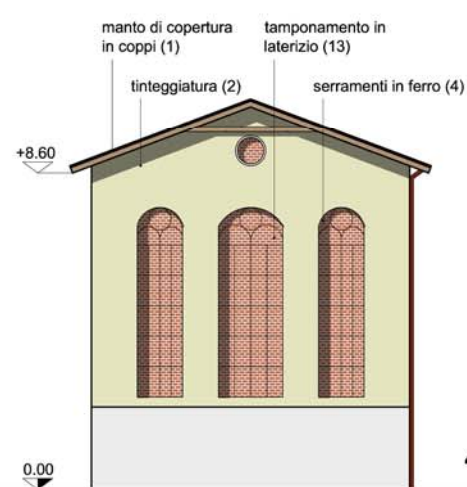
8



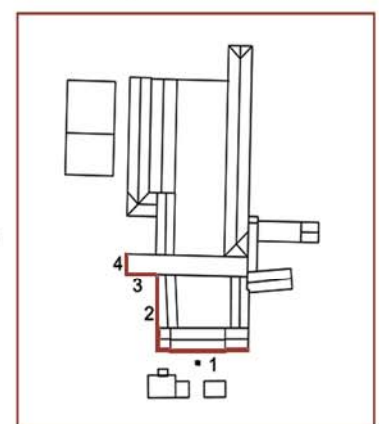
9



3



4



navigatore



10



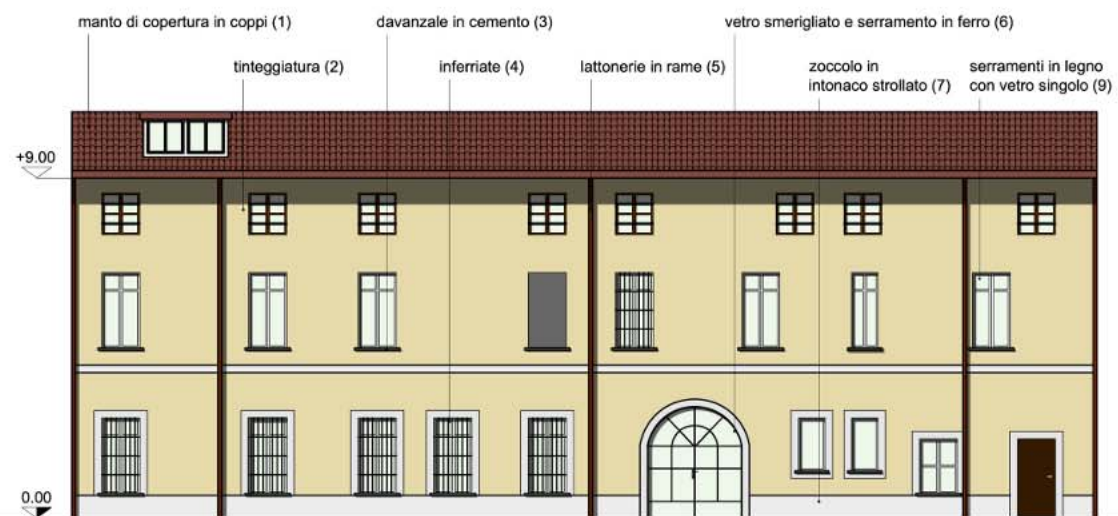
11



12

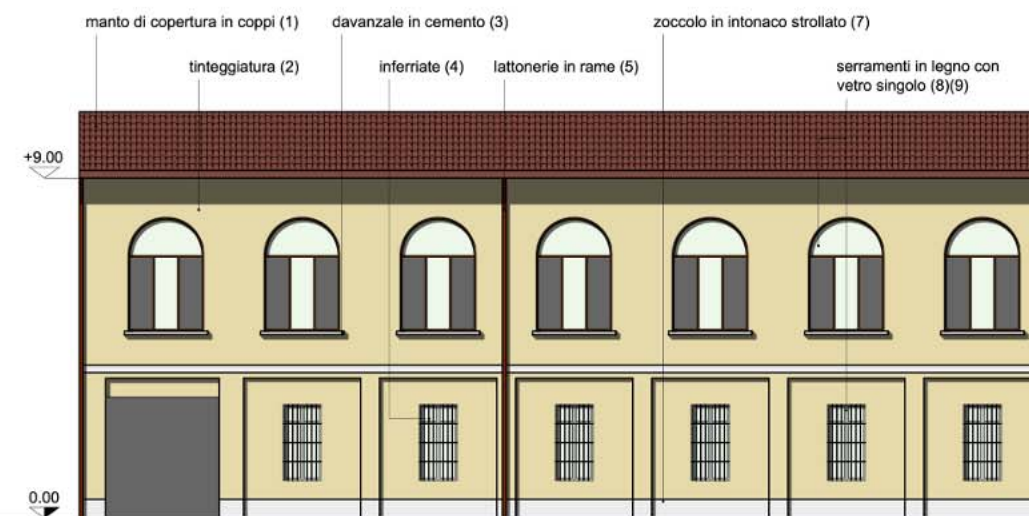


13



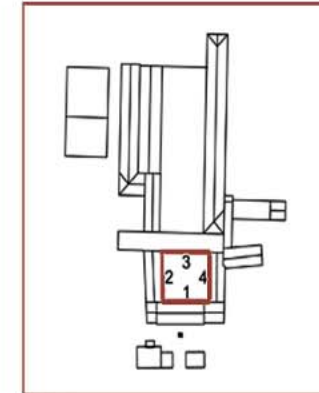
PROSPETTO SUD

1

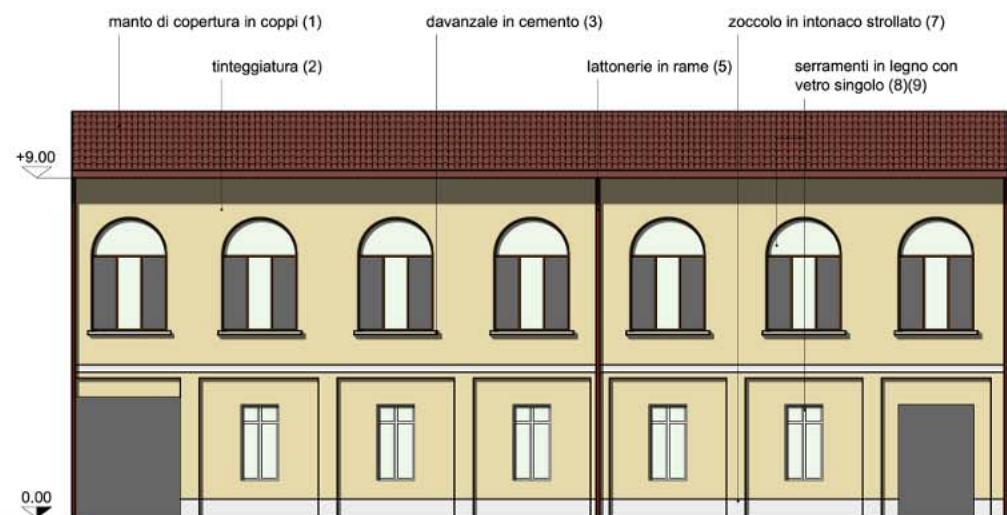


PROSPETTO OVEST

2

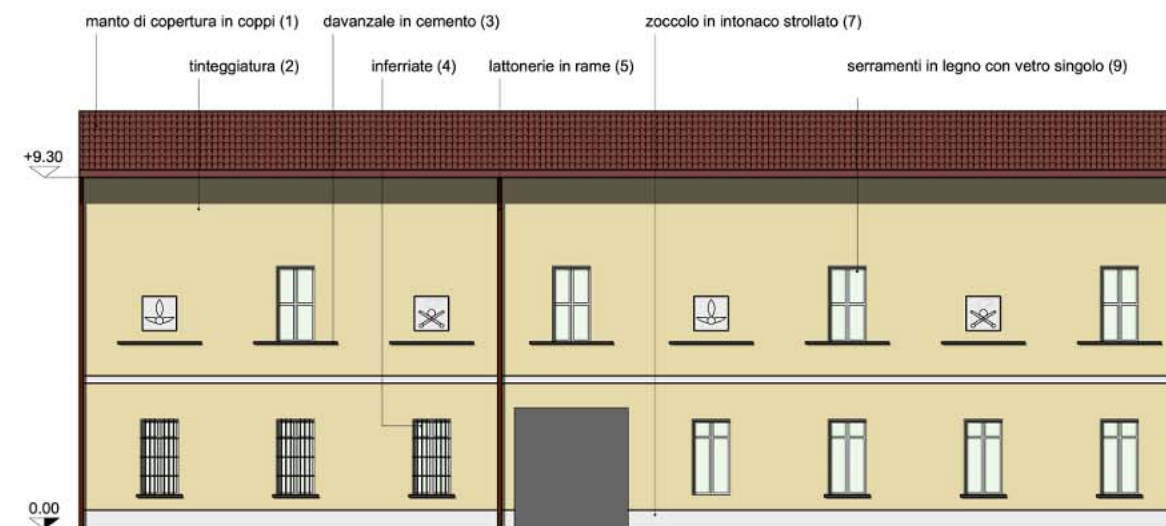


navigatore



PROSPETTO EST

3



PROSPETTO NORD

4



1



3



5



7



2



4

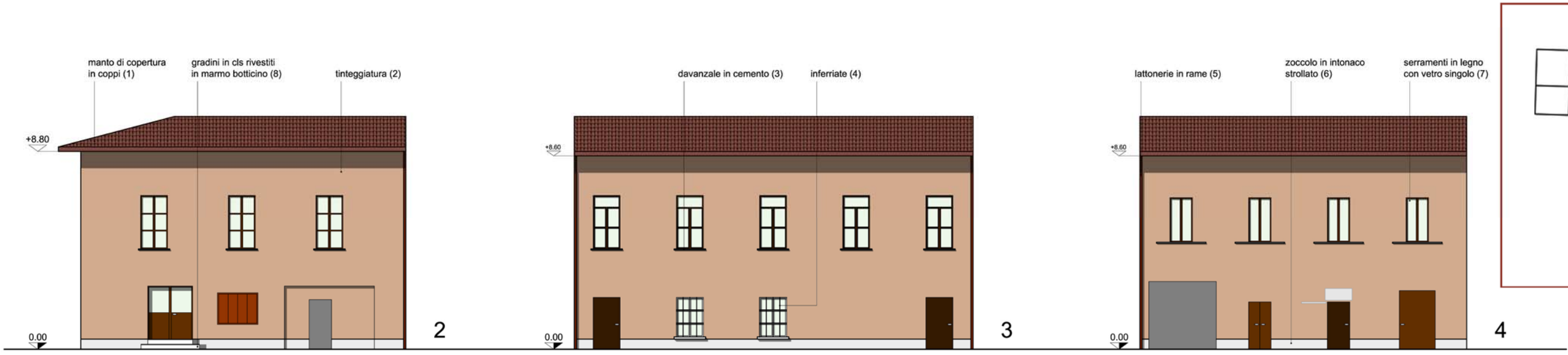
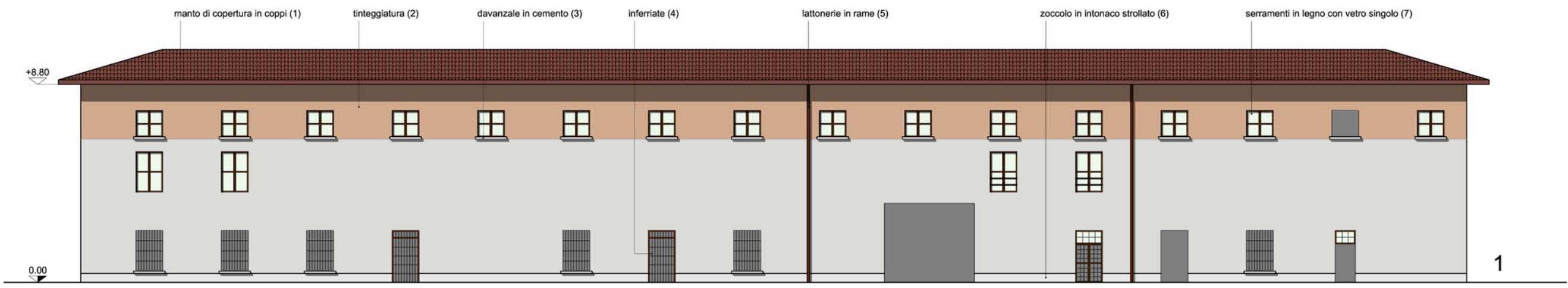


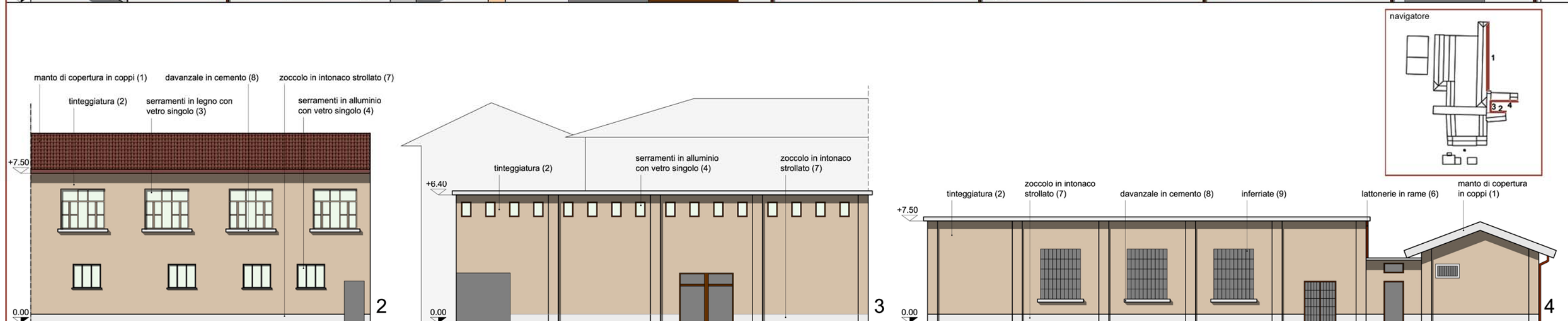
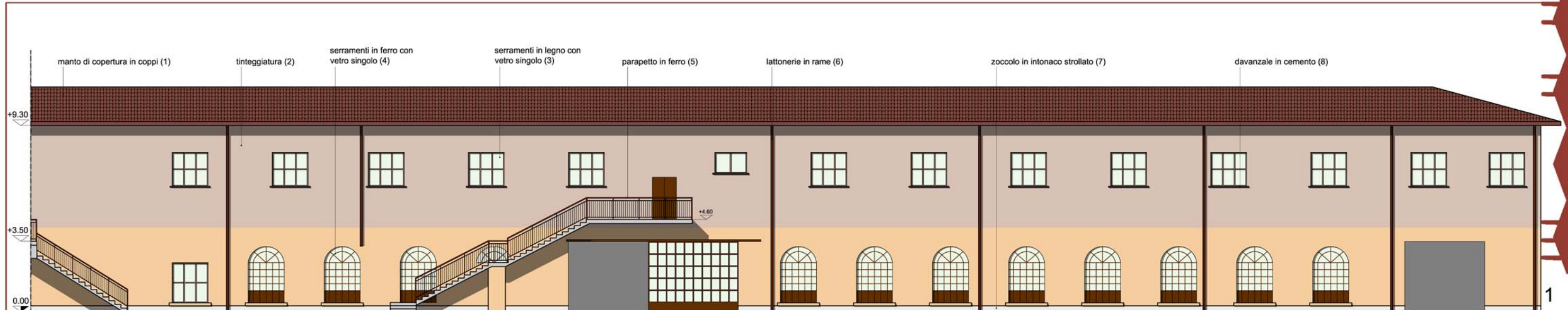
6



8

9





1



3

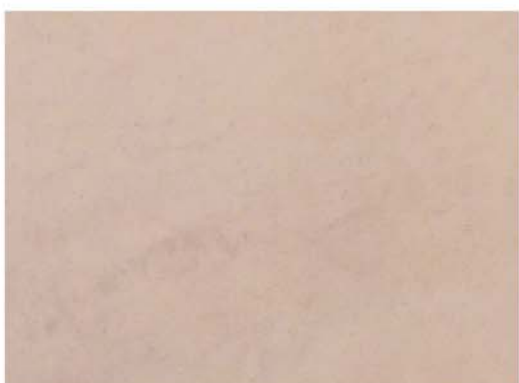
4



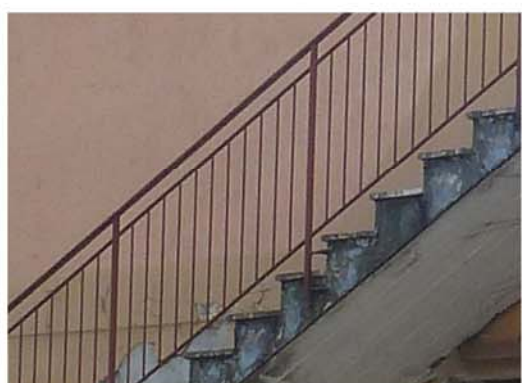
6



8



2



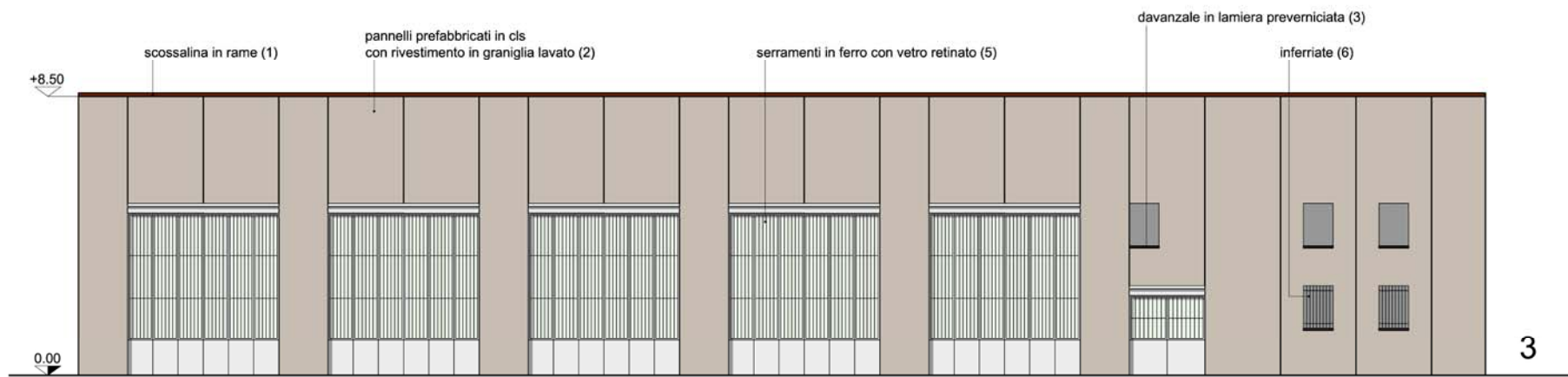
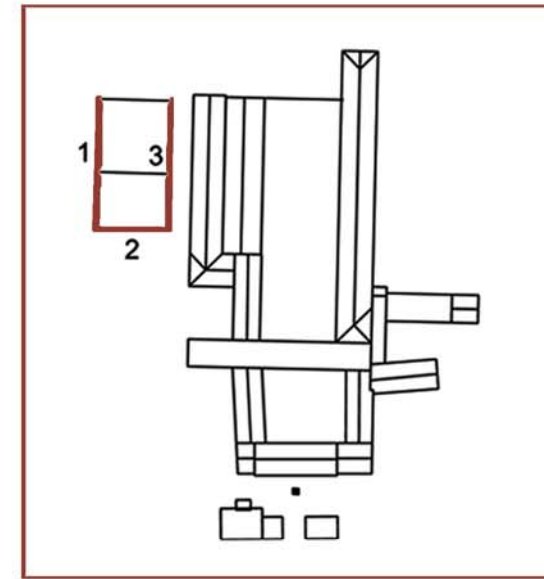
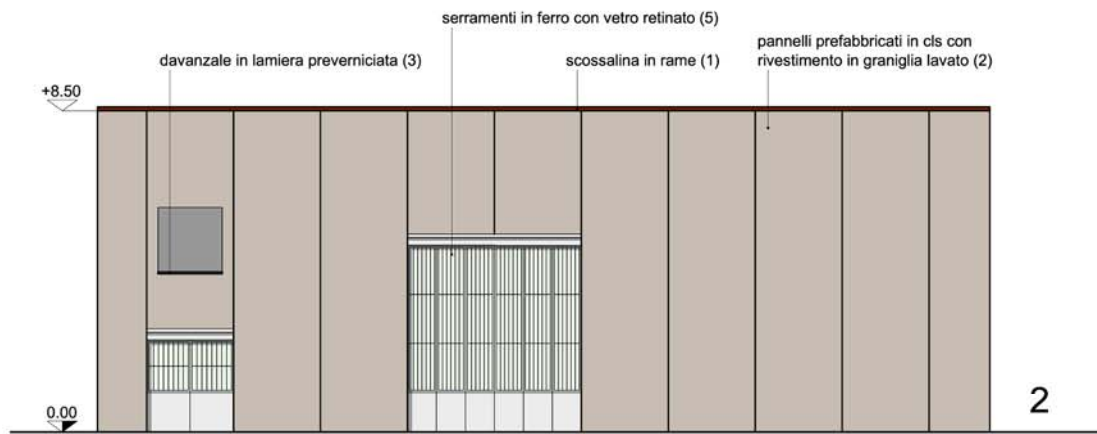
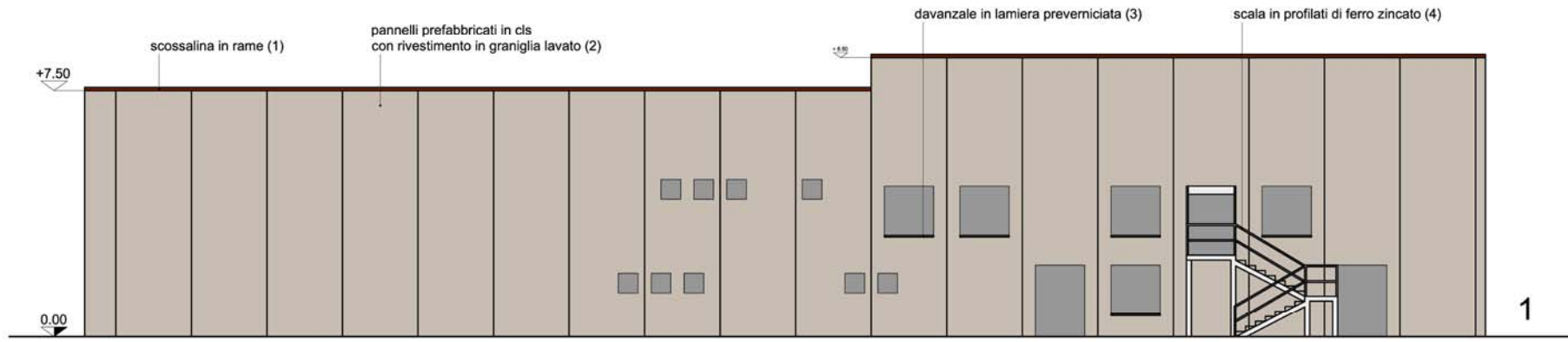
5



7



9



3.1.3. Rilievo del degrado

Il passo successivo per l'analisi degli edifici esistenti è definita dal ***rilievo del degrado***, cioè lo studio degli aspetti critici dell'edificio a livello principalmente tecnologico, e la conseguente definizione dello stato di conservazione delle costruzioni.

Tale tipologia di rilievo è codificata in regole precise, dette "***Raccomandazioni NorMal***", dove, secondo una classificazione basata sui diversi materiali, vengono riportate : le descrizioni dei fenomeni di degrado, le principali cause dei fenomeni descritti, una semplice riproduzione fotografica (solo indicativa e non esaustiva), la simbologia grafica con la quale le forme di degrado devono essere convenzionalmente rappresentate negli elaborati di riferimento.

Nel caso in esame si sceglie di seguire le regole sopra descritte per l'analisi delle forme di degrado, ma, date le varie connessioni tra gli edifici, inevitabilmente anche le problematiche si intersecano, pur diversificandosi a seconda dei materiali interessati. Dopo un'analisi preliminare si sceglie perciò di identificare soltanto le problematiche più diffuse, quelle presenti in maggioranza sulle costruzioni e in alcuni casi forme diverse, ma simili, vengono accorpate tra loro; lo scopo è sempre il raggiungimento di una rappresentazione grafica che sia la più chiara possibile. Le informazioni per il rilievo vengono desunte dai sopralluoghi e dal rilievo fotografico. Secondo la stessa logica si decide di non sfruttare le modalità di rappresentazione grafica suggerita, proprio perché con tale simbologia, evidentemente molto simile, si rischia di sovrapporre le informazioni, rendendole incomprensibili; si sceglie perciò di attribuire ad ogni forma di degrado un ***colore*** convenzionale, generalmente basato su associazioni realistiche (es. tonalità di verde – degrado per presenza di vegetazione) in modo da realizzare un rilievo dove inevitabilmente le informazioni di intersecano ma dove la migliore chiarezza risulta evidente.

Vengono di seguito riportate le schede grafiche delle "***Raccomandazioni NorMal***" per le forme di degrado individuate nel caso in esame, che risultano essere :

- ***Alterazione cromatica (sulle murature e sulle vetrate)*** : secondo il materiale
- ***Alterazione cromatica Distacco e/o polverizzazione***
- ***Distacco (superficiale e profondo)*** : come il precedente ma in più evidente

- **Esfoliazione** : distacco e caduta di uno o più strati superficiali sub-paralleli, sottoforma di “sfoglie”.
- **Erosione** : esportazione di materiale dalla superficie
- **Macchia (ruggine e umidità)** : forme molto diverse ma denominate nello stesso modo
- **Mancanza (cemento e vetro)**
- **Patina biologica**
- **Polverizzazione**
- **Presenza di vegetazione**
- **Scagliatura**

Dall'osservazione in situ e dai rilievi si osserva però che esistono altre tipologie di degrado che le normative vigenti sul degrado utilizzate non evidenziano e che, diversamente da quelle precedenti, hanno origine antropica e non naturale; si decide perciò di effettuare un'ulteriore suddivisione delle forme di degrado, in **degrado ambientale** secondo le “**Raccomandazioni NorMal**” e **degrado antropico**, di cui si riportano di seguito i fenomeni riscontrati :

- **Sistemi impiantistici** : indica l'inserimento di impianti in posizioni non corrette.
- **Tamponamenti vari** : indica l'inserimento di elementi differenti per forma, stile, materiali, rispetto al supporto su cui sono collocati.

I risultati del rilievo del degrado non evidenziano particolari problemi per gli edifici : l'aspetto primario da considerare è infatti la presenza di eventuali fessure (forma di degrado ambientale) che possono rappresentare un rischio per la stabilità delle costruzioni. In questo caso il quadro fessurativo risulta però praticamente inesistente e tutte le criticità si manifestano a livello delle chiusure, soprattutto negli strati più esterni.

Le tavole di **rilievo del degrado** vengono riportate di seguito secondo quanto descritto. Data la ripetitività dell'analisi solo alcune facciate degli edifici vengono rappresentate nel dettaglio, con la consapevolezza che non ci sono differenze per gli altri prospetti ; le tavole sono tre e riferite agli edifici che delimitano l'ingresso, alla facciata principale e ad un angolo del lato nord-est.

Viene di seguito riportata una breve descrizione di ogni fenomeno individuato :


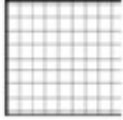








ALTERAZIONI E DEGRADAZIONI	DESCRIZIONE	CAUSE	RIPRODUZIONE FOTOGRAFICA	RETINO
Alterazione cromatica	Alterazione che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta (hue), chiarezza (value), saturazione (chroma). Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie o localizzate.	<ul style="list-style-type: none"> - Biodeteriogeni; - Inquinanti atmosferici (es: depositi di polveri e fumo); - Radiazioni solari (es: pigmenti non resistenti alla luce solare); - Affioramento di macchie; - Assorbimento differenziato del sup-poroso; - Emersione del pigmento in fase di de-coesione e successivo dilavamento della superficie (nei solventi a calce). 		
Distacco	Soluzione di continuità tra strati superficiali del materiale, sia tra loro che rispetto al substrato: prelude in genere alla caduta degli strati stessi. Il termine si usa in particolare per gli intonaci e i mosaici. Nel caso di materiali lapidei naturali le parti si staccano assommo spesso forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali e tessi turali, e si preferiscono allora voci quali crosta, scagliatura, estrofazione.	<ul style="list-style-type: none"> - Fenomeni di umidità ascendente; formazioni di ghiaccio negli strati più superficiali; - Perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque; - Contemporanea presenza di formazioni saline; efflorescenze; - Soluzioni di continuità conseguenti alla presenza di fessurazioni e/o di lesioni strutturali; - Dilatazioni differenziali tra materiali di sup-poroso e finitura; - Soluzioni di continuità conseguenti agli stress termici in prossimità dell'innesto di elementi metallici; - Impiego di prodotti vernicianti pellicolanti su supporti tradizionali; - Errori di posa in opera ed utilizzo di sabbie o malte poco idonee. 		
Efflorescenza	Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino, pulverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può avvenire anche all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto efflorescenza o sub-efflorescenza.	<ul style="list-style-type: none"> - È conseguente alla pressioni di cristallizzazione dei sali. Tale fenomeno è accentuato da: <ul style="list-style-type: none"> - Umidità da risalita capillare, da condensa-zione, da perdite localizzate di impianti; - Ruscellamento delle acque meteoriche; - Presenza di sovralti; - Azione del vento che accelera l'evaporazione superficiale dell'acqua; - Sostanze aggiunte in trattamenti restaurativi (salificazioni di sodio cloruro, di potassio, e di nitrato di calcio); - Degradò di interfaccia tra laterizi e malte (formazione di sofoalluminati di calcio e grandi cristalli). 		
Erosione	Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause del degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).	<ul style="list-style-type: none"> - Erosione meccanica da pioggia battente; erosione per abrasione degli strati corticali provocata da venti; - Aggressione chimica da inquinanti (esempio: prodotti ammoniacali); - Formazione di ghiaccio negli strati più superficiali. 		
Esfoliazione	Decorazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali sopparalleli fra loro (sfoglie).	<ul style="list-style-type: none"> - Movimento dell'acqua all'interno del substrato; - Azione di microrganismi; - Applicazione di prodotti vernicianti pellicolanti su supporti tradizionali; - Nei laterizi, presenza di ca bonato di calcio. 		

Figura 28 : Tabella descrittiva di alterazione e degrado
















Macchia	Alterazione che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata della superficie; è correlata alla presenza di materiale estraneo al substrato (ruggine, sali di rame, sostanza organiche, vernici).	<ul style="list-style-type: none"> - Biodeteriogeni; - Ossidazione di elementi metallici (ferro, rame) - Atti di vandalismo. 		
Mancanza	Caduta e perdita di parti. Il termine si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico.	<ul style="list-style-type: none"> - Fenomeni di umidità ascendente; - Perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque; - Consistente presenza di formazioni saline; - Soluzioni di continuità conseguenti alla presenza di fessurazioni e/o di lesioni strutturali; - Soluzioni di continuità conseguenti agli stress termici in prossimità dell'innesto di elementi metallici; - Errori di posa in opera e l'utilizzo di sabbie o malte poco idonee. 		
Patina biologica	Strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio, ecc...	<ul style="list-style-type: none"> - Azione di microrganismi autotrofi; - Presenza di umidità o acqua; - Caratteristiche morfologiche del substrato (scabrosità, asperità, rientranze, ecc.). 		
Polverizzazione?	Decoazione che si manifesta con la caduta spontanea del materiale sottoforma di polverine o granuli.	<ul style="list-style-type: none"> - Azione di microrganismi. 		
Presenza di vegetazione	Locuzione impiegata quando vi sono licheni, muschi e piante.	<ul style="list-style-type: none"> - Accumuli di umidità; - Attacco di organismi autotrofi (parten unicellulari, alghe, licheni, piante superiori). 		
Scagliatura	Degradazione che si manifesta col distacco totale o parziale di parti (scaglie) spesso in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originario. Le scaglie, costituite generalmente da materiale in apparenza naturale, hanno forma irregolare e spessore consistente e disomogeneo. Al di sotto possono essere presenti efflorescenze o patine biologiche.	<ul style="list-style-type: none"> - Esposizione agli agenti atmosferici; - Presenza di umidità nella muratura (cristallizzazione dei sali solubili). 		

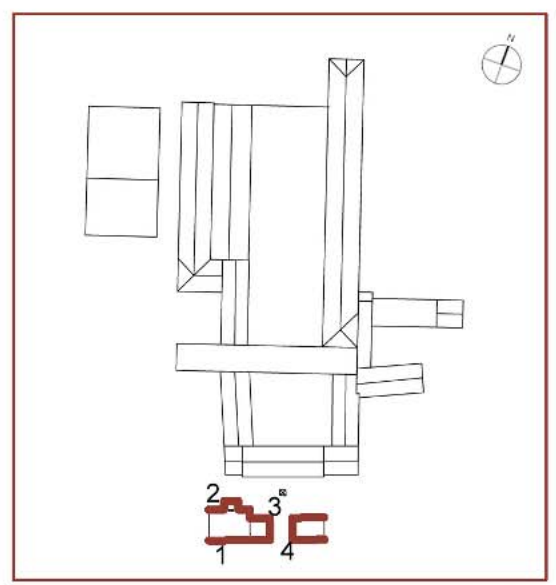
Figura 29 : Tabella descrittiva di alterazione e degrado

DEGRADO AMBIENTALE

-  Alterazione cromatica: muratura
-  Alterazione cromatica: vetro
-  Distacco e polverizzazione
-  Distacco superficiale
-  Distacco profondo
-  Esfoliazione
-  Erosione
-  Macchia: ruggine
-  Macchia: umidità
-  Mancanza: cemento
-  Mancanza: vetro
-  Patina biologica
-  Polverizzazione
-  Presenza di vegetazione
-  Scagliatura

DEGRADO ANTROPICO

-  Sistemi impiantistici
-  Tamponamenti vari
- 





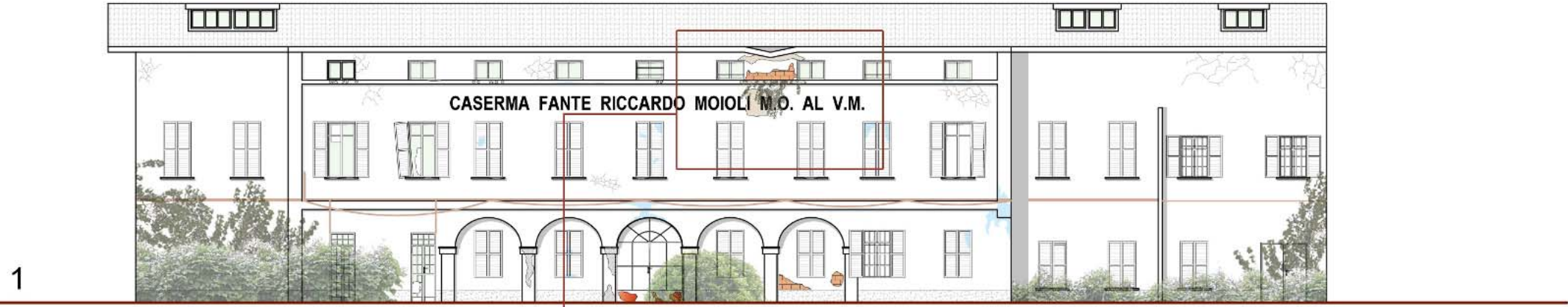
navigatore

DEGRADO AMBIENTALE

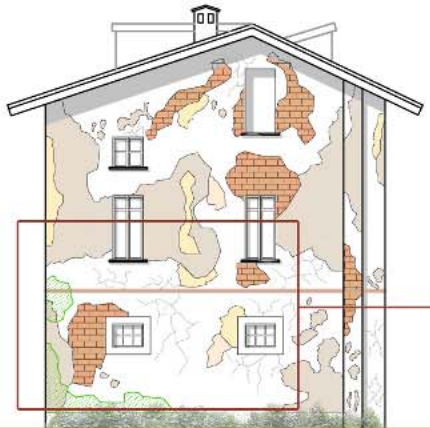
-  Alterazione cromatica: muratura
-  Alterazione cromatica: vetro
-  Distacco e polverizzazione
-  Distacco superficiale
-  Distacco profondo
-  Esfoliazione
-  Erosione
-  Macchia: ruggine
-  Macchia: umidità
-  Mancanza: cemento
-  Mancanza: vetro
-  Patina biologica
-  Polverizzazione
-  Presenza di vegetazione
-  Scagliatura

DEGRADO ANTROPICO

-  Sistemi impiantistici
-  Tamponamenti vari



1

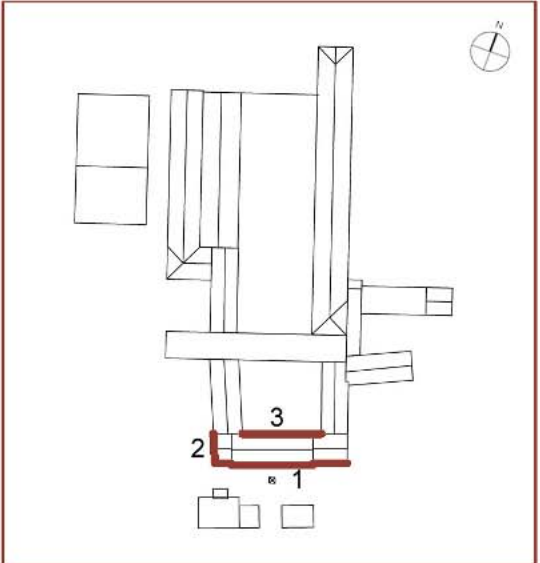


2



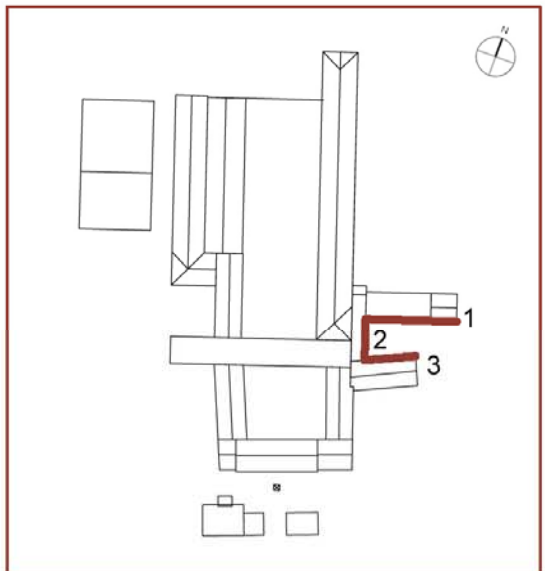
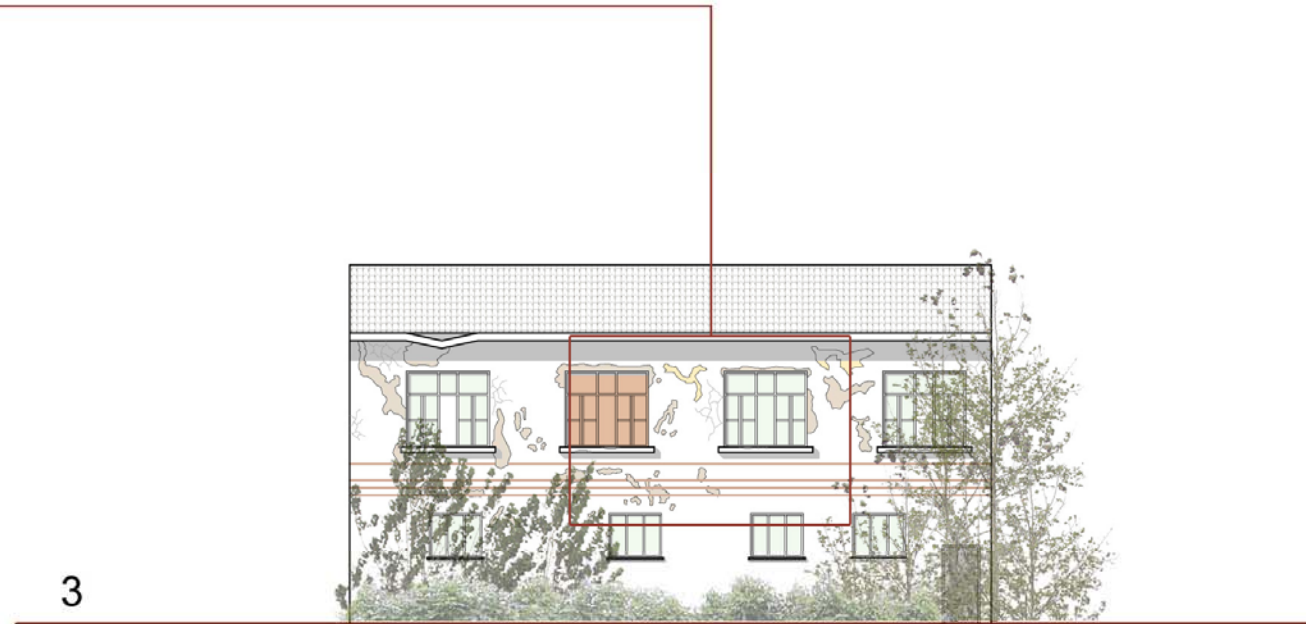
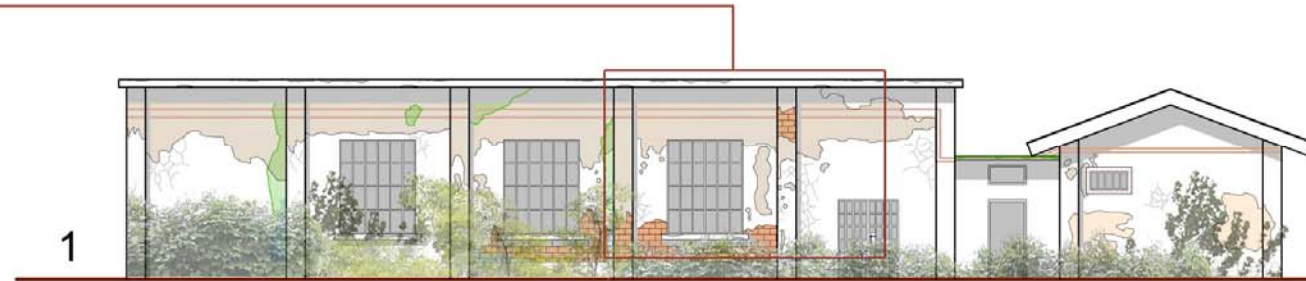
3

scala 1:200



navigatore








navigatore

DEGRADO AMBIENTALE

-  Alterazione cromatica: muratura
-  Alterazione cromatica: vetro
-  Distacco e polverizzazione
-  Distacco superficiale
-  Distacco profondo
-  Esfoliazione
-  Erosione
-  Macchia: ruggine
-  Macchia: umidità
-  Mancanza: cemento
-  Mancanza: vetro
-  Patina biologica
-  Polverizzazione
-  Presenza di vegetazione
-  Scagliatura

DEGRADO ANTROPICO

-  Sistemi impiantistici
-  Tamponamenti vari
- 

3.2. STUDI PRELIMINARI

Terminata la fase di analisi del lotto, si procede con l'elaborazione delle **idee di progetto** i.e. una prima stesura di tutte le possibili idee che possono portare all'articolazione del progetto.

Nel caso in esame, lo sviluppo del concept viene preceduto da un riepilogo critico dei risultati delle analisi, una sorta di quadro sinottico che permetta di mettere in relazione i vantaggi e le problematiche riscontrati e che fornisca quindi un punto di partenza per il progetto stesso.

Il primo punto critico da considerare è sicuramente la presenza di diverse tipologie architettoniche nel perimetro del lotto, come già discusso in fase di analisi, dato che è proprio l'articolazione delle diverse strutture che rappresenta la prima e ovvia difficoltà per la progettazione; si ricorda infatti che per l'intervento si è scelto di seguire le prescrizioni dettate dal *bando di progetto* a disposizione, ma allo stesso tempo è stato deciso di far precedere alla fase progettuale una fase di analisi dell'area, che permetta di confermare le linee guida del *bando* o di distaccarsene nel momento in cui alcuni punti non rispettino effettivamente la realtà. E' stato infatti evidenziato come il *bando* sia basato su un'idea quasi eccessiva, dato che la previsione è praticamente la totale demolizione di tutti gli edifici (solo il capannone dovrebbe essere recuperato).

Dai risultati delle analisi effettuate non sono emersi particolari problemi per gli edifici, né a livello di vero e proprio degrado degli stessi, né di vincoli o restrizioni presenti, né di altri aspetti che possano limitare la progettazione; è stata perciò confermata l'eccessiva drasticità del *bando*.

Allo stesso tempo si è osservato che alcune costruzioni presentano un carattere storico-architettonico di particolare pregio, che non può essere trascurato, e che invece il *bando* non teneva in considerazione; è quindi questo il punto da cui si decide di partire per la progettazione.

3.2.1. Corti e piazze

Riepilogati i risultati, si procede con un nuovo studio, basato cioè, da questo momento in poi, su un “nuovo” lotto di progetto, quello privato degli edifici demoliti e con la sola considerazione di quelli che si è scelto di preservare.

Il primo aspetto che colpisce l'attenzione è la presenza evidente di una tipologia architettonica particolare, quella della **corte**, per la quale, data la predominanza nell'area, viene innanzitutto ricercata una prima definizione del tipo architettonico :

“ Cortile o Corte : dal latino "cahors-ortis", "angolo di fattoria". Spazio scoperto, circondato da muri o da edifici, facente parte di una abitazione, di un edificio amministrativo, di una scuola, etc. che spesso si organizza intorno a quest'ultima.”¹

"Se le strade e le piazze si affermano come spazi della relazione ove ciascun abitante si mette in scena, si espone allo sguardo della collettività, i cortili si dispiegano come i loro esatti contrari, come gli spazi dell'intimità, ove, liberato dal peso livellatore dello sguardo, si esibiscono, in completa impunità, il segreto e l'indicibile". (Frédéric Borel) ²

“ La corte può essere definita come un vuoto interno delimitato da un edificio che ne costituisce il perimetro, uno spazio aperto privato di pertinenza dell'edificio stesso e che ne condiziona l'impianto e l'organizzazione interna ”.³

Si riscontra quindi immediatamente che “il vuoto” non può prescindere da “il pieno” : sono gli edifici conservati che definiscono la corte. L'importanza di questo binomio non può essere trascurata e si sceglie perciò di definirlo come elemento identificatore del lotto, e di studiare l'eventuale possibilità che diventi anche il fulcro della progettazione.

Il primo passo consiste in uno studio approfondito dell'edificio a corte, studio che in prima linea si identifica ovviamente come ricerca storica della tipologia, che permetta innanzitutto di collocare la struttura in esame in una particolare corrente architettonica, di identificarne i caratteri esemplificativi, secondo l'epoca di costruzione (fine '800)

¹ Dizionario Grand Larousse Universel, 1997.

² G. Strappa, *Unità dell'organismo architettonico*, Edizioni Dedalo, 1985.

³ M. Unali, *Il tipo residenziale a corte. Esempi italiani e stranieri degli ultimi trent'anni*, schede di documentazione in “Quaderno n. 1 - Settore Tipologico : *L'edificio residenziale a corte*”, a cura di M. Calzolari, L. Gazzola, P. Gianbartolomei, L. Quaroni, L. Valli, Dipartimento di Progettazione Architettonica e Urbana, Facoltà di Architettura di Roma “La Sapienza”, marzo 1989, pp. 13-32.

dato che la collocazione geografica in un piccolo paese non rappresenta necessariamente una facilitazione nella ricerca di esempi architettonici. Secondo i testi consultati (in bibliografia) esiste un percorso storico ben preciso di evoluzione della tipologia a corte :

“ Dall’antichità la casa si dispone spesso intorno ad un cortile a portici, il **peristilos** greco, l’**atrium** romano, il **cortile** italiano, il **patio** spagnolo”.⁴

Si tratta di uno **spazio chiuso** sui quattro lati e da essi delimitato.

Dall’antichità :

Tipologia più diffusa : edificio, chiuso sui quattro lati.

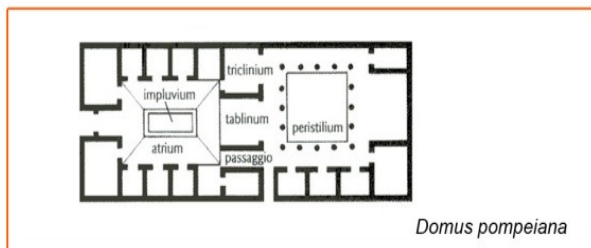


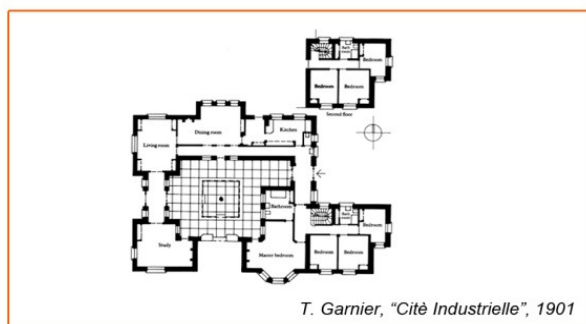
Figura 30 : Tipologie architettoniche a corte

Fine XIX sec. - inizio XX sec.

“ Nel XVIII secolo, per ragioni d’igiene e di risanamento ed anche per facilitare la circolazione, i cortili cominciano ad aprirsi sulla strada. (...) All’inizio del XIX secolo, i cortili aperti su strada si impongono con facilità tanto più che lo statuto del cortile tradizionale è completamente cambiato.

Eliminazione dell’edificio a ridosso del fronte stradale : la corte è delimitata solo su tre lati.

Il cortile si sviluppa su **tre lati**.



Anni '20 del XX sec.

Comparsa dei primi elementi compositivi degli schemi “a L”.



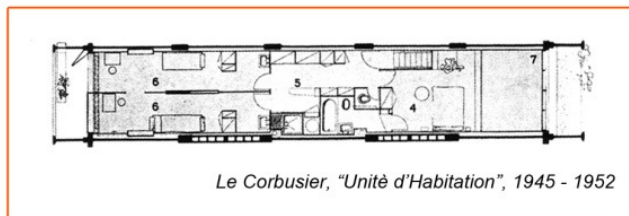
Figura 31 : Tipologiae architettoniche a corte

⁴ G. Strappa, *Unità dell’organismo architettonico*, op.cit.

Anni '20 del XX sec. : la forma del cortile segue le evoluzioni della storia dell'architettura , si procede con una revisione delle forme iniziano a comparire i **primi elementi a "L"**.⁵

Dopoguerra :

Movimento moderno : sostituzione della tipologia a corte con quella dell'edificio "a stecca".



"L'urbanistica del movimento

moderno del dopo guerra, con il pretesto di salubrità e di soleggiamento, introduce gli edifici a forma di stecca e di torre e tende a fare sparire i cortili."

Figura 32 : Tipologie architettoniche a corte

Il cortile, secondo la sua definizione, di fatto **scompare**.⁶

Risulta evidente come, nonostante l'epoca di riferimento, la corte in esame appartenga alla tipologia di spazio chiuso su tutti i lati, completamente definito da ciò che lo circonda.

In secondo luogo si passa ad una visione più aperta della tipologia architettonica analizzata, una ricerca che si estenda fuori dal lotto e che identifichi "la corte" come eventuale elemento rappresentativo di altri edifici storici di *Presezzo*, o che, diversamente, accentui ulteriormente l'unicità della *Caserma Moioli*; ci si riferisce in particolare a quel perimetro che già precedentemente è stato utilizzato come limite territoriale per le analisi.

Dallo studio emerge che, sebbene in numero limitato, esistono nel paese altri edifici a corte, appartenenti ognuno ad una delle correnti sopra citate (secondo il periodo di costruzione), e che non si tratta soltanto di costruzioni antiche ma anche di nuova realizzazione. In particolare in questi ultimi casi l'edificio a corte non delimita un vero e proprio cortile ma addirittura una piazza : entra in gioco quindi un nuovo spazio architettonico, la **piazza** appunto, analoga al cortile per composizione, ma diversa per definizione : essa infatti non è uno "*spazio dell'intimità*"⁷ come il cortile, ma uno "*spazio della relazione*".⁸

Corti e piazze sono quindi due elementi architettonici correlati.

⁵ Ibidem.

⁶ Ibidem.

⁷ Ibidem.

⁸ Ibidem.

Da questa prima analisi emerge una considerazione rilevante : **corti e piazze**, articolate tra loro, definiscono una dimensione spaziale bene definita, quella dei **pieni e dei vuoti** : l'edificio costituisce un blocco geometrico ben definito, che nella sua articolazione si insinua, e perciò delimita, organizzandolo, lo spazio vuoto.

Accanto a questa considerazione, bisogna anche sottolineare che le **piazze** rappresentano gli **spazi comuni** più antichi, luoghi pubblici di condivisione per la comunità; d'altro canto le corti, come edifici sia pubblici che privati, sono identificabili come gli **spazi privati** , simbolo della chiusura di uno spazio intimo. Le forme architettoniche sono piena espressione di questa spazialità. Questa distinzione può essere d'altro canto correlata a quella di spazio pubblico. Dallo studio emerge che, sebbene in numero limitato, esistono nel paese altri edifici a corte, appartenenti ognuno ad una delle correnti sopra citate (secondo il periodo di costruzione), e che non si tratta soltanto di costruzioni antiche ma anche di nuova realizzazione.

Si riportano nella tavola di seguito le immagini più rappresentative di piazze e di corti a Presezzo, in prossimità dell'area che circonda il lotto di progetto.

Le piazze

1_ Piazza della chiesa



2_ Piazza Foglieni



3_ Piazza Papa Giovanni XXIII



Le corti

1_ Oratorio



2_ Corte piazza Foglieni



3_ Corte Palazzo Furietti



NOTE

Viene analizzata una regione di paese compresa in una circonferenza appositamente scelta, tale da estendersi fino ai complessi di servizio più lontani, scuola a nord e centro sportivo a sud.

3.2.2. I mercati

La piazza viene sempre collegata ad un altro elemento architettonico importante : il **mercato**. In realtà il mercato non rappresenta un vero e proprio elemento dell'architettura, ma entra a far parte di questa logica all'interno dell'analisi urbanistica e sociologia dell'architettura stessa.

Bisogna inoltre ricordare che il bando di progetto prevede la realizzazione di un nuovo spazio pubblico da destinare a **mercato coperto**, (secondo le accezioni più diverse e interpretabili di tale funzione), perciò sembra utile realizzare, come per gli altri elementi, un'analisi più dettagliata, anche per il mercato, considerando anche possibili riferimenti.

Nell'antica Cina il mercato non era rappresentato da una particolare struttura edilizia, ma piuttosto da banchi ambulanti; soltanto nel Medioevo i mercati si stabilizzarono, formando dei quartieri con delle botteghe specializzate. Analogamente il mondo islamico dispone dei bazar, cioè di un'associazione di negozi e di laboratori artigianali, spesso collegati fra di loro per mezzo di vie coperte illuminate da lucernari.

L'idea del mercato come edificio vero e proprio nasce in Grecia, identificandosi con l'agorà che rappresentava il centro cittadino.



Figura 33 : Mercati nell'antichità



Figura 34 : Mercati attuali

Con la nascita e lo sviluppo delle corporazioni, le autorità comunali cominciarono ad occuparsi del funzionamento del mercato dei beni di prima necessità, stabilendo i luoghi e i tempi degli scambi, assicurando la massima trasparenza delle transazioni e controllando la legalità delle monete utilizzate per i pagamenti; per alcuni settori si garantiva inoltre il rispetto delle regole igieniche.

Durante il Medioevo italiano ed europeo il mercato coperto non era ancora concepito come specifico organismo edilizio, e solamente nel tardo Rinascimento si cominciò a pensarlo come edificio organizzato, o come grande loggia a destinazione fissa. Con l'Ottocento, grazie alla crescita delle metropoli e quindi con l'aumento della domanda, si diffusero le prime strutture di ferro, e successivamente di cemento, che gettarono le basi per la realizzazione di grandi coperture senza sostegni intermedi, che consentivano la libera gestione di spazi molto ampi.

Dal punto di vista **normativo** Attualmente in Italia i mercati rientrano nella tipologia dei cosiddetti “**servizi pubblici a domanda individuale**”, così come definita dal *DM del 31 dicembre 1983*, per i quali i comuni sono tenuti annualmente ad approvare le relative tariffe dei singoli servizi e la

percentuale con cui queste coprono i costi totali. Il *D.Lgs. 114/1998* definisce mercato “l'area pubblica o privata della quale il comune abbia la disponibilità, composta da più posteggi, attrezzata o meno e destinata all'esercizio dell'attività per uno o più o tutti i giorni della settimana o del mese, per l'offerta integrata di merci al dettaglio, la somministrazione di alimenti e bevande, l'erogazione di pubblici servizi”. E' compito delle Regioni stabilire, sulla base delle caratteristiche economiche del territorio, della densità della rete distributiva e della popolazione residente, i criteri generali ai quali i comuni si devono attenere per la determinazione delle aree e del numero dei posteggi da destinare allo svolgimento dell'attività, per l'istituzione, la soppressione o lo spostamento dei mercati che si svolgono quotidianamente o a cadenza diversa, nonché per l'istituzione di mercati destinati a merceologie esclusive. Del comune invece la competenza a stabilire, sulla base delle disposizioni emanate dalla Regione, l'ampiezza complessiva delle aree da destinare all'esercizio dell'attività, e le modalità di assegnazione dei posteggi, la loro superficie e i criteri di assegnazione delle aree riservate agli agricoltori che esercitano la vendita dei loro prodotti.

Sono mercati quotidiani su strada quelli insediati su aree pubbliche o private, di cui il comune abbia la disponibilità, aree non attrezzate, o attrezzate solo parzialmente, composte di più posteggi, con merceologie alimentari e/o non alimentari che si svolgono per almeno cinque giorni la settimana. Sono invece saltuari:

i mercati settimanali con merceologie alimentari e/o non alimentari, che si svolgono all'aperto in uno o più giorni di ogni settimana, in un numero inferiore a cinque, su aree che sono sgomberate dalle attrezzature di vendita al termine dell'orario di vendita;

i mercati mensili con merceologie alimentari e/o non alimentari, che si svolgono in uno o più giorni del mese, ma non in ogni settimana;

i mercati stagionali quotidiani o settimanali, la cui attività è limitata ad un solo periodo individuato dal comune, tenuto conto della produzione agricola e delle presenze della popolazione fluttuante per uno o più anni.

Si definiscono mercati coperti quei mercati quotidiani con merceologie alimentari e/o non alimentari, che si svolgono per almeno cinque giorni la settimana, su aree attrezzate – coperte o scoperte – e quindi dotate di allaccio alla rete idrica, fognaria, elettrica e telefonica.

Per quanto riguarda l'aspetto igienico – sanitario, il Ministero della Salute ha disposto dei requisiti sia per le aree pubbliche, che per le singole strutture in esse inserite.

In **Italia** i mercati rionali sono una forma distributiva storicamente presente ed importante nel panorama italiano, caratterizzati dalla presenza di differenti attività, esercitate su aree pubbliche con l'ausilio di strutture mobili (furgoncini), semi fisse (box) o all'interno di appositi contenitori edilizi (mercati coperti).

Per quanto riguarda il settore alimentare, gli operatori hanno in genere a disposizione superfici molto limitate rispetto a chi opera in sede fissa, ma hanno costi minori di struttura (che si traducono in un migliore rapporto qualità prezzo) e una maggiore disponibilità di prodotti freschi. Inoltre, la presenza di un servizio accurato, aggiunge valore al prodotto agli occhi del consumatore, rendendo il mercato concorrenziale anche rispetto alla grande distribuzione, che più spesso fornisce un servizio standardizzato. Il consumatore al mercato può quindi avere a disposizione dei prodotti sempre freschi e di produzione locale, con un elevato grado di qualità a prezzi competitivi.

È emerso da indagini sulle abitudini di acquisto realizzate a livello nazionale, come molte famiglie si rivolgano abitualmente ai mercati rionali per alcuni prodotti alimentari (tipo frutta, pesce, pane), per i quali questa struttura è sinonimo di garanzia nel rapporto qualità/prezzo. Ciò non toglie come negli ultimi tempi sia in atto un progressivo declino di questa forma distributiva, testimoniato sia dal diminuire delle strutture sia dal ridursi del numero complessivo di persone che frequenta i mercati. Le principali cause si possono identificare nei cambiamenti degli stili di vita e nel crescente peso della grande distribuzione, nella necessità di adeguare strutture esistenti da decenni, in termini di innalzamento dei livelli di servizio agli standard qualitativi richiesti dal mercato e dai requisiti igienico sanitari delle norme vigenti; infine

nella difficoltà da parte delle amministrazioni comunali di gestire la fase transitoria di adeguamento delle strutture. È fondamentale che gli edifici che ospitano i mercati siano adatti alla vendita di prodotti alimentari, e quindi adeguati ai requisiti igienico - sanitari e agli standard qualitativi.

In molte delle aree metropolitane italiane, le unità del commercio ambulante hanno rappresentato anche dei nuovi ritrovi per la popolazione notturna, nelle aree marginali, nei frammenti degli spazi aperti e nei nodi dei grandi assi viari.

In alcune aree urbane, specialmente nelle periferie, la presenza dei mercati può risolvere la richiesta discontinua del servizio, specialmente alimentare, colmando le carenze del commercio in sede fissa. In questi casi il mercato permette anche di garantire una “democrazia” del servizio nei confronti delle fasce più deboli degli abitanti che non dispongono dei mezzi di trasporto adeguati per coprire il tragitto dalla loro residenza ai centri di acquisto.

I mercati sono presenti in quasi tutte le città italiane e, piccoli o grandi che siano, si occupano principalmente di commercio alimentare. Nella maggior parte dei casi sono di proprietà pubblica e l'amministrazione locale si occupa anche della gestione; si possono comunque trovare anche conduzioni miste o del tutto private.

Negli anni cinquanta i mercati raccoglievano un numero considerevole di chioschi, tutti condotti da piccole aziende a gestione familiare; la struttura, che era quella tipica dell'ambulantato, si basava su un'offerta vasta, ma disordinata. Il numero dei prodotti venduti era elevato, l'assortimento invece ridotto. La ristrutturazione del mercato coperto si impose con l'avvento dei nuovi modelli di consumo; negli anni ottanta lo stile alimentare, che si fondava sul recupero di una maggiore socialità e sull'affermazione della personalità dell'individuo, rivaluta i valori dello stare insieme e della cucina tra le pareti domestiche. Per soddisfare le nuove richieste, i nuovi mercati si proposero di offrire uno spazio più vivace, utilizzando colori e odori che enfatizzassero la freschezza e la qualità delle merci esposte.

Uno degli sviluppi più comuni del mercato è quello di **mercato coperto** : i principali suggerimenti per la rivitalizzazione dei mercati coperti sono giunti dall'esperienza spagnola; una particolare attenzione è stata destinata al recupero e all'adeguamento dei mercati coperti situati in edifici di valore architettonico. Questo programma ha preso avvio nel 1986 con la firma di una convenzione per la realizzazione di un piano di recupero in collaborazione con i comuni interessati, stipulando un accordo tra i ministeri dell'agricoltura e del commercio spagnoli.

In un unico edificio si accoglie la complessa attività che risulta dalla sommatoria delle singole attività di ogni commerciante. Il nome **tienda**, che allude più direttamente al luogo primitivo, viene sostituito con **lonja**, **plaza**, **plaza cubierta**, **mercado**, tendendo a una graduale specializzazione nel settore alimentare.

Questo stesso percorso è stato seguito per il Mercato delle Erbe a Bologna, unica esperienza italiana di ristrutturazione di un edificio di proprietà comunale tramite l'autogestione degli operatori, risolvendo il problema del degrado edilizio.

La positiva esperienza bolognese ha dato avvio a un processo di rinnovamento anche in altre città italiane, come Genova, Torino e Perugia. Nel primo caso la proposta ha riguardato la realizzazione del Mercato Orientale, collocandone l'impianto nel chiostro settecentesco e in prossimità della stazione ferroviaria, un'area particolarmente densa.



Figura 35 : Mercato Orientale, Genova

A Torino invece, nel 1999, si avviò un processo di rinnovamento urbano incentrato sulla riqualificazione di porta Palazzo, sede storica di un mercato popolare a ridosso di un quartiere anch'esso popolare: la piazza riprese il ruolo d'accesso della città antica che le apparteneva. Vennero ristrutturati diversi edifici degradati, nelle strade si diffusero nuove attività commerciali e di ritrovo, trasformando il quartiere in un luogo piacevole e sicuro dove vivere la città.



Figura 36 : Mercato di Porta Palazzo, Torino

Stessa sorte per la riqualificazione del Mercato Coperto di Perugia. A ridosso della parte antica della città, posto a mezza costa del pendio verso l'ampia valle che separa Perugia da Assisi, è situato in uno dei punti panoramici più belli della città.



Figura 37 : Mercato coperto, Perugia

Sviluppato su diversi piani, quello più basso accoglie la funzione animata del mercato alimentare, ma ha anche un ampio spazio dedicato agli esercizi di ristorazione. Sono stati realizzati inoltre vari ambienti destinati alle attività espositive e culturali. La balconata al primo piano accoglie funzioni per la vendita di prodotti destinati principalmente ai giovani quali, quelli della multimedialità, dell'informatica, ma anche servizi come postazioni per il collegamento in rete, portali telematici pubblici e privati e posti informativi di vario tipo. La terrazza accoglie le funzioni della ristorazione e, grazie a due padiglioni coperti e tamponati con materiali trasparenti, si può godere di uno straordinario rapporto interno – esterno; non mancano spazi destinati ai servizi per l'informazione turistica, particolarmente utili in considerazione dell'affluenza determinata dal luogo. La soluzione architettonica ha riguardato il restauro dell'edificio che apre il Mercato alla città e riporta il fabbricato alla soluzione compositiva originale con la creazione della corte o piazza, in cui si svolge il mercato e su cui si affacciano le balconate dei livelli sovrastanti, collegate tra loro dalle scale mobili e dagli ascensori panoramici. Tutti gli spazi sono riparati da una nuova articolata struttura in acciaio e

vetro, posta sulla terrazza, che garantisce la percezione unitaria dei volumi, contribuendo anche alla segnalazione dell'edificio, in particolare, durante le ore notturne, che con gli effetti piacevoli dell'illuminazione artificiale è visibile a distanza. Molto interessante anche l'esempio del mercato coperto di Ravenna, che riguarda la riqualificazione dell'edificio dell'ex mercato, per la realizzazione di un centro multifunzionale; il progetto prevede un piccolo supermercato insieme a una libreria, uno spazio per eventi, ristorante self service e osteria romagnola, bar-caffetteria, altri esercizi commerciali e anche un ufficio informazioni per i turisti e i cittadini. E' uno spazio dedicato al cibo, alla cultura e al tempo libero, per rivitalizzare il contenitore storico nel cuore della città, trasformandolo in uno spazio di aggregazione innovativo, capace di attrarre nuovi utenti restando aperto tutti i giorni dell'anno, fino a mezzanotte.

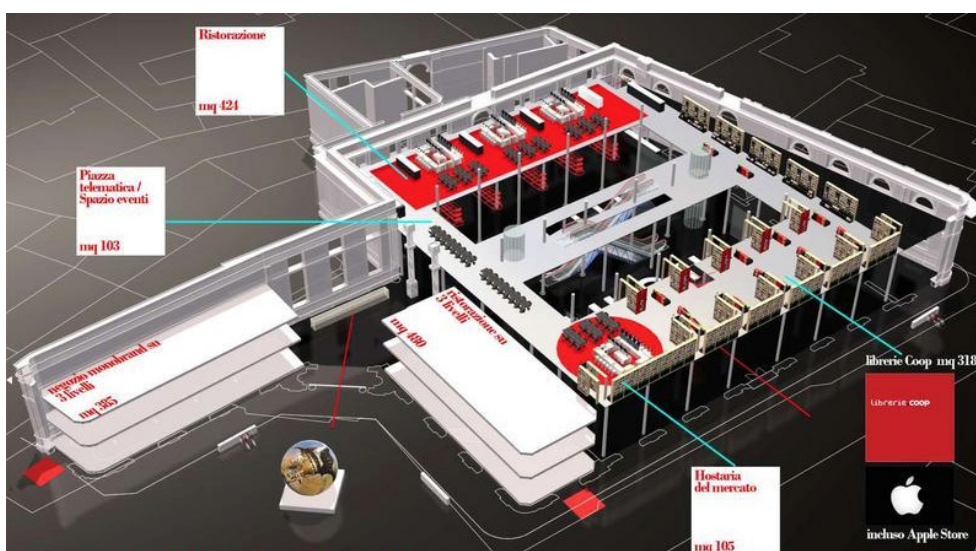


Figura 38 : Progetto mercato coperto, Ravenna

Attraverso lo studio di queste esperienze, si può dedurre come il mercato coperto possa rappresentare un contenitore con diverse potenzialità funzionali – ambientali, e possa assumere il ruolo di porta dell'area urbana in cui è collocato, ma anche di volano per valorizzare il sistema di attività miste. Rappresenta un incentivo alla riscoperta e alla valorizzazione della vita sociale e di aggregazione negli spazi pubblici.

Di recente in Italia si è diffusa la catena alimentare “Eataly”, con diversi punti vendita di medie e grandi dimensioni specializzati nella distribuzione di alimenti tipici e di qualità. Il primo è stato aperto a Torino, ricavandone lo spazio all’interno di una vecchia fabbrica.



Figura 39 : "Eataly", Torino



Figura 1 : Interno "Eataly", Torino

Ci sono comunque diverse sedi in molte città italiane e anche all'estero.

Il punto di forza del marchio è quello di riunire un gruppo di piccole aziende che operano nei diversi comparti del settore enogastronomico a prezzi avvicinabili, riducendo all'osso la catena distributiva dei prodotti e creando un rapporto di contatto diretto tra il produttore e il distributore finale, saltando i vari anelli intermedi della catena. Eataly non è soltanto un grande mercato, ma anche un luogo di intrattenimento, che offre la possibilità di frequentare dei corsi di educazione alimentare o corsi di cucina con i grandi chef del territorio o soffermarsi nelle aree didattiche a disposizione di tutti, in particolare per i bambini e gli anziani.

A **livello internazionale**, la cultura del mercato coperto è estremamente diffusa : molti edifici inutilizzati diventano la sede di banchi alimentari, e i grandi spazi a disposizione spesso consentono di inserirvi altre attività, strettamente legate all'ambito alimentare, o parcheggi o abitazioni. In particolare in Spagna, a Barcellona, i mercati coperti diventano punti di riferimento, riducendo la mobilità verso l'esterno; sono dotati di un supermercato e offrono anche una componente più ludica; il più celebre è il mercato di Santa Caterina, una struttura che ospita anche delle residenze, dei parcheggi, un ristorante e una piazza al coperto, ed è interamente collegata a connessione wireless.



Figura 41 : Mercato coperto S. Caterina, Barcellona



Figura 42 : Interno mercato coperto S. Caterina, Barcellona

Un altro esempio interessante è rappresentato dal New Market Hall di Rotterdam, progettato dal gruppo MVRDV, i cui lavori termineranno nel 2014. L'edificio ad arco è situato nel centro della città, ed è un ibrido tra il mercato pubblico e il condominio. L'obiettivo è quello di ottenere una combinazione sostenibile di cibo, tempo libero, abitazioni e parcheggi, integrati per sfruttare le possibilità delle diverse funzioni. L'arco degli appartamenti crea una grande hall che ospiterà bancarelle, negozi, ristoranti, etc.



Figura 43 : Progetto New Market Hall, Rotterdam



Figura 44 : Interno New Market Hall, Rotterdam

Da quanto esposto risulta evidente che l'idea di progetto si svilupperà secondo gli elementi costitutivi dell'edificio a **corte**, del **cortile**, della **piazza**, del **mercato**.

3.2.3. Idea di progetto

Dopo aver sviluppato l'idea che servirà come base per la delineazione del progetto, è possibile elaborare, dai dati ricavati e sulle considerazioni sviluppate, la prima articolazione del progetto. L'intervento in esame terrà in considerazione due aspetti :

- Evoluzione storica della tipologia architettonica dell'edificio a corte.
- Predominanza dei tre elementi architettonici dell'edificio a corte, del cortile, della piazza (il mercato viene correlato alla piazza).

La volontà di unire queste due idee porta ad una logica di sviluppo precisa: l'evoluzione temporale, i cambiamenti nel tempo possono essere espressi nel modo migliore attraverso la forma geometrica della spirale : partendo da un fulcro, da un punto ben definito, essa si evolve, non staccandosi mai da se stessa, ma allontanandosi sempre di più dal suo punto iniziale. Così la corte nasce con dei caratteri ben definiti e, nel tempo, tale forma si diversifica, pur restando legata alla sua origine.

“Se l'uomo ha un diritto di nascita, esso deve consistere in ciò: che, egli stesso non è meno fattore del paesaggio delle rocce, degli alberi, degli orsi o delle api di quella natura cui deve la propria esistenza... il mutamento è l'unica caratteristica immutabile nel paesaggio”

(F. L. Wright)



Figura 45 : Guggenheim Museum of New York

3.2.3.1. Demolizioni - Nuove costruzioni

Prima di procedere con l'effettivo studio delle possibili soluzioni distributive, si è effettuati una serie di considerazioni sullo stato attuale del lotto, valutando come gestire gli edifici esistenti.

Dopo aver effettuato i rilievi del caso, e in particolare, secondo l'analisi storica, gli edifici più antichi sono quelli collocati lungo gli assi sud-est e sud-ovest, e rappresentati in particolare dagli edifici a definizione dell'ingresso, dalla corte principale e dal prolungamento di quest'ultima proprio lungo l'asse sud-ovest; questo complesso richiama infatti, in alcuni punti, la vecchia **filanda**, cioè la destinazione d'uso più antica per il lotto. La storicità e la particolarità architettonica di queste costruzioni sono le ragioni che giustificano da un lato la scelta della loro conservazione e del loro recupero, dall'altro la demolizione di tutte le strutture restanti. Anche il braccio lungo l'asse sud-ovest, in stato di degrado rispetto agli altri (si evidenziano crolli a livello strutturale), viene inserito nelle demolizioni. Questi edifici, seppur di un certo rilievo storico e architettonico, in realtà non rientrano in nessun vincolo architettonico, pertanto abbiamo ritenuto opportuno procedere con la demolizione, viste le condizioni di degrado di alcuni di essi; infatti, una loro eventuale ristrutturazione e conseguente adeguamento alla normativa vigente, avrebbe certamente comportato dei costi onerosi, e avrebbe comunque rappresentato un vincolo alla libera gestione del lotto. Si è preferito quindi optare per uno spazio libero da poter gestire nella migliore maniera, e soprattutto compatibilmente con l'unico edificio conservato, ovvero la corte di ingresso, la più significativa e interessante, nonché situata proprio all'ingresso, in prossimità della strada principale.

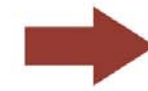
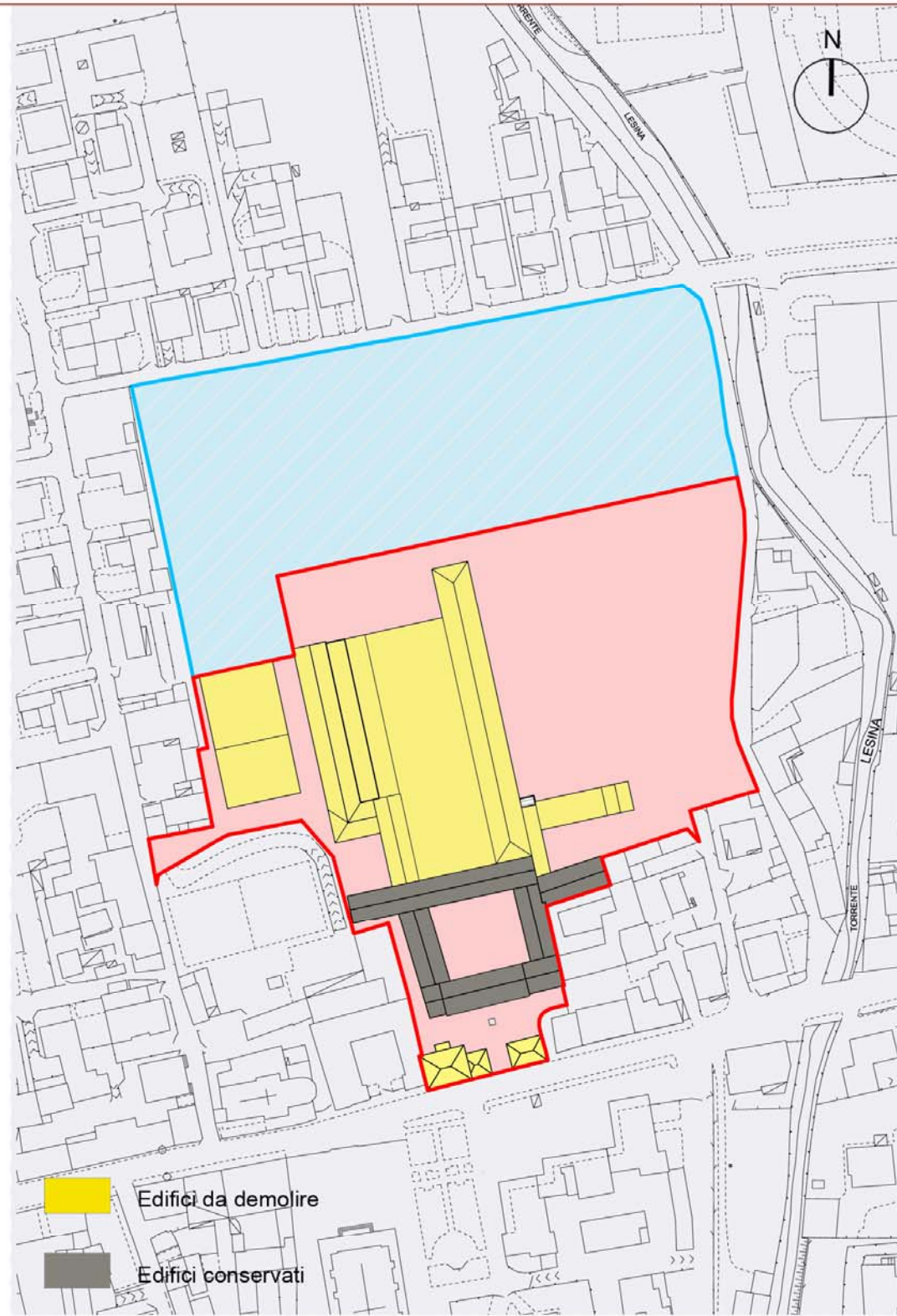


Figura 46 : Ingresso e edificio principale a corte

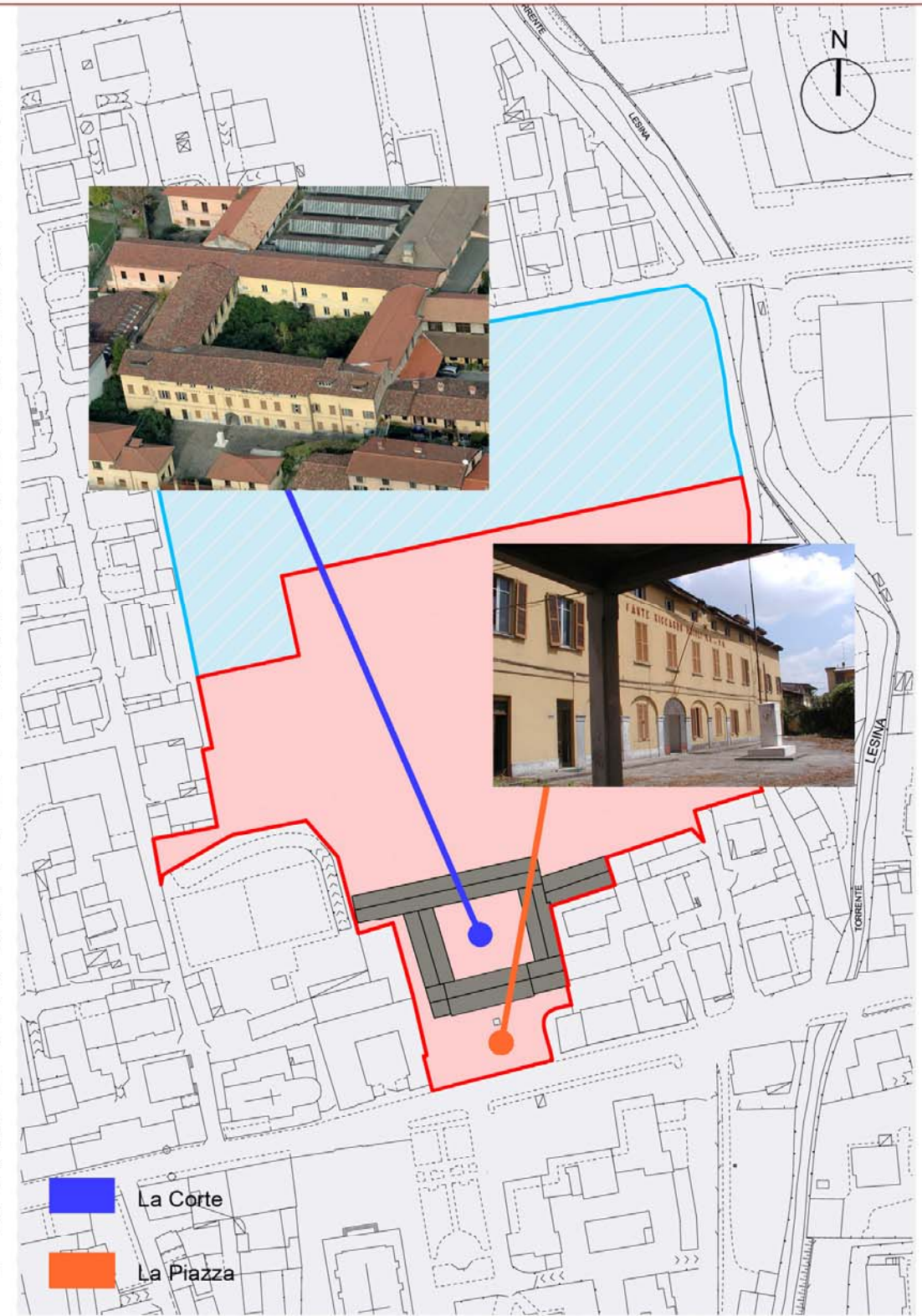
RILIEVI



DEMOLIZIONI-CONSERVAZIONI



FORME ARCHITETTONICHE PRINCIPALI



ASPETTI ARCHITETTONICI

La corte



Porzione di territorio confinata cui la casa (in genere costituita da quattro pareti) si rivolge, presentando verso l'interno il prospetto principale mentre le murature secondarie assumono il ruolo di facciate secondarie. Contribuisce alla transizione tra lo spazio pubblico e lo spazio privato, con un unico ingresso dalla strada.

La piazza



Spazio pubblico aperto, racchiuso all'interno di un centro abitato, più largo delle strade che vi convergono, creando uno spazio di raccolta. Circondata da edifici in genere di valenza pubblica; può svolgere funzione di parcheggio per la sosta dei veicoli o di sede dei mercati.

ASPETTI SOCIOLOGICI



Nasce in opposizione al significato di piazza, come luogo di intimità, riservatezza e protezione, garantendo tranquillità e a chi vi si affaccia. Corrisponde al bisogno di cercare un isolamento individuale e l'atto del proteggersi da tutto ciò che è esterno.



Luogo dell'incontro e di raccoglimento della comunità, in cui si intrecciano cultura e storia, simboli e tradizioni, concepita per accogliere la folla, i mercati e le celebrazioni. Spazio pubblico di interazione, di convivenza e di scambio reciproco tra le persone.

3.2.3.2. Evoluzione del lotto

La scelta progettuale prevede innanzitutto di partire dagli edifici esistenti della caserma, quelli scelti per la conservazione, e utilizzarli come modulo di riferimento per la definizione di altri tre blocchi di edifici a corte, che andranno a definire, dopo quello di spazio chiuso sui quattro lati, le altre tre forme storiche, aprendosi di volta in volta, cioè “perdendo” in sequenza uno o più dei lati che li delimitano; in modo opposto il cortile andrà quindi ingrandendosi sempre di più.

Secondo la logica della spirale, deve essere innanzitutto individuato un punto di partenza centrale : risulta quindi prioritaria l'identificazione di linee guida, di assi di riferimento su cui impostare il progetto : è evidente che i percorsi stradali che circondano il lotto rappresentano i limiti immediatamente visibili e utilizzabili a tale scopo; la griglia che si viene a creare permette di identificare il fulcro della spirale, convenzionalmente posto al centro, circa, di tale maglia, e allo stesso tempo al centro, per quanto definibile, dell'area di intervento.

Da questo punto si disegna poi una spirale, tale da estendersi per tutto il lotto; i tre nuovi edifici vengono collocati pressoché alla stessa distanza a cui si trova la caserma rispetto al fulcro stabilito.

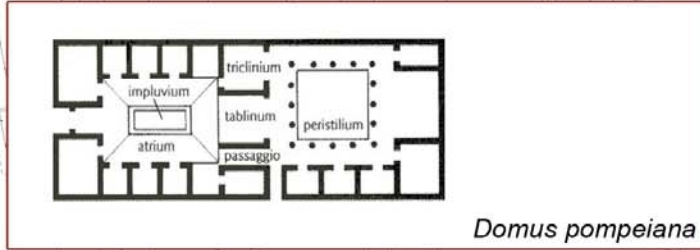
La posizione degli edifici esistenti rappresenta sicuramente un ostacolo, dato che le sue dimensioni, se utilizzate anche per i nuovi edifici, generano un insieme di costruzioni che si estende oltre il perimetro del lotto; è quindi necessario studiare delle collocazioni particolari per il nuovo complesso. Dato che la fase di concept è ancora sostanzialmente una fase pre-progettuale e non definitiva, vengono proposte diverse alternative per ovviare a questo problema, disponendo gli edifici in posizioni diverse e con rotazioni diverse dei loro assi, ma sempre secondo le idee iniziali.

Come passo successivo abbiamo sviluppato una soluzione preliminare di masterplan, pensando innanzitutto alle relazioni che potrebbero intercorrere tra i servizi esistenti (a nord e a sud del lotto) e i servizi proposti all'interno del lotto, così da creare una continuità di funzioni a disposizione dei cittadini. Si viene così a creare una fascia di funzioni che si sviluppa da nord a sud, proprio in corrispondenza del centro del paese, che potrebbero essere facilmente collegate tra di loro tramite percorsi pedonali e ciclopedonali alberati, incentivando così lo spostamento delle persone attraverso mezzi diversi dall'auto, e ridurre quindi il problema dell'inquinamento e del traffico.

ANALISI STORICA

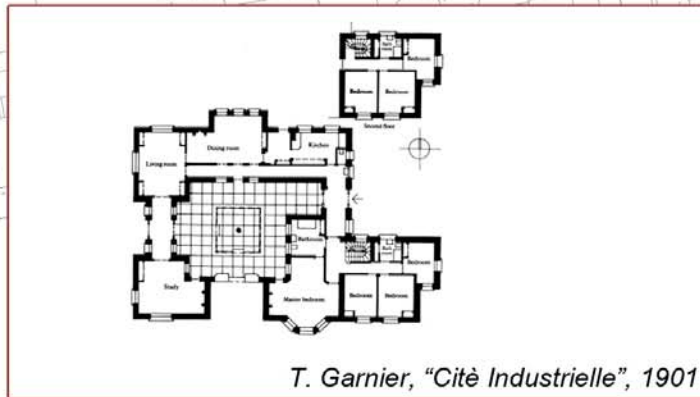
Dall'antichità :

Tipologia più diffusa : edificio chiuso sui quattro lati



Fine XIX sec. - inizio XX sec. :

Eliminazione dell'edificio a ridosso del fronte stradale; la corte è delimitata solo su tre lati



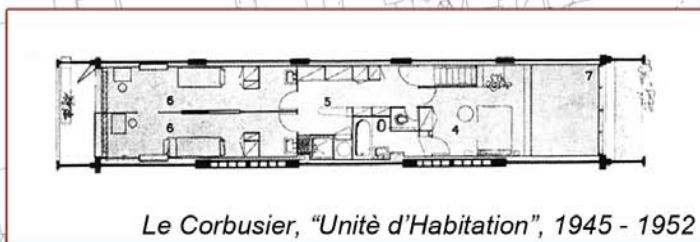
Anni '20 del XX sec. :

Comparsa dei primi elementi compositivi degli schemi "a L"



Dopoguerra :

Movimento moderno : sostituzione della tipologia a corte con quella dell'edificio "a stecca"



IDEA DI PROGETTO

Analisi dell'edificio

Identificazione dell'edificio esistente con la tipologia abitativa dell'edificio a corte.



Analisi storica

Inizio XX sec. : problema delle abitazioni : viene rivalutata la tipologia abitativa delle corti e vengono proposti nuovi modelli

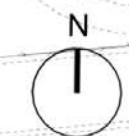
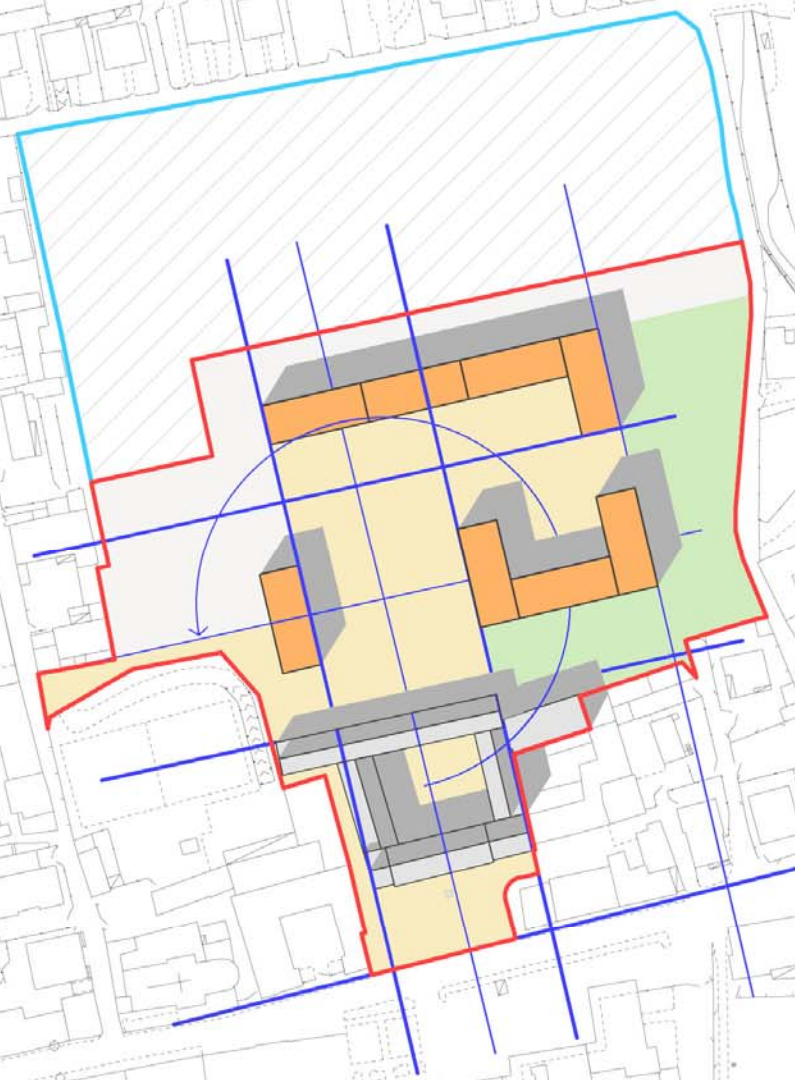


Scelta progettuale

Riproposta delle tipologie di edificio a corte sviluppate nel XX sec..
Ogni edificio rappresenta una tipologia, secondo una logica di evoluzione rappresentata dalla distribuzione circolare

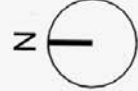
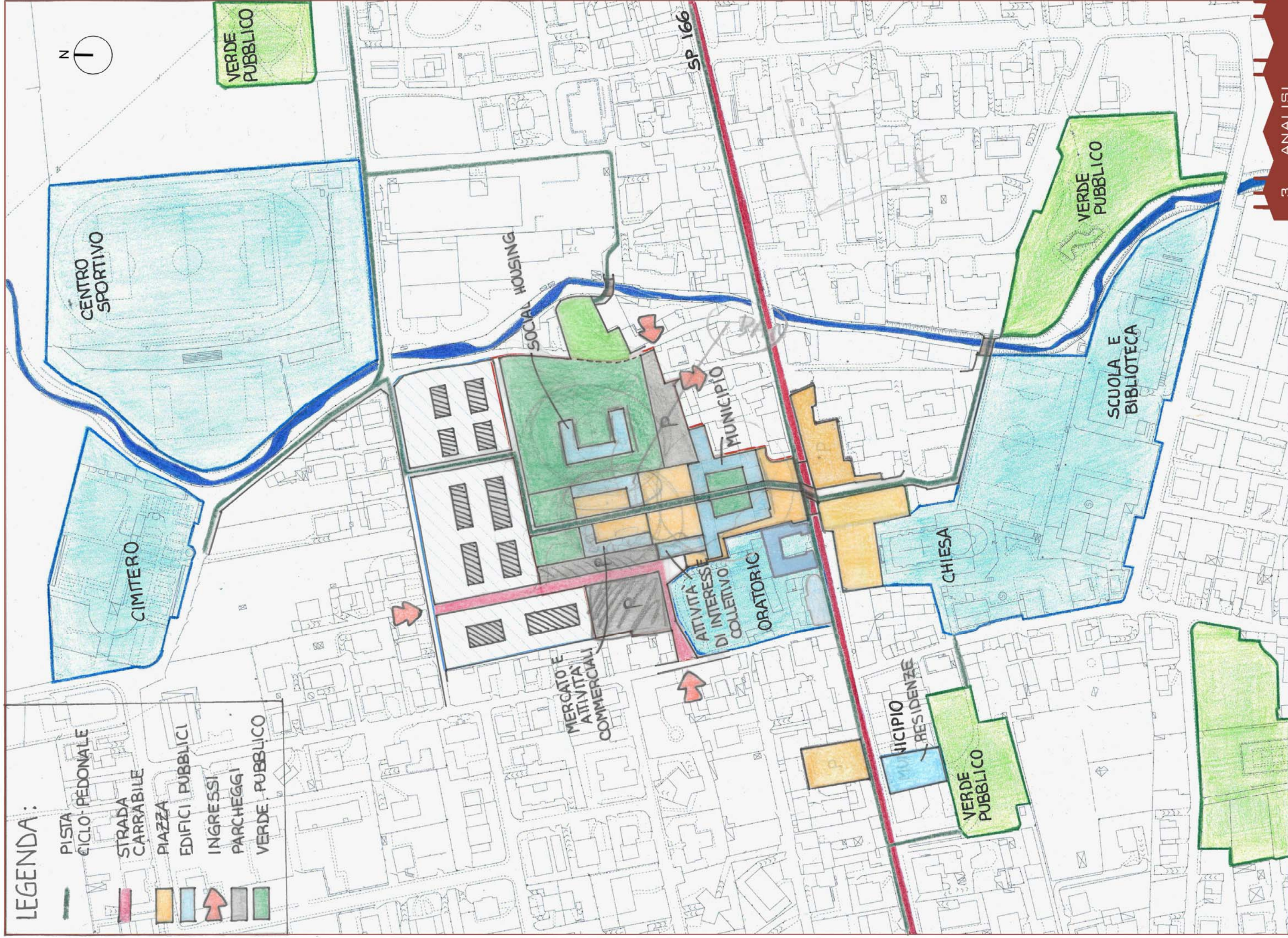
LEGENDA

- Linee guida principali
- Linee guida secondarie
- Diametro di riferimento
- Ingressi all'area
- Edificio esistente : corte centrale
- Nuovo edificio : corte aperta
- Nuovo edificio : forma "a L"
- Nuovo edificio : forma "a stecca"
- Sistema delle piazze
- Spazi destinati a parcheggio
- Fascia verde di rispetto



LEGENDA:

- PISTA CICLO-PEDONALE
- STRADA CARRABILE
- PIAZZA
- EDIFICI PUBBLICI
- INGRESSI
- PARCHEGGI
- VERDE PUBBLICO



4

**PROGETTO
ARCHITETTONICO**

4.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

La *Caserma Moioli* rappresenta il punto di partenza di tutta la progettazione, poiché è la riqualificazione di tale complesso che promuove l'analisi su tutta l'area.

Da scelte progettuali, come già precedentemente riportato, soltanto l'edificio principale viene conservato e riqualificato, (tranne una parte dell'ala est che viene demolita), mentre gli edifici minori (ad ingresso dell'area e nella fascia ad est) vengono demoliti completamente e non vengono quindi analizzati.

Come già analizzato tuttavia, le richieste del *bando*, hanno evidenziato la necessità di costruire anche nuovi edifici, per collocare tutte le funzioni richieste; si erano distinti in particolare ***quattro moduli funzionali*** :

- *Municipio e attività affini*
- *Attività sociali e ricreative*
- *Edilizia popolare convenzionata*
- *Attività di settore terziario*

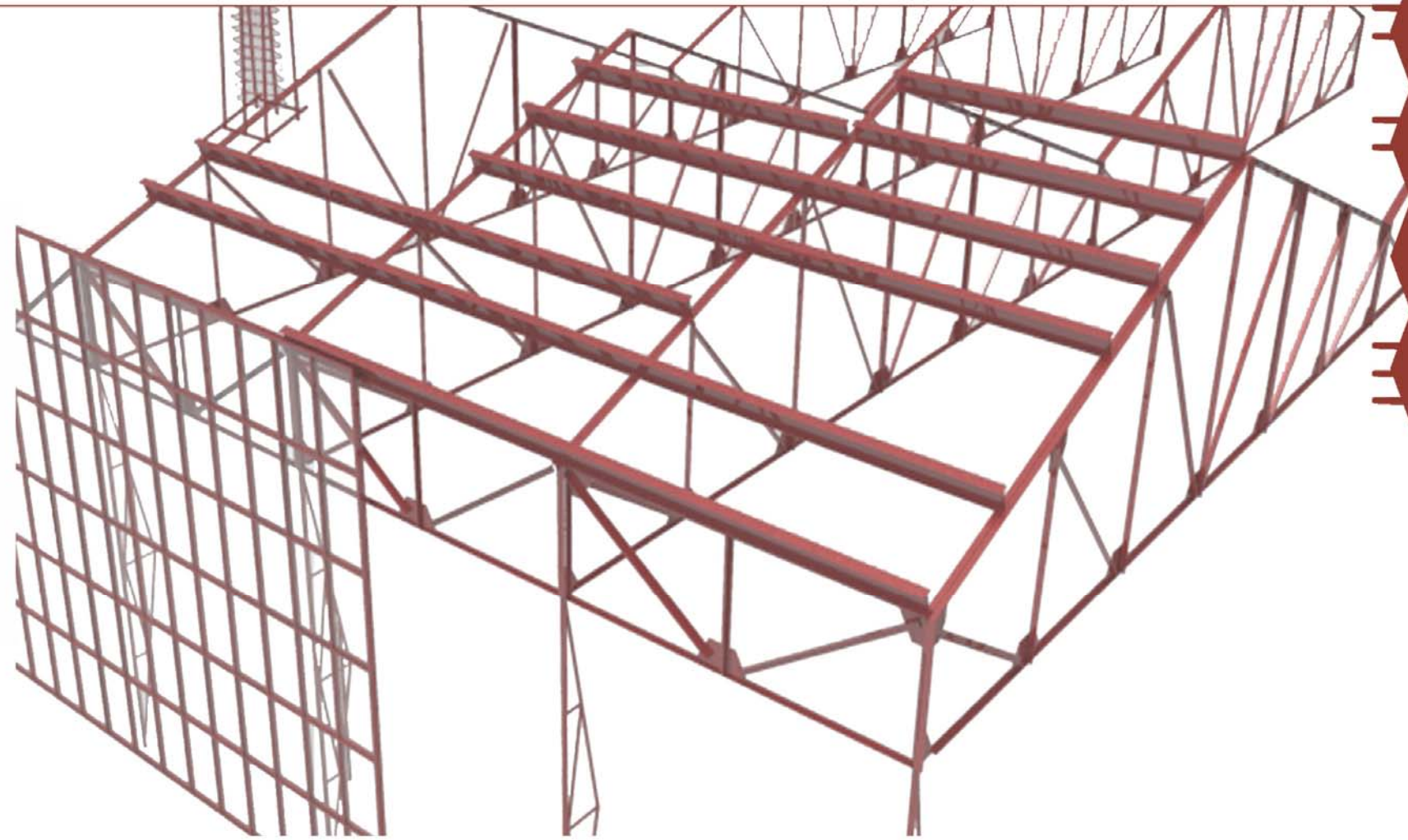
4.1.1. Concept

Ogni progetto si basa sull'elaborazione preliminare di un concept, cioè di un "simbolo" progettuale, che identifichi la logica su cui sviluppare e incentrare la progettazione. Sono già stati identificati, negli elementi spaziali della corte, della piazza, del mercato i punti focali dello studio, secondo le analisi del lotto. A livello creativo invece, il concept deve basarsi necessariamente sulle idee architettoniche che si vogliono elaborare.

Secondo le analisi pre – progettuali precedentemente sviluppare, nasce l'esigenza di creare differenti blocchi che soddisfino la committenza e le destinazioni d'uso suddette, ma comunque lasciando che queste siano interindipendenti: ecco quindi che si procede secondo l'idea di creare un complesso di edifici distinti, che però siano al medesimo tempo in relazione tra loro; si sceglie il principio della "scatola nella scatola", della doppia pelle, di un'unica struttura che racchiuda al suo interno gli altri edifici. Così come nel corpo umano lo scheletro costituisce la struttura del corpo umano, analogamente la struttura della grande scatola esterna diventa lo scheletro dell'edificio.



Le utenze: BAMBINI, GIOVANI, ANZIANI



Analogia progettuale :

La STRUTTURA è lo SCHELETRO di un edificio.



PIEDE della costruzione



BRACCIA E GAMBE della costruzione :



TESTA della costruzione

4.1.2. Divisione modulare: Modulo A, Modulo B, Modulo C

Per facilitare la comprensione della composizione dei diversi edifici, tra esistenti e nuovi, si è ricorse a una suddivisione modulare, tale per cui, per ogni immobile, viene associata una lettera dell'alfabeto.

Il primo blocco quindi, riferito all'edificio esistente e, nell'insieme di tutte le attività che si deciderà di collocare, rappresenta il **MODULO A**.

Tutte le altre attività che il *bando* richiede e che non hanno trovato spazio negli edifici esistenti, devono essere necessariamente collocate in **edifici di nuova costruzione**: si considererà pertanto un nuovo grande edificio, destinato alle **attività ricreative (centro giovanile, centro anziani, spazi ricreativi per bambini)**; secondo una prima ipotesi architettonica, viene suddiviso in due parti, considerate rispettivamente come **MODULO B** e **MODULO C**, di cui il primo riferito alla scatola esterna, mentre il secondo come insieme dei blocchi interni.

Per completezza si considerano anche i **MODULI D ed E**, che rappresentano invece gli edifici destinati ad attività terziarie (uffici postali, agenzia bancaria, negozi) e di edilizia popolare convenzionata.

4.2. RELAZIONI CON L'INTORNO

4.2.1. Servizi esistenti

Il lotto di progetto è collocato in una posizione strategica, non solo per la centralità rispetto al paese, ma anche per la sua vicinanza con i servizi esistenti. Se si prende come riferimento la strada provinciale che divide a metà il paese, a nord di essa si trovano il cimitero e il centro sportivo; e spostandoci verso est, in prossimità del paese di Ponte San Pietro, c'è un grande polo scolastico superiore, con molte strutture a indirizzi diversi, che attirano molti studenti anche dai paesi limitrofi. A sud della strada invece sono collocati l'asilo con le scuole elementari e medie, e la piazza della chiesa; quest'ultima risulta mal gestita, con alcuni parcheggi che occupano attualmente uno spazio che invece potrebbe essere sfruttato diversamente, favorendo così la diffusione di spazi di incontro e di scambio tra i cittadini. Infine, proprio in un'area adiacente al lotto di progetto, è situato l'oratorio, caratterizzato da alcuni edifici e da un grande cortile.

Il fatto che i futuri edifici verranno localizzati all'interno di un contesto già ben strutturato, rende molto semplice la connessione fra tutti i servizi proposti, sia quelli esistenti sia quelli che saranno realizzati; il tutto costituirà idealmente una fascia continua sviluppata da nord a sud, con tutti i servizi opportunamente collegati tra di loro, al fine di facilitare ma soprattutto di invogliare i cittadini a percorrerla interamente.

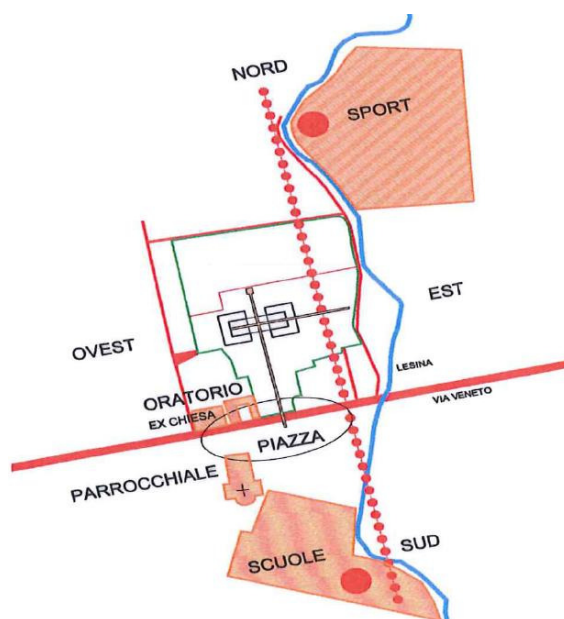


Figura 47 : Schema di distribuzione dei servizi del paese

4.2.2. Viabilità

Come accennato precedentemente, l'obiettivo principale consiste nel collegare opportunamente tutte le attività suddette; si pensa innanzitutto a dei percorsi pedonali e ciclo pedonali alberati, che si integrerebbero con alcuni percorsi già esistenti, in particolare la pista ciclopedonale che percorre la strada del polo scolastico, in via Maria Montessori, e la pista che segue a nord il centro sportivo, in corrispondenza di via Olimpia.



Figura 48 : Percorso ciclopedonale esistente, via Montessori

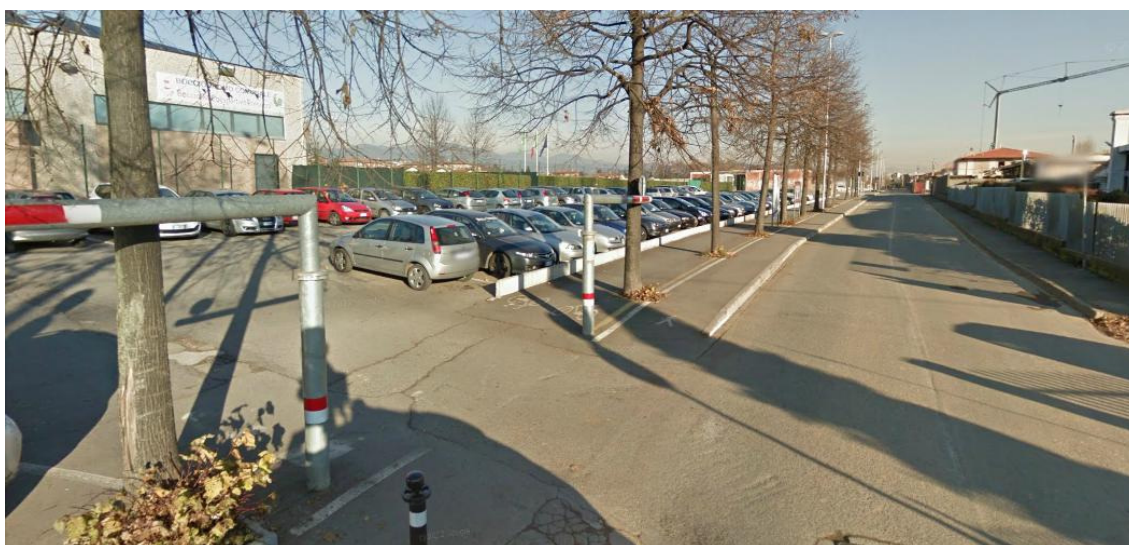


Figura 49 : Percorso ciclopedonale esistente, via Olimpia



Figura 50 : Sezione "tipo" di strada con percorso ciclopedonale

Incentivando le persone a effettuare questi tragitti, si renderebbe automaticamente più agevole e meno trafficata la strada provinciale che attualmente separa in due il paese, e che rappresenta una grave fonte di inquinamento. Il fatto che il lotto sia caratterizzato da quattro accessi, di cui uno solo pedonale, in corrispondenza di ogni suo lato, è un altro elemento che rappresenta una naturale declassazione della Via Vittorio Veneto; infatti, le automobili provenienti da tutte le direzioni, avrebbero la possibilità di effettuare dei tragitti differenti, per accedere appunto ai tre ingressi, a seconda delle necessità e a seconda della provenienza, regolando opportunamente i sensi di marcia, e rendendo le strade a senso unico dove necessario.

Le condizioni attuali consentirebbero inoltre di realizzare un percorso pedonale che, attraversando la piazza della chiesa, permetterebbe di accedere direttamente al polo scolastico a sud, collegandosi poi con il parco limitrofo; questo importante collegamento rappresenta, soprattutto per i giovani e gli studenti, una facile e diretta connessione tra il centro giovanile (nuovo progetto) e le scuole.



4.3. MASTERPLAN

La distribuzione degli edifici è stata pensata in funzione dell'unico immobile dell'ex caserma che abbiamo deciso di conservare: la corte di ingresso. Essa rappresenta il punto di partenza per lo sviluppo e la distribuzione delle varie funzioni all'interno del lotto. Al centro dell'area si innesta il mercato coperto, un complesso polifunzionale di pianta rettangolare e parallelo all'ex filanda; lungo la strada che collega i due edifici, si collocano due strutture con tetto giardino, che ospitano le più comuni funzioni di farmacia, posta, banca e negozi, attualmente situate nella limitrofa piazza Papa Giovanni XXIII. A est invece si posizionano le sedi destinate alle residenze.

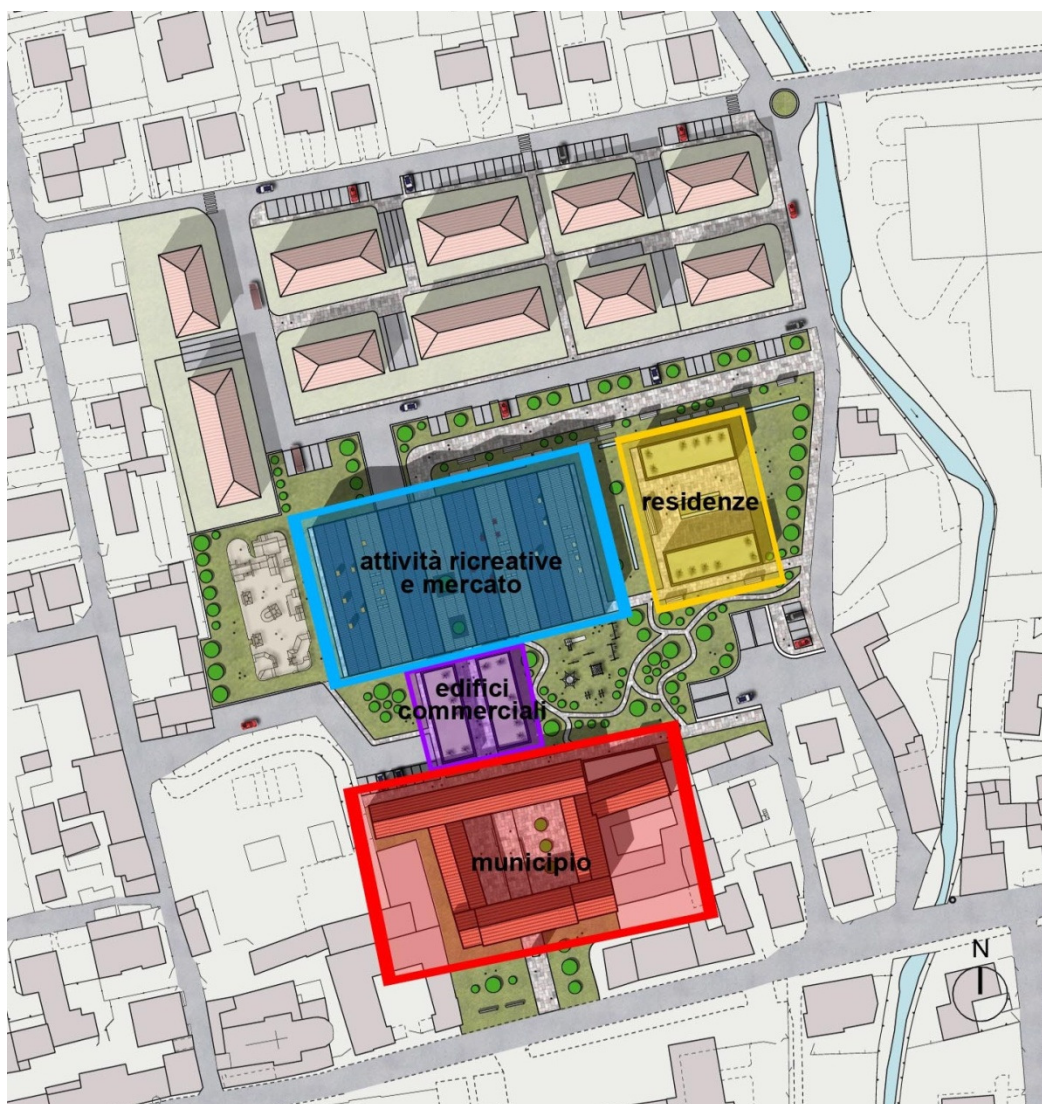


Figura 51 : Distribuzione funzionale del lotto

4.3.1. Sistema del verde

Gli spazi verdi e i parchi pubblici attualmente presenti sul territorio di Presezzo sono piuttosto scarsi e di piccole dimensioni. Per questa ragione si è pensato di sfruttare la grande area a disposizione per creare una perfetta interazione fra gli edifici e delle superfici verdi: la più importante quella centrale, che rappresenta un grande parco con alberi, percorsi pedonali e uno spazio riservato ai giochi per i bambini. A ovest invece lo spazio a disposizione è stato sfruttato per la realizzazione di un campetto da skate, peraltro usufruibile anche dalle utenze del vicino oratorio. Anche le residenze sono inserite in un grande giardino, con un filare di alberi adiacente alla strada carrabile che le separa dalla stessa, e le racchiude in uno spazio protetto e tranquillo. Complessivamente quindi tutti gli edifici risultano inseriti e circondati da un armonioso e piacevole contesto verde, che determina un ecosistema urbano di benessere per chi lo frequenta.



Figura 52 : Distribuzione delle aree verdi nel lotto

4.3.2. Viabilità e parcheggi

Per quanto riguarda l'accessibilità veicolare, esistono diversi punti di ingresso: uno da ovest, già esistente e in corrispondenza della via Roma, e uno da sud-est, in corrispondenza della via Baschenis; in questo punto sono previsti anche l'ingresso e l'uscita del parcheggio interrato per le automobili. Il progetto prevede un ulteriore accesso da nord passante attraverso l'area privata e a disposizione anche dei mezzi riservati al rifornimento delle merci per il mercato.

Per quanto concerne invece i percorsi pedonali, il lotto è attraversato da una grande strada che, passando attraverso l'antico edificio, conduce direttamente al mercato coperto, e quindi prosegue parallelamente alla strada carrabile verso nord, in direzione del torrente e del centro sportivo; essa rappresenta quindi un collegamento diretto fra i servizi esistenti situati a sud e i servizi presenti a nord. Sono inoltre presenti delle stradine nel parco più grande e una di collegamento con le residenze.

I parcheggi attualmente presenti sul territorio sono scarsi, e concentrati perlopiù in aree poco adatte a svolgere tale funzione. Pertanto il progetto prevede la realizzazione di nuovi parcheggi, in particolare a nord lungo la strada parallela al lotto privato; si ipotizza inoltre di riservare a parcheggi una superficie interrata, senza trascurare le opportune distanze dal torrente, dove il terreno risulta inevitabilmente più instabile.

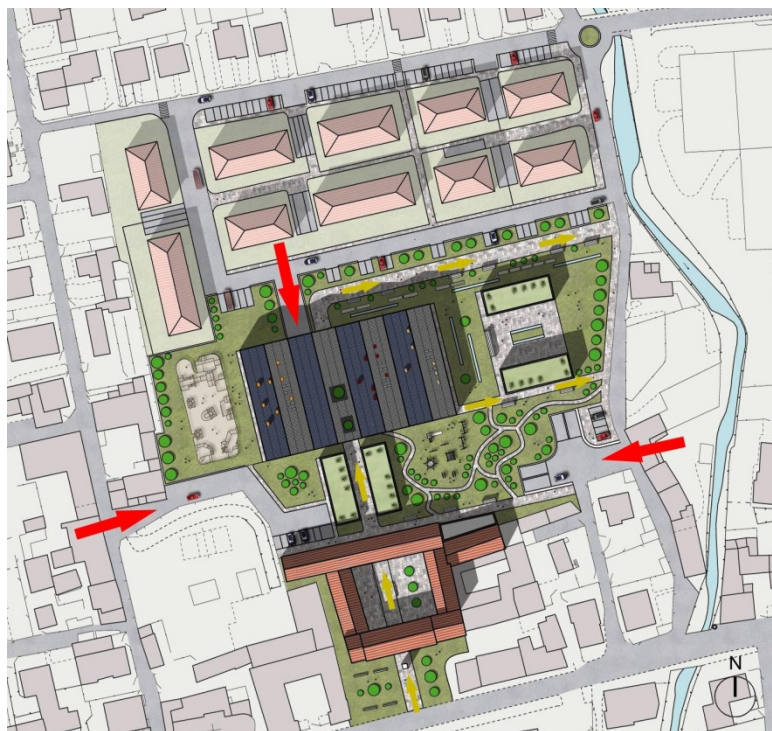
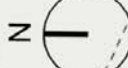


Figura 53 : Accessi e circolazione pedonale nel lotto



N

torrente Lesina

percorso pedonale

verde pubblico

residenze

parco pubblico

ingressi parcheggio sotterraneo

piazza pubblica

ingresso pedonale principale

parcheggi pubblici

ingresso mezzi mercato

attività ricreative e mercato

edifici commerciali

municipio

ingresso veicolare

verde privato

campetto skateboard

4.3.3. Introduzione agli edifici

Secondo quanto previsto dal bando di concorso, ma anche secondo una valutazione delle esigenze del paese, abbiamo previsto all'interno del lotto degli edifici a destinazione commerciale, residenziale, ma soprattutto di ritrovo e unione per la collettività.

MODULO A, Edificio esistente – ex caserma:

come già accennato, l'unico edificio mantenuto intatto è la corte di ingresso, che un tempo ospitava la caserma e ancora prima una filanda. A differenza degli altri immobili esistenti che risultano piuttosto insignificanti da un punto di vista architettonico e, in alcuni casi, in condizioni di degrado e instabilità strutturale, la corte appare tutto sommato in buone condizioni e con delle peculiarità architettoniche che la rendono interessante, soprattutto pensando a un suo riuso come municipio.

Quello attuale infatti, situato a poca distanza, risulta piuttosto piccolo e quindi non in grado di ospitare le necessarie funzioni. Vista invece la dimensione di quella che potrebbe essere la nuova sede, si potrebbe pensare non solo agli uffici comunali, ma anche di destinare degli spazi per altre attività, quali associazioni e polizia; insomma, in generale tutte quelle funzioni di carattere amministrativo.

Sarà chiaramente necessario agire con degli opportuni interventi di ristrutturazione e di adeguamento rispetto alla normativa attualmente vigente, soprattutto in materia di antisismica; inoltre tutte le chiusure orizzontali e verticali dovranno essere dotate di isolamento termico e acustico.

MODULI B e C, Teca vetrata e Mercato coperto:

viene previsto nel centro del lotto un edificio multifunzionale che accoglie al suo interno non solo l'attività del mercato, ma anche funzioni di interesse comune, che riuniscano diverse categorie della collettività, in particolare bambini, giovani e anziani. La struttura è caratterizzata da un involucro vetrato esterno, alto circa 12 metri e suddiviso in quattro campate, ciascuna ospitante una "categoria" fra quelle citate precedentemente; al suo interno degli edifici a uno o due piani destinati a differenti attività, anche in base all'uso di colori per i rivestimenti esterni che ne segnalano la diversa funzione. Ogni campata è caratterizzata da una copertura a doppia falda in materiale opaco, che richiama i tipici tetti delle abitazioni del paese e anche della stessa ex caserma. L'orientamento dell'edificio richiede particolari accorgimenti nella scelta dei sistemi di

oscuramento, soprattutto pensando che tutte le chiusure verticali della teca sono vetrate, a eccezione della parete nord che invece è costituita da pannelli di policarbonato. Su quattro campate, solo una è aperta sui due lati sud e nord, quella in cui è prevista l'attività del mercato una volta alla settimana, e destinata a piazza di ritrovo e di svago negli altri giorni, grazie anche alla presenza di un risto/bar. Nel complesso quindi la struttura appare come un luogo di incontro, di relazione, ma anche di cultura e di istruzione, di interazione fra categorie apparentemente molto distanti.

MODULO D, Edifici commerciali:

collocati lungo il percorso pedonale principale, fungono da collegamento fra il vecchio edificio e il nuovo. Sono semplici strutture a un piano con il tetto giardino che, osservato in planimetria, si inserisce idealmente nel verde circostante. Ospitano attività di carattere commerciale, in particolare la farmacia, la posta, la banca e alcuni negozi, che attualmente sono collocati in un'altra zona del paese. Questi ambienti hanno di norma un'affluenza quotidiana piuttosto frequente pertanto, posizionati in questo punto, possono attirare le persone e indurle a proseguire il percorso verso il vero polo principale, che è il mercato coperto.

MODULO E, Residenze:

situate a est, in un'area giustamente più isolata e appartata, e immersa in un contesto verde. Sono due edifici gemelli a più piani e con tetto giardino piano, separati da una piccola piazza; l'uno ospita il centro per gli anziani e l'altro delle residenze pensate soprattutto per i giovani; non si esclude la possibilità di sfruttare alcune camerate per pernottamenti brevi, un po' nello stile degli ostelli.

4.4. DISTRIBUZIONE SPAZIALE

Di seguito vengono riportate nello specifico le distribuzioni delle varie attività all'interno dei blocchi della teca vetrata, nonché la riorganizzazione degli spazi interni dell'edificio esistente.

4.4.1. Riorganizzazione spaziale Modulo A

L'intervento rappresenta sostanzialmente un recupero, dell'area come del complesso edificato esistente, perciò la progettazione prende le mosse dall'analisi delle funzioni da attribuire a tali spazi : è il bando di progetto a fornire le linee guida, esplicitando le necessità d'uso del comune richieste dal paese; si pensa quindi di sfruttare i locali esistenti.

L'attenzione si concentra innanzitutto sul **nuovo Municipio** : la sede attuale, situata sul lato opposto della strada, risulta insufficiente, in primo luogo dal punto di vista spaziale, e in secondo luogo anche dal punto di vista della risistemazione di degrado e di tecnologia che l'edificio richiederebbe; la Caserma, con il suo valore storico e di memoria collettiva del paese, rappresenta l'edificio più adatto a questa funzione, considerando allo stesso tempo l'ottima posizione occupata nel paese, centrale, e facilmente raggiungibile da tutte le direzioni. Si sceglie perciò di destinare a questa funzione il blocco più importante del complesso esistente, il più antico, con la facciata principale e l'ingresso al lotto. Essendo comunque lo spazio insufficiente, si decide di occupare anche le **ali laterali**, spazialmente connesse. Si osserva che il blocco principale è l'unico a svilupparsi su tre piani, rispetto ai due di tutti gli altri edifici.



Figura 54 : Vista dall'alto dell'edificio a corte esistente

La nuova sede municipale viene occupata con gli uffici comunali attualmente esistenti, oltre che da quelli di cui si richiede la formazione: si sceglie di disarticolare spazialmente il complesso, secondo la **misura spaziale del "piano"**: si cerca di collocare funzioni analoghe in luoghi attigui, in riferimento ai tre piani.

Si viene a creare perciò una netta distinzione :

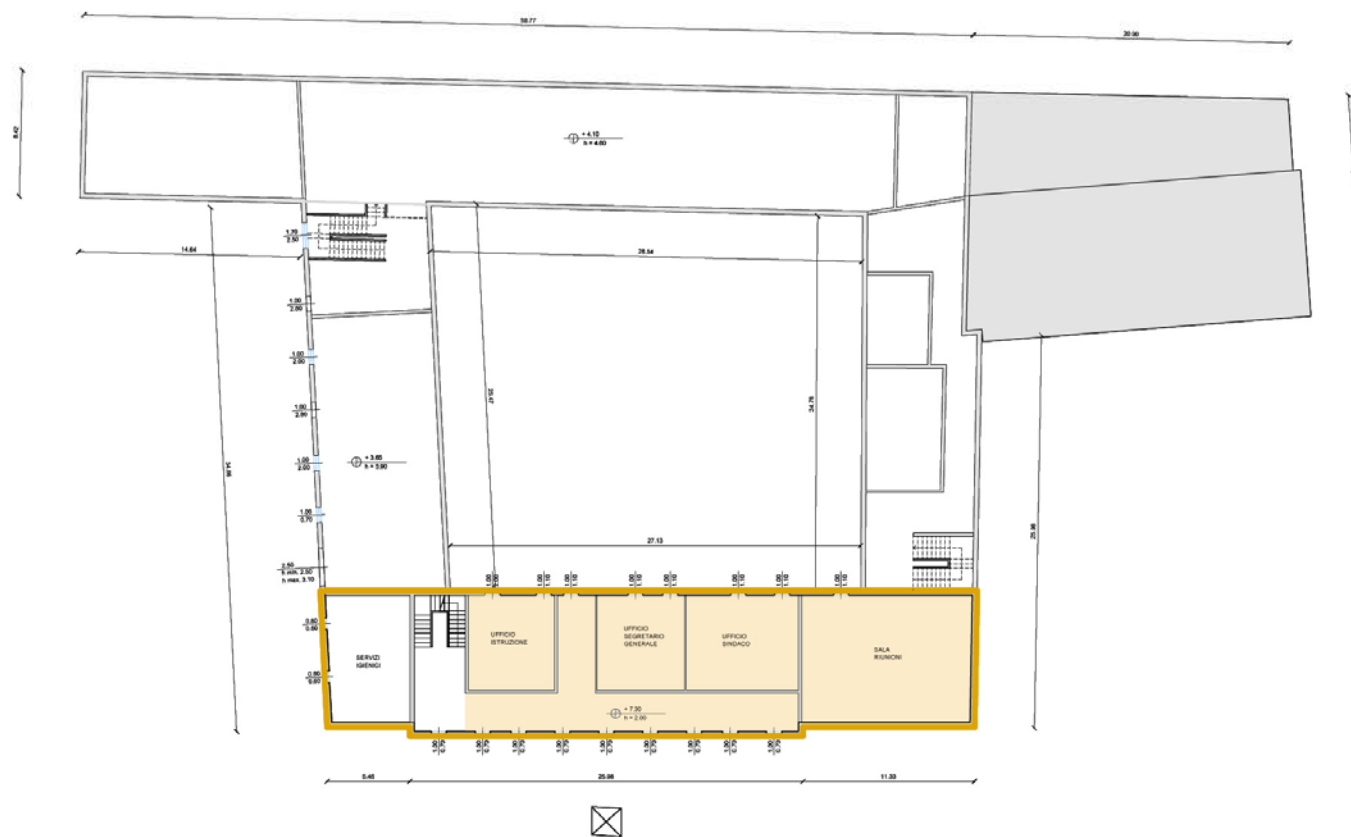
- **Piano terra** : Uffici demografici e di relazione con il cittadino ; Polizia Locale
- **Piano primo** : Uffici commerciali e amministrativi ; Ufficio tecnico
- **Piano secondo** : Uffici servizi sociali ; Uffici privati

Gli spazi che ancora non sono utilizzati (**parte dell'ala ovest e di quella a nord, al primo piano**), vengono destinati alle **associazioni cittadine**: si tratta delle funzioni che sembrano essere le più affini a quanto già analizzato, e specificatamente richieste come attività sociali.

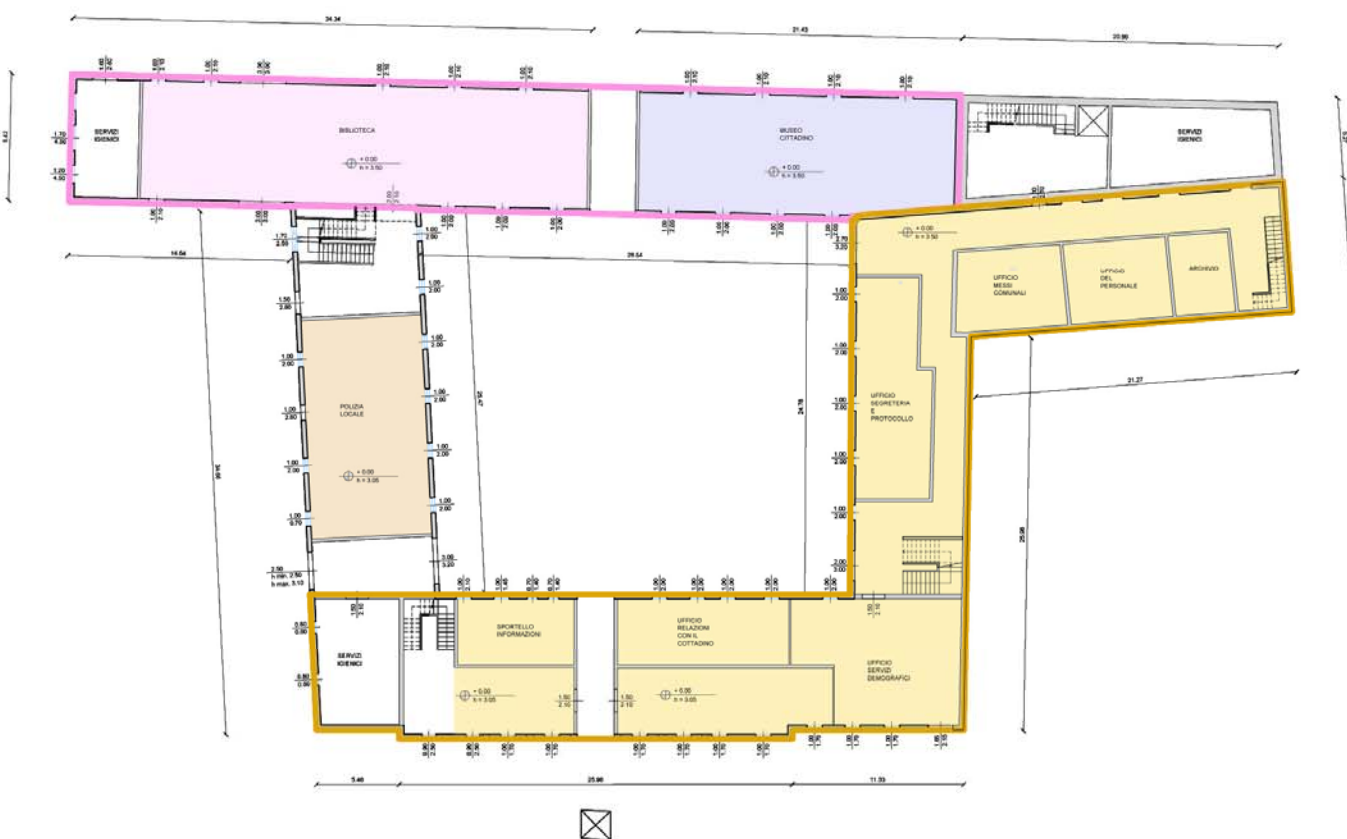
Pianta Piano Primo



Pianta Piano Secondo



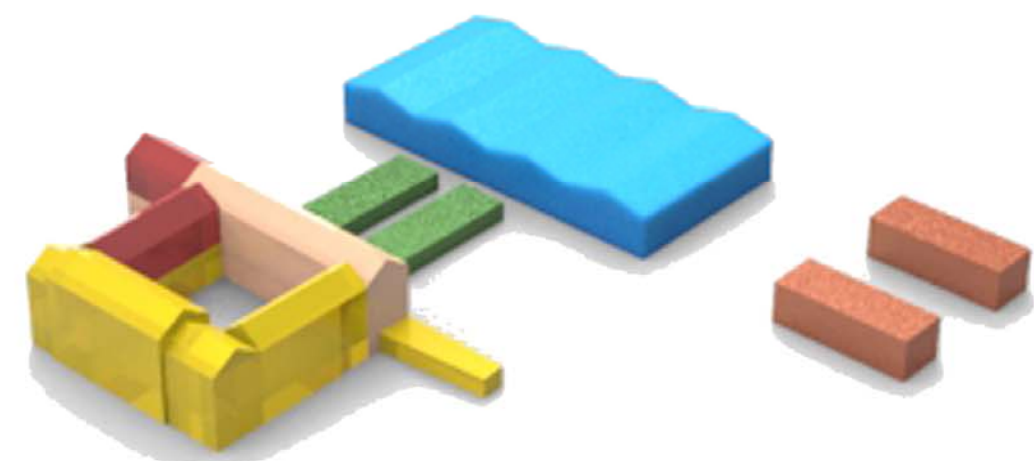
Pianta Piano Terra



- MUNICIPIO :**
 - Uffici demografici e di relazione con il cittadino
 - Polizia locale
 - Uffici commerciali e amministrativi
 - Ufficio tecnico
 - Uffici servizi sociali ; Uffici privati

- BIBLIOTECA :**
 - Museo cittadino
 - Biblioteca

- ASSOCIAZIONI CITTADINE**



4.4.2. Organizzazione spaziale Modulo B, Modulo C

Dopo aver occupato gli spazi con la funzione principale, alcune aree restano però inutilizzate: il richiamo al bando di progetto prevede nel lotto la collocazione di funzioni specifiche che, come già analizzato, si distinguono in quattro blocchi funzionali:

- *Municipio e attività affini*
- *Attività sociali e ricreative*
- *Edilizia popolare convenzionata*
- *Attività di settore terziario*

Un piccolo accenno anche alla **biblioteca**, attualmente collocata presso le scuole medie del paese, in via Maria Montessori; vista la posizione non del tutto ottimale, si è pensato di trasferirne la destinazione presso il blocco a nord della corte, nel quale si predispone anche il **museo cittadino** che il bando richiede.



Figura 55 : Scuola media, attuale sede della biblioteca

Va specificato che solamente per l'involucro esterno (teca) e i blocchi al suo interno è stata effettuata un'analisi approfondita e dettagliata, mentre per gli altri edifici, a destinazione commerciale e residenziale, ci si è limitate a un'analisi sommaria.

Le destinazioni d'uso per i Moduli B e C sono state pensate per tre differenti utenze: i bambini, i giovani e gli anziani; in ognuna delle quattro campate dell'involucro vetrato le attività sono ospitate all'interno di edifici a uno o due piani con copertura piana.

4.4.2.1. Pianta piano interrato

Il piano interrato copre una parte della teca vetrata e si estende a est fino ai limiti dei due edifici residenziali; è caratterizzato, da una tipica struttura in cemento armato a maglia strutturale regolare. Sono previsti due accessi carrabili (tramite rampe a doppio senso di marcia) nella parte sud – est, proprio in corrispondenza di uno dei tre accessi carrabili al lotto; l'interrato è suddiviso sostanzialmente in due parti, di cui una destinata ai posteggi auto per le residenze, mentre l'altra, più grande, è destinata ai posteggi auto di tutte le altre attività previste nell'area. L'accesso ai piani superiori è consentito da quattro ascensori, con rispettive rampe di risalita, due in corrispondenza degli edifici residenziali, uno in corrispondenza della teca vetrata e uno in corrispondenza di un altro piccolo edificio, situato in prossimità del municipio, così che il piano terra risulta omogeneamente servito. Al fine di garantire la sicurezza in un ambiente chiuso e destinato alla circolazione di veicoli, sono state rispettate tutte le dimensioni e le distanze necessarie per le manovre e gli spostamenti delle automobili; sono stati previsti dei posti auto per disabili, opportunamente vicini ai blocchi di risalita; infine, in corrispondenza del lato nord delle autorimesse, sono stati posizionate delle griglie di sicurezza per la fuoriuscita dei fumi.

4.4.2.2. Pianta piano terra

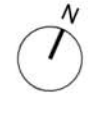
Le attività dei giovani sono distribuite in due differenti edifici, in cui troviamo una palestra, una sala prove musicale e un'aula multimediale; entrambi gli edifici sono dotati di servizi igienici e opportunamente adeguati per evitare qualsiasi condizione di barriera architettonica. La seconda campata, aperta sui due lati nord e sud ha un solo edificio, ospitante un piccolo ristorante con la cucina e i servizi igienici; all'interno dello stesso anche un ascensore per garantire l'accesso al mercato dai parcheggi interrati. Lo spazio restante di questa campata è invece destinato al mercato, dotato di bancarelle mobili che vengono allestite una volta alla settimana, grazie all'accesso dei furgoncini consentito da un passaggio a nord. Nella terza campata altri due edifici riservati ai bambini, con delle aule dedicate ad attività ricreative e di gioco, e con i rispettivi servizi igienici. Infine nella quarta campata si trovano le attività per gli anziani, con una palestra, un'aula multimediale e i servizi igienici.

4.4.2.3. Pianta piano primo

Solo uno dei due blocchi dei giovani si sviluppa su due piani; il livello superiore, raggiungibile tramite un ascensore, è caratterizzato da un'aula informatica, una zona ristoro e un'aula studio. Invece entrambi i piani superiori dei blocchi dei bambini sono dotati di un'aula studio, pensate specialmente per essere sfruttate dopo la scuola e dare l'opportunità ai bambini di studiare e svolgere i compiti insieme, opportunamente aiutati se necessario. Nell'ultima campata infine solo una parte del grande edificio è caratterizzata da un piano primo, con un'aula informatica, un laboratorio e un grande spazio di interazione fra gli anziani e i bambini; un ambiente pensato per creare un contatto diretto fra queste due categorie, favorendone gli scambi e la comunicazione, e dando l'opportunità agli anziani di svolgere il ruolo di "nonni" verso dei "nipoti". Questo spazio è raggiungibile dalle due diverse utenze tramite una passerella vetrata che collega i due blocchi.

4.4.2.4. Pianta copertura

Ogni campata è caratterizzata da due falde inclinate, in materiale opaco di zinco titanio. I pannelli che costituiscono le falde a sud hanno il fotovoltaico integrato, mentre i pannelli rivolti a nord sono privi di fotovoltaico, e in alcuni punti sono previste delle aperture finestrate per garantire una corretta ventilazione nel periodo estivo attraverso la fuoriuscita dell'aria calda. In corrispondenza delle falde che coprono il mercato, sono previste due grandi aperture per la fuoriuscita delle chiome degli alberi situati proprio in prossimità delle bancarelle; la presenza della vegetazione in uno spazio coperto, ma non chiuso, non solo permette di realizzare un ambiente confortevole e gradevole, ma anche di dare un senso di continuità al verde esterno, che in qualche modo si insinua negli ambienti della teca vetrata. La copertura è caratterizzata da camini di ventilazione e camini solari, questi ultimi provenienti direttamente dagli edifici sottostanti.









4.5. MATERIALI DI FACCIATA

Gli involucri di rivestimento e i materiali di facciata (e di copertura) che caratterizzano gli edifici sono in realtà due: quelli della teca vetrata e quelli degli edifici interni alla stessa; ci concentreremo quindi sullo studio dei materiali dei due Moduli B e C.

4.5.1. Prospetti

L'involucro esterno (la teca)

Facciate: tre dei quattro lati che costituiscono la struttura sono caratterizzati da pannelli di vetro altamente resistenti di dimensioni 1 m x 2 m. Alcuni di questi pannelli sono dotati di elementi frangisole orizzontali integrati **OKAWOOD**, della ditta produttrice OKALUX; questa ditta si occupa della produzione di vetri isolanti per l'architettura, e presenta differenti serie a seconda della funzione specifica e dei materiali usati per la produzione, dai vetri isolanti diffusori di luce a quelli antiriflesso. I frangisole sono posizionati sui tre lati sud, est e ovest, dove il sole può rappresentare un elemento di disturbo durante le giornate estive, specialmente se si pensa a una struttura interamente trasparente. Sui due lati est e ovest i frangisole coprono tutta l'altezza dell'edificio, circa 12 metri, mentre sul lato sud arrivano a un'altezza inferiore, oltre la quale è sufficiente l'ombreggiamento offerto dalla sporgenza di 3 metri della copertura. Nello specifico questo sistema di oscuramento è caratterizzato da listelli di legno di spessore 11 mm fissati su montanti all'interno della camera.



Figure 56 e 57 : Università di scienze applicate, Wiesbaden, Germania

Il lato nord dell'edificio è invece caratterizzato da pannelli in polycarbonato tipo **MAKROLON** di dimensioni 1 m x 3 m, posizionati in verticale, di colore trasparente e verde acqua. Questo materiale termoplastico trasparente possiede molte caratteristiche che lo rendono particolarmente adatto per i rivestimenti esterni; innanzitutto è robusto, quindi molto resistente agli urti; è leggero e flessibile, risultando quindi di semplice lavorazione, poiché le lastre si tagliano molto facilmente; le lastre hanno inoltre un'elevata resilienza garantita fino a una temperatura di -100°. Garantiscono un ottimo isolamento termico, consentendo di ottenere un risparmio energetico del 20%. La società BAYER possiede una certa competenza nella produzione e distribuzione di lastre in polycarbonato, e si è occupata di diversi progetti in tutto il mondo. Di seguito un esempio applicativo.



Figura 58 : Stadio di Danzica, Polonia

Copertura: è costituita da due falde inclinate (per ognuna delle quattro campate), una verso nord e l'altra verso sud. Le falde rivolte verso nord sono costituite da un rivestimento opaco in lastre di zinco-titanio tipo **RHEINZINK**, con alcune aperture vetrate per garantire la ventilazione naturale durante i mesi più caldi. Questo materiale, particolarmente adatto per le coperture, è molto flessibile, naturale e rispettoso dell'ambiente; non richiede nessuna manutenzione e pone uno standard di durata per varie generazioni. Anche le falde rivolte verso sud sono costituite da lastre dello stesso materiale, ma del tipo SOLAR FV, poiché hanno il fotovoltaico integrato in silicio amorfo; i pannelli solari vengono incollati sulle singole lastre attraverso la stesura su

tutta la superficie di un collante elastico strutturale a due componenti, conferendogli resistenza sia meccanica che all'umidità. Il sistema zinco-titanio si presta anche per rivestire agevolmente geometrie curve convesse o concave, coniche e sferiche. L'estrema varietà dei particolari costruttivi consentono applicazioni adatte alle architetture sia tradizionali che moderne.



Figure 59 e 60 : Pannelli di Rhein zinc ed esempio applicativo

Gli edifici interni

Facciate: i rivestimenti usati per gli edifici destinati a ragazzi, bambini e anziani sono due, le lastre di AQUAPANEL e il laminato plastico opaco (HPL). Il primo materiale è stato utilizzato per le parti lisce e monocolori, senza nessuna particolare texture, ma semplicemente tinteggiate con il colore assegnato a ogni destinazione d'uso. Le lastre prodotte dalla **KNAUF** sono in cemento fibrorinforzato con rete di armatura sulle due superfici, e possono essere utilizzate sia per interni che per esterni; hanno vantaggi di flessibilità, rapidità di posa, leggerezza e spessori contenuti, che sono tipici del sistema a secco. Di seguito un esempio di casa residenziale in Italia.



Figura 61 : Casa residenziale rivestita in Aquapanel

Invece, i pannelli laminati ad alta pressione, che sono realizzati in plastica termoindurente, offrono molti vantaggi tra i quali la leggerezza, la facilità di lavorazione, la resistenza meccanica e agli urti, la resistenza all'abrasione e all'umidità, la facilità di pulizia, la vasta gamma di colori e decori e la resistenza ai raggi ultravioletti. Quelli da noi scelti sono prodotti dalla ditta **INPEK**, specializzata nella realizzazione di facciate particolari con l'utilizzo di questo materiale. Di seguito un esempio di una scuola in Italia.



Figura 62 : Scuola elementare a Quinto Vicentino

4.5.2. La teoria dei colori

La scelta di questi tre colori progettuali non è casuale, ma si richiama a quella che viene comunemente definita "Teoria dei colori", cioè uno studio, più o meno oggettivo data la complessità dell'argomento, sul rapporto tra l'individuo e il colore, tra il soggetto e i colori che identificano lo spazio che lo circonda; risulta evidente che le costruzioni non possono prescindere da questo aspetto.

Al di là perciò del classico studio cromatico (rivolto generalmente all'esterno di un edificio), la teoria dei colori si concentra sugli spazi interni, cioè su quelli di fruizione. Colore, sentimento e attività fisiologica sono infatti in stretta relazione tra loro: un sentimento può provocare alterazione del ritmo cardiaco o del ritmo respiratorio; oggi è provato che anche un colore può provocare alterazione del sistema ritmico per cui, ad esempio, a seguito dell'esposizione al colore blu si riscontra un rallentamento della frequenza cardiaca, mentre si riscontra un'accelerazione a seguito di esposizione a un bel rosso scarlatto. Da quest'ipotesi discende la necessità di tener conto nel progetto del colore delle possibili ripercussioni sullo stato di salute dei fruitori.

Scegliere il colore di un luogo di abitazione richiede l'attenta osservazione degli spazi e della natura dell'attività che in essi viene svolta: l'osservazione degli spazi interni va rivolta alle forme, alla luce naturale e a quella artificiale: la prima modella chiaroscuralmente e cromaticamente lo spazio interno, al variare della posizione del sole nelle ore della giornata: la luce naturale non è costante nel tempo. La luce artificiale comporta una o più condizioni possibili, ma quasi sempre statiche.

Proprio in relazione alla luce viene fatta la più importante distinzione, in ambito architettonico, sui colori, individuando colori caldi (rosso, arancio e giallo) e colori freddi (verde, blu, viola), i primi associati alla luce, al sole, al calore, viceversa gli altri.

Nel caso in esame questa distinzione risulta già di fondamentale importanza, volendo individuare nel progetto delle tonalità di colore che richiamino alla vitalità e alla positività, in relazione alla destinazione d'uso scelta. Si cerca perciò semplicemente di analizzare il significato che questi tre colori possono avere, in modo da associarli correttamente all'edificio che devono rappresentare.

Dato il carattere di soggettività che l'argomento presenta, si sceglie di fare riferimento ad un testo in particolare, uno studio, recentemente pubblicato, sul legame tra il colore e la psicologia: richiamando quanto già sopra esposto, l'autore si preoccupa di andare a ricercare un collegamento profondo tra colore (azione), psiche (reazione mentale

all'azione) e corpo (reazione fisiologica all'azione) e arriva a definire in modo chiaro ed esaustivo il significato di ogni colore. Per il caso in esame:

del rosso si può dire che l'aspetto essenziale sia l'avanzare, il riempire lo spazio, proprio come fanno il calore fisico e il calore interiore nei loro rispettivi ambiti; è il colore delle sensazioni più forti, dei sentimenti più profondi, dell'affetto, dell'amore.

L'arancione combina l'energia del rosso con la felicità del giallo: è associato alla gioia, alla luce, all'allegria e alla vivacità, alla spontaneità e al buonumore; l'energia porta alla continua ricerca, alla volontà di scoprire qualcosa di nuovo. E' la mutevolezza.

Il giallo è il colore della luce, sia sensibile (luce che svela) sia interiore (luce del pensiero: la luce esteriore esteriore (solare) e la luce interiore (pensiero) svelano le cose incomprensibili, fisicamente e mentalmente.

Il giallo irradia da un punto e disvela ciò che è nascosto, ciò che prima "non è chiaro". Il giallo porta il sollievo di ciò che è chiaro, allontanando le inquietudini dell'ignoto.

Si riesce in questo modo a esprimere meglio i colori nel progetto di architettura:

il mondo dei bambini non può che essere legato al colore rosso: i forti sentimenti che ancora li legano alle persone da cui dipendono, l'amore incondizionato.

L'arancio viene ovviamente associato al mondo giovanile: niente è più vivace, mutevole, spensierato.

La tranquillità che scaturisce dalla conoscenza, dalla consapevolezza, è propria invece dell'ultima età, della vecchiaia, a cui viene associato il colore giallo.

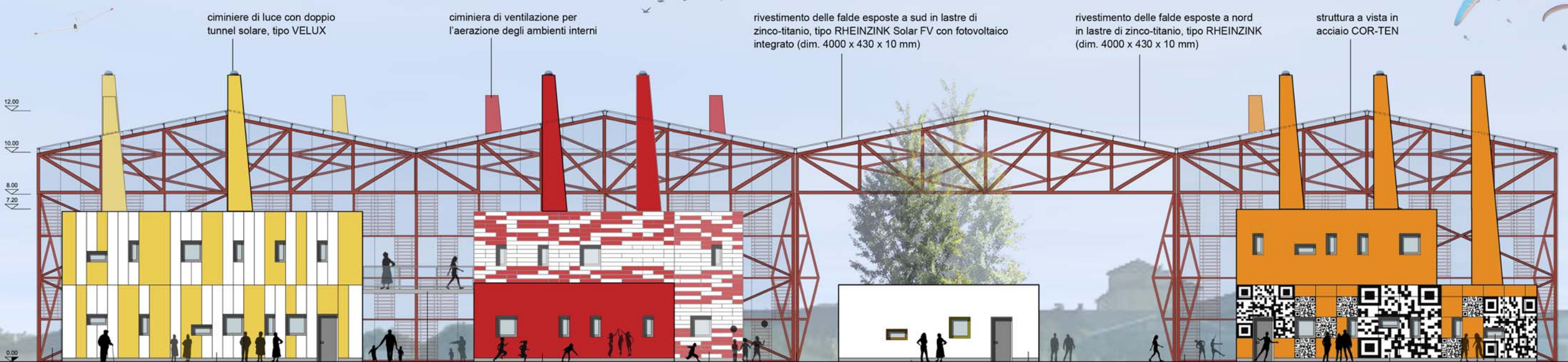
Sono questi i primi spunti progettuali.

PROSPETTO SUD



rivestimento in pannelli di policarbonato trasparenti e verdi, tipo MAKROLON (dim. 1000 x 3000 mm)

PROSPETTO NORD



ciminiere di luce con doppio tunnel solare, tipo VELUX

ciminiera di ventilazione per l'aerazione degli ambienti interni

rivestimento delle falde esposte a sud in lastre di zinco-titanio, tipo RHEINZINK Solar FV con fotovoltaico integrato (dim. 4000 x 430 x 10 mm)

rivestimento delle falde esposte a nord in lastre di zinco-titanio, tipo RHEINZINK (dim. 4000 x 430 x 10 mm)

struttura a vista in acciaio COR-TEN

lastra di rivestimento in vetro (dim. 2000 x 1000 mm)

passerella in vetro di collegamento fra gli edifici

rivestimento in lastre di laminato plastico opaco colorato (HPL), tipo INPEK

basamento grigio in alluminio

pannello di vetro con sistema di oscuramento a frangisole in legno integrati, tipo OKAWOOD (dim. 2000 x 1000 mm)

serramento in vetro con telaio in PVC bianco

rivestimento in lastre di laminato plastico opaco colorato (HPL), tipo INPEK

rivestimento in lastre di cemento fibrorinforzato, tipo AQUAPANEL

struttura a vista in acciaio COR-TEN

rivestimento in lastre di cemento fibrorinforzato, tipo AQUAPANEL

rivestimento in lastre di laminato plastico opaco colorato (HPL), tipo INPEK

4.6. RIFERIMENTI ARCHITETTONICI

Nel progetto emergono dei dettagli architettonici che derivano dall'ispirazione di alcuni edifici esistenti; in particolare la teca vetrata, i camini di luce e di ventilazione e il rivestimento esterno di parete.

4.6.1. Accademia di Mont - Cenis (Herne, Germania)

Il nostro mercato coperto è caratterizzato da pareti trasparenti, vetrate nei tre lati sud, est e ovest, mentre in polycarbonato a nord; la copertura è invece opaca e a falde inclinate, costituita da pannelli in zinco titanio con qualche apertura vetrata per la ventilazione naturale. Questa scatola trasparente racchiude poi al suo interno altri edifici, ospitanti diverse attività collettive destinate a giovani, bambini e anziani.

La principale fonte di ispirazione per questa particolare struttura e per la distribuzione delle funzioni, deriva dall'edificio che ospita l'Accademia Mont – Cenis a Herne, in Germania, un'opera degli architetti francesi Jourda e Perraudin.



Figura 63 : Accademia di Mont Cenis, Herne, Germania

Il progetto, realizzato su un'area industriale dismessa, si presenta con un'imponente scatola vetrata polifunzionale di 13000 mq sorretta da una struttura interamente in legno, che racchiude al suo interno una serie di attività: una biblioteca, degli uffici, degli alloggi e altri spazi di relazione, con l'intento di offrire una sede adeguata al Centro di Formazione del Ministero dell'Interno della Renania settentrionale-Vestfalia.

I volumi al suo interno sono organizzati tra due edifici in linea, paralleli e leggermente divergenti tra loro, e sono protetti da questa serra in grado di garantire loro un microclima protetto, indirizzato a favorire la sosta.

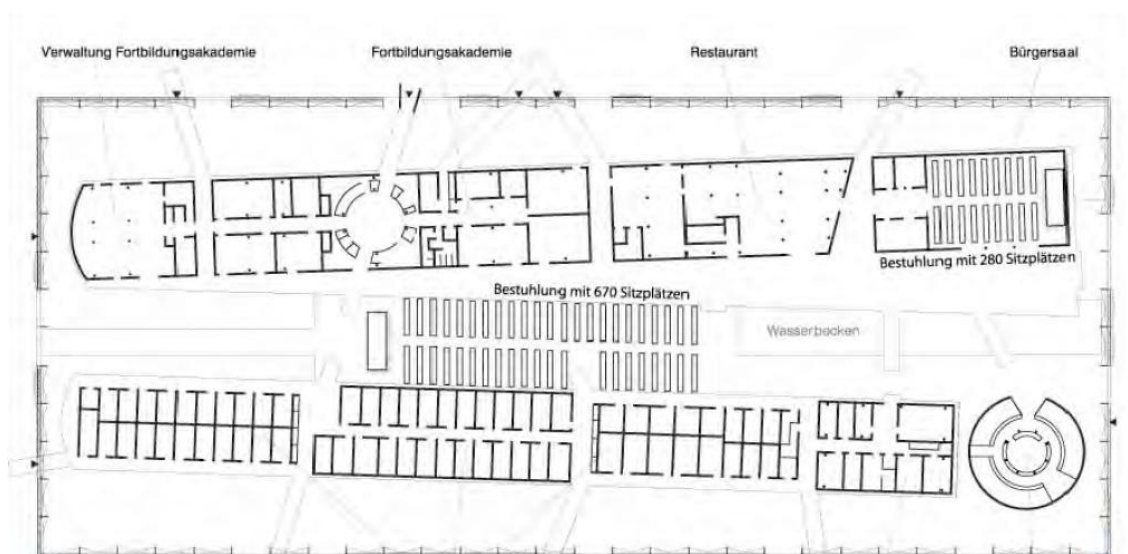


Figura 64 : Distribuzione funzionale all'interno della struttura

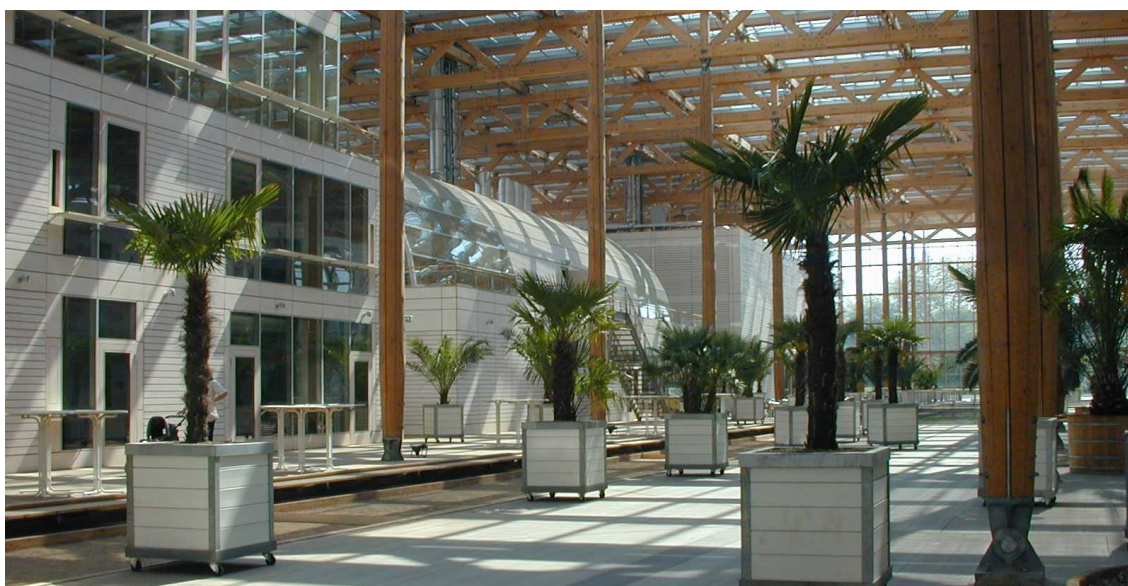


Figura 65 : Scorcio interno dell'accademia

Dal punto di vista energetico si ricorre in parte al contributo dell'energia solare, quindi in forma passiva attraverso l'involucro vetrato esterno, in parte in forma attiva grazie a un impianto da 1 MW prodotto con pannelli fotovoltaici collocati in copertura. La ventilazione naturale viene regolata attraverso aperture in copertura e sulle pareti laterali, vaporizzatori collegati ai bacini di acqua, e con un sistema di ombreggiatura che copre il 65-80% della copertura e il 25 - 40% delle facciate con delle tende appese all'orditura strutturale.



Figura 66 : Serramenti apribili del rivestimento esterno

La gestione della temperatura interna viene regolata anche dalla presenza di masse d'acqua e piante, che contribuiscono per di più a migliorare la qualità complessiva dell'intervento. Ci sono inoltre due moduli di cogenerazione, uno sfrutta il gas proveniente dalle miniere in disuso, mentre l'altro può funzionare anche con altri gas naturali, e ciascuno fornisce energia elettrica e di riscaldamento; l'energia prodotta, sfruttata specialmente in inverno per supplire alle carenze del fotovoltaico, viene utilizzata anche per le abitazioni vicine e un ospedale.

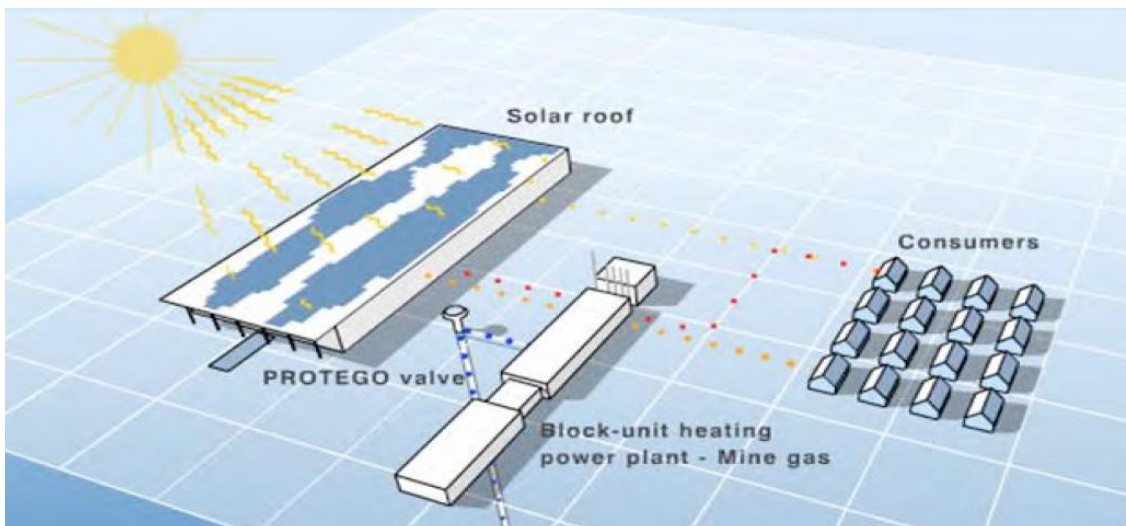


Figura 67 : Strategie energetiche

Viene inoltre previsto il recupero dell'acqua piovana e il suo riutilizzo per alimentare i bacini di acqua e i servizi igienici.

4.6.2. Centro socioculturale El Matadero (Madrid, Spagna)

Questo progetto ha rappresentato un punto di riferimento importante, specialmente per quanto riguarda la struttura, la gestione degli spazi e le funzioni svolte al suo interno. L'edificio esistente è un ex mattatoio comunale realizzato tra il 1910 e il 1925, uno stabilimento industriale che si estende per una superficie di 165.415 mq.



Figura 68 : Centro socioculturale El Matadero, Madrid, Spagna

A partire dagli anni '70 molti edifici divennero obsoleti e un po' per volta vennero riqualificati e trasformati in strutture per attività di diverso tipo, specialmente socioculturali, finché nel 1996 il mattatoio chiuse definitivamente. Nel 2003 la Municipalità decise di inserire la riqualificazione del Matadero in un programma di recupero del patrimonio storico madrilenno, indirizzando la conversione dello spazio in un grande laboratorio di creazione e di produzione di arte contemporanea; nasce quindi come nuovo centro culturale metropolitano, un luogo per l'arte e per il tempo libero, che si occupa di promuovere esposizioni di arti visive e design, trasformazioni dello spazio mediante installazioni e interventi artistici, rappresentazioni teatrali, concerti, letture e recite letterarie, cineforum e documentari video, festival di teatro, danza, musica, fotografia, cinema, moda, gastronomia e altro ancora; diverse attività sono trasmesse e insegnate attraverso workshop, corsi, seminari e laboratori, nonché attraverso momenti di confronto pubblico nei quali viene data la possibilità ai giovani artisti di mostrare i loro lavori. All'interno del complesso si trovano anche ristoranti, caffè, locali notturni, librerie e negozi.



Figura 69 : Interno del centro socioculturale



Figura 70 : Vista notturna dell'esterno della struttura



Figura 71 : Interno del centro socioculturale

4.6.3. Le ciminiere: Presezzo e Madone

Il paesaggio bergamasco è caratterizzato dalla presenza di numerose ciminiere di fornaci e di fabbriche disseminate sul territorio. A partire dalla fine dell'800 la maggior parte era costruita con mattoni di laterizio, mentre successivamente vennero rimpiazzati con il calcestruzzo. Abbiamo deciso di riprendere questo particolare elemento e di farlo diventare parte integrante dell'architettura dell'edificio. Nel nostro caso la sua funzione è duplice: camino di luce e di ventilazione; per quanto riguarda

l'illuminazione, i locali più interni e collocati a piano terra, sono risultati maggiormente sfavoriti proprio per la loro posizione, e pertanto i camini, collegati direttamente agli edifici, fungono da captatori di luce zenitale, compensando così le carenze legate alla luce naturale. Le pareti sono opportunamente dotate di pannelli apribili per garantire la ventilazione naturale, tuttavia in copertura sono stati previsti dei camini di ventilazione a integrazione delle finestre.

Alcuni degli esempi a cui abbiamo fatto riferimento sono la ciminiera della fornace di Madone, e la stessa ciminiera appartenente all'ex filanda di Presezzo.

Ciminiera di Presezzo: alcuni degli edifici dell'ex caserma, accoglievano all'inizio una filanda, caratterizzata appunto da una ciminiera che si intravede appena in una delle poche testimonianze fotografiche rimaste.



Figura 72 : Ciminiera della vecchia filanda Morali – Steiner

Il fatto che lo stesso edificio oggetto dei nostri studi fosse caratterizzato da questo particolare elemento architettonico, ci ha permesso di riproporlo nella nuova progettazione in una chiave più attuale, soprattutto per quanto riguarda la funzione, ma comunque mantenendo un legame diretto con le origini.

Ciminiera di Madone: la ciminiera, appartenente all'ex fornace di laterizi costruita intorno alla metà dell'800, è stata danneggiata nel 2007 a causa di una tromba d'aria;

tuttavia continua a rappresentare un simbolo importante del paese, inserita nell'area verde attrezzata e collegata al parco archeologico della fornace.



Figura 73 : Ciminiera dell'ex fornace di Madone

I lavori di recupero dell'area della fornace sono già in atto, e saranno seguiti dal recupero del forno e della stessa ciminiera. Si prevede la realizzazione di residenze per gli anziani, laboratori artigianali, un asilo nido e una sede per le associazioni, quindi in generale si mira a ottenere un ambiente di incontro fra categorie sociali diverse, inserite in un contesto naturale grazie al ricorso di tecniche e di materiali della bioedilizia e al rispetto della sostenibilità; nella prospettiva di realizzazione di questo progetto, la ciminiera e la fornace continueranno a rappresentare il simbolo del paese e la testimonianza della storia.



Figura 74 : Progetto nell'area dell'ex fornace di Madone



Figura 75 : Progetto nell'area dell'ex fornace di Madone

4.6.4. Call Center Teletech (Digione, Francia)

L'edificio del nostro progetto destinato ai giovani, racchiuso nella teca vetrata, è costituito da un rivestimento esterno che ha una texture che prende spunto dai codici QR. Sono dei codici a barre bidimensionali che contengono informazioni destinate a essere lette tramite un cellulare (o smartphone) in tempo reale.

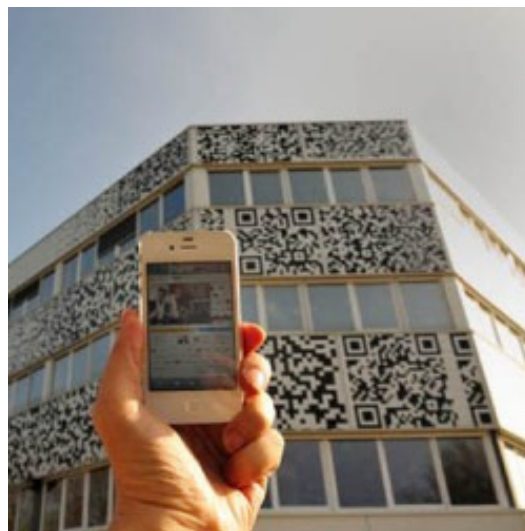


Figure 76 e 77 : Call center Teletech, Digione, Francia

Possono contenere indirizzi internet, testi, numeri di telefono e sms. Proprio per queste loro caratteristiche abbiamo deciso di dare una funzione al rivestimento, che non è quindi solo protettiva, ma anche di comunicazione, soprattutto pensando alle utenze. I giovani in questo modo hanno la possibilità di comunicare e di ricevere informazioni in maniera rapida, compatibilmente anche con la situazione tecnologica attuale.

Il gruppo **MVRDV** ha effettuato un intervento su un edificio esistente che è stato interamente rivestito con pannelli che riportano l'immagine di questi codici. In particolare si è occupato della trasformazione di laboratori dismessi della senape di Digione, convertendoli per l'occasione in sede di un call center. Il budget di costruzione era troppo basso per compiere importanti alterazioni strutturali, così la facciata è stata ampliata e decorata con le etichette dei codici QR, che traducono le attività della società sull'involucro esterno. Sono stati previsti per gli operatori spazi flessibili, da cui potersi connettere alla rete, ma anche spazi appartati e silenziosi che si alternano a luoghi aperti, in modo da poter soddisfare tutte le necessità.



Figura 78 : Esterno del call center Teletech

Lo spazio è stato adattato alle esigenze di chi vi lavora, e mantiene un carattere amichevole grazie alla presenza di oggetti di arredo informali. Sono inoltre previsti degli spazi destinati al tempo libero, come il centro di formazione, il centro fitness, una galleria e un incubatore di progetti.

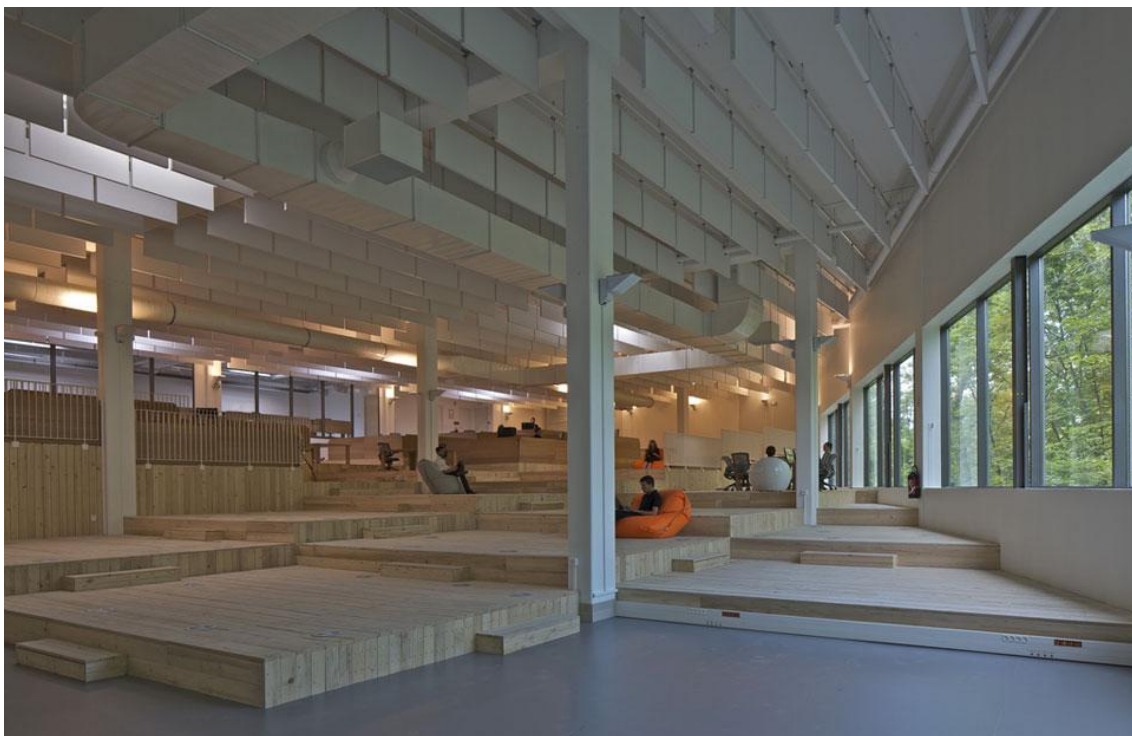


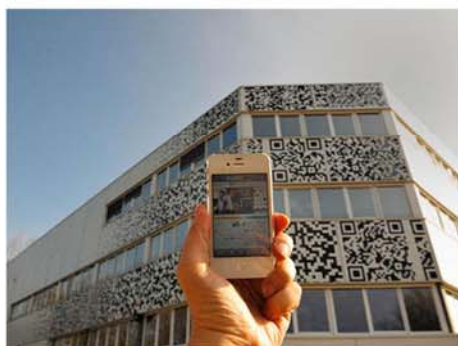
Figura 79 : Spazio di incontro all'interno del call center



Figura 80 : Ambiente di condivisione all'interno del call center



MATERIALI DI FACCIATA (edifici interni)



Teletech - MVRDV (Digione, Francia)
fotografia dei codici QR



Teletech - MVRDV (Digione, Francia)
vista dell'esterno



Teletech - MVRDV (Digione, Francia)
vista dell'esterno



Multihousing (INPEK, Vigevano - Italia)



Azienda Safta (INPEK, Piacenza - Italia)



Scuola primaria (INPEK, Quinto Vicentino - Italia)

LA DOPPIA PELLE



Accademia Mont-Cenis - Jourda, Perraudin
(Herne, Germania)
vista dell'esterno



Accademia Mont-Cenis - Jourda, Perraudin
(Herne, Germania)
vista dell'ingresso principale



Accademia Mont-Cenis - Jourda, Perraudin
(Herne, Germania)
vista dell'esterno



Accademia Mont-Cenis - Jourda, Perraudin
(Herne, Germania)
vista dell'interno



Accademia Mont-Cenis - Jourda, Perraudin
(Herne, Germania)
vista dell'interno



Accademia Mont-Cenis - Jourda, Perraudin
(Herne, Germania)
vista dell'interno

LE CIMINIERE NEL BERGAMASCO



Ex Filanda Morali - Steiner (Presezzo)



Antica fornace (Madone)



Antiche ciminiere (Ponte San Pietro)



Antiche ciminiere (Crespi d'Adda)



Cartiera Cama (Lallio)



Cotonificio Honegger (Albino)

5

**PROGETTO
STRUTTURALE**

5.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

Dopo aver stabilito l'assetto architettonico del progetto, l'attenzione deve essere rivolta all'analisi strutturale: la struttura **sostiene** l'edificio, e come tale rappresenta la componente da cui non si può prescindere; nel progetto in analisi tale centralità risulta ancora più evidente, dato che, secondo l'idea di progetto, la struttura **è** l'edificio : anche in questo caso viene riportata una breve trattazione di tutte le componenti strutturali, concentrando ovviamente l'attenzione maggiormente sull'involucro.

5.2. DIVISIONE MODULARE

5.2.1. Struttura A, Struttura B, Struttura C

- **STRUTTURA A :** l'edificio esistente viene trattato solo in maniera sommaria; si suppone una classica struttura tradizionale, che viene opportunamente adeguata alle attuali normative antisismiche. In generale gli interventi di consolidamento strutturale sono poco invasivi, eccetto per alcuni punti più critici, in cui il tetto risulta crollato.
- **STRUTTURA B :** la teca vetrata rappresenta strutturalmente l'edificio più significativo; viene pertanto approfondito lo studio nei minimi dettagli.
- **STRUTTURA C :** gli edifici interni alla teca vetrata vengono strutturalmente trattati in maniera sommaria. Si suppone comunque una struttura di travi e pilastri in acciaio, con il blocco ascensore/scale in cemento armato che funge da controvento.

5.3. STRUTTURA B

5.3.1. Premessa

La scelta del tipo di struttura da utilizzare può essere incentrata su diversi aspetti e può prendere in considerazione diversi criteri, ma l'obiettivo deve sempre essere la definizione di un assetto strutturale che sia coerente con le scelte progettuali prestabilite. La particolare conformazione del progetto in esame porta però ad alcune considerazioni da cui non si può prescindere :

- Si è scelto di realizzare la grande struttura vetrata come composizione di 4 blocchi strutturali, ognuno adibito a particolari funzioni e attività; gli elementi strutturali dovranno perciò coprire un'area rilevante, sia a livello totale che a livello del singolo blocco; in particolare le dimensioni degli edifici interni (pre-stabilite) e degli spazi liberi di interconnessione andranno a definire la dimensione totale del singolo blocco strutturale. Anche l'altezza totale della teca vetrata dovrà essere rilevante, data la volontà di realizzare un elemento progettuale incidente sul contesto e visibile dalle varie angolazioni; poiché l'altezza dell'edificio esistente della caserma risulta essere di circa 10 m sarà necessario superare tale valore. L'assetto strutturale che deve essere definito dovrà perciò sostenere tutti i carichi derivanti da tali imponenti **dimensioni**.
- La presenza di **edifici all'interno della teca** vetrata rappresenta uno dei principali ostacoli, perché, fisicamente, gli elementi strutturali dovranno essere necessariamente predisposti negli spazi lasciati liberi dagli edifici interni e il loro numero dovrà essere di conseguenza limitato; questo implica maggiori carichi e dimensioni maggiori.
- Il tipo di progetto scelto non può che limitare e indirizzare la scelta del materiale strutturale poiché l'idea di leggerezza che il vetro esprime deve essere integrata necessariamente dalla snellezza degli elementi strutturali.

Queste prime considerazioni pre-progettuali guidano e orientano il progetto strutturale. Innanzitutto risulta evidente che le scelte dimensionali non possono prescindere dal progetto strutturale : si considerano gli edifici interni (2x6 m² circa) e a tali dimensioni si

sommano le larghezze (scelte tra i 2 e i 3 m a seconda delle esigenze) dei percorsi di passaggio, arrivando a impostare, per ogni blocco strutturale: larghezza $a = 18 \text{ m}$; lunghezza $b = 36 \text{ m}$ (essendo la lunghezza pari al doppio della larghezza da scelte progettuali); area $A = 648 \text{ m}^2$. L'accostamento dei 4 blocchi strutturali definisce le dimensioni totali della teca vetrata e del conseguente progetto strutturale, pari a : $a_{tot} = 72 \text{ m}$; $b_{tot} = 36 \text{ m}$; $A_{tot} = 2592 \text{ m}^2$.

Per quanto riguarda la scelta dei materiali strutturali l'acciaio è l'unica possibilità verso a quale è possibile orientarsi è quella dell'acciaio: la snellezza del materiale, caratteristica di riferimento, è però controbilanciata da ovvie problematiche relative alla realizzazione di elementi di grandi dimensioni, quali la messa in opera, i costi, la manutenzione, etc. che dovranno essere necessariamente risolti nel modo migliore.

Per quanto riguarda i singoli elementi è necessario innanzitutto scegliere il modello di struttura da seguire, secondo la considerazione che, così come per il progetto architettonico, anche il progetto strutturale richiede delle linee guida che orientino la progettazione. Gli studi effettuati finora si basano sulla volontà di integrare il complesso edificato esistente con quello di nuova costruzione, riprendendone le caratteristiche architettoniche salienti; si dovrà quindi predisporre un modello strutturale che esprima tali caratteristiche con il nuovo linguaggio dell' acciaio :

- La copertura, a falde, deve essere necessariamente sostenuta da **capriate**, poiché soltanto elementi strutturali di tali dimensioni e conformazione sono in grado di sostenere i carichi derivanti dalle grandi dimensioni (e conseguenti luci) dei blocchi. I carichi della copertura vengono trasmessi alle capriate tramite opportune travi secondarie, su di esse poggianti, gli **arcarecci**; le capriate svolgono perciò la funzione di travi principali.
- Gli elementi strutturali verticali devono essere opportunamente scelti e dimensionati, perché anche su di essi gravano carichi elevati; l'unica possibilità risulta perciò essere quella dei **pilastri reticolari**, (secondo il modello della *Akademie di Mont-Cenis*¹), scelta che, allo stesso tempo, garantisce il vantaggio di ridurre il numero dei pilastri, poichè ognuno di essi può sopportare carichi maggiori rispetto ai classici pilastri in acciaio.

¹ Riferimenti progettuali

- La struttura di ogni singolo blocco viene completata dai **montanti** e dai **traversi** che compongono le facciate, elementi sui quali gravano i carichi delle vetrate e dei **controventi** di facciata e che, a loro volta, vengono praticamente “appesi” alle capriate.
- La predisposizione di una copertura a falde rende necessaria la definizione anche degli elementi che, collegando tra loro le capriate stesse, ne devono coprire l'interasse; la necessità di “appendere” le facciate anche lungo queste direzioni porta alla scelta obbligata di **travi reticolari** anche in questa direzione.
- La volontà di realizzare, esternamente alla teca vetrata, un “passaggio” obbligato a fruizione dello spazio interno, porta necessariamente alla realizzazione di una struttura anche all'esterno dei veri e propri blocchi strutturali, tramite il proseguimento dell'assetto di copertura, travi e pilastri con nuovi elementi.

Le prime ipotesi dimensionali deducibili da queste analisi portano a sviluppare l'**edificio** per un'**altezza totale di circa 13 m**, partendo dall'ipotesi di **pilastri reticolari** di **altezza** pari a **8 m** e di **capriate** metalliche che compensino lo scarto in altezza mancante, sviluppandosi a partire dall'**altezza minima** di **2 m** fino ad arrivare alla **massima** di **3,824 m**, ricavata con un'**inclinazione** del **20%** delle falde di copertura.

E' utile inoltre indicare l'ordine consequenziale più opportuno per il dimensionamento : l'analisi parte necessariamente dagli arcarecci di copertura, per poi trasferirsi però ai componenti di facciata (traversi, montanti, controventi), perché anche questi elementi, come gli arcarecci, scaricano sulle capriate metalliche e sulle travi reticolari di finitura (secondo la scelta progettuale della “facciata appesa”). Si continua poi con le travi stesse e pilastri, prima internamente poi quelli esterni.

Un aspetto particolare dell'involucro in vetro-policarboante è quello del materiale utilizzato : la struttura, esposta agli agenti atmosferici, deve essere costruita con un materiale resistente a tali effetti. Si sceglie **l'acciaio COR-TEN**.

COR-TEN è il nome di un acciaio che occupa un posto di preminente importanza fra i tipi "a basso contenuto di elementi di lega e ad elevata resistenza meccanica".

Il grande successo raggiunto dal COR-TEN deriva dalle due principali caratteristiche che lo distinguono:

- Elevata resistenza alla corrosione (**COR**rosion resistance);

- Elevata resistenza meccanica (**TEN**sile strength).

Sono evidenti i vantaggi di ordine tecnico ed economico : adottando questo tipo di acciaio in sostituzione dei comuni acciai strutturali al carbonio, è possibile realizzare apprezzabili riduzioni di spessore e conseguenti diminuzioni di peso. Inoltre, l'ottima resistenza offerta dal COR-TEN alla corrosione atmosferica, consente l'utilizzazione di questo prodotto allo stato "nudo", oppure, se pitturato, di ridurre sensibilmente le periodiche operazioni di manutenzione.

L'acciaio COR-TEN, durante l'esposizione allo stato non pitturato alle diverse condizioni atmosferiche, si riveste di una patina uniforme e resistente, costituita dagli ossidi dei suoi elementi di lega, che impedisce il progressivo estendersi della corrosione. Questo rivestimento, di colorazione bruna, variabile di tonalità con gli anni e con l'ambiente esterno, oltre a costituire una valida protezione contro l'aggressione degli agenti atmosferici, conferisce al prodotto possibilità di soluzioni estetiche.



Figura 81 : Caratteristiche del Cor-Ten

L'acciaio COR-TEN è disponibile in 3 tipologie, con diverse caratteristiche di resistenza meccanica e di resistenza alla corrosione atmosferica :

- **Tipo A** : maggiore resistenza alla corrosione rispetto a quella meccanica
- **Tipo B** : incremento della resistenza meccanica a discapito di quella atmosferica
- **Tipo C** : ulteriore incremento di resistenza meccanica

Si osserva che la caratteristica principale che, da scelte progettuali, la struttura deve avere è la resistenza alla corrosione, anche perché non risultano rilevanti i carichi che essa deve sopportare. Si sceglie perciò di usare l'**acciaio COR-TEN tipo A**.

La composizione chimica del **COR-TEN A**, comunemente denominata "al fosforo", conferisce a questo tipo di acciaio una resistenza all'attacco degli agenti atmosferici da cinque a otto volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.

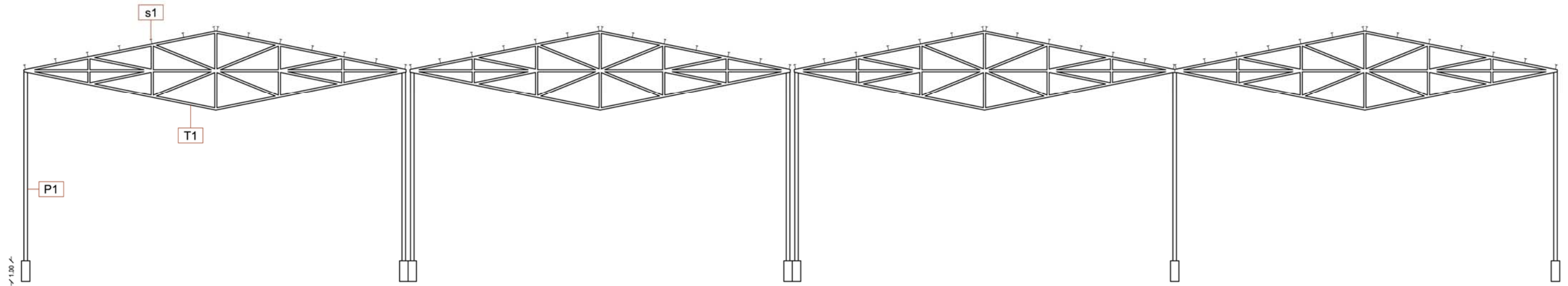
Il COR-TEN A è l'acciaio che più si presta per essere impiegato allo stato non pitturato e, per il suo gradevole aspetto, si rivela particolarmente idoneo per applicazioni "architettoniche"; si può affermare che, in atmosfera industriale o rurale, la corrosione del COR-TEN A non verniciato si arresta dopo aver provocato una minima diminuzione di spessore, mentre, in ambiente marino progredisce leggermente col passare degli anni, pur rimanendo decisamente inferiore a quella riscontrata nei comuni acciai al carbonio. Il COR-TEN A viene normalmente prodotto in spessori fino a 12,5 millimetri. In casi particolari, su richiesta dell'utilizzatore, il COR-TEN A può essere fornito per applicazioni "architettoniche" in spessori superiori, fino ad un massimo di 76 mm. Si riportano le caratteristiche meccaniche per il dimensionamento degli elementi.

TIPO DI PRODOTTO		PROVA DI TRAZIONE					PROVA DI PIEGA	
		SNERVAMENTO RS KG/MMQ	RESISTENZA A TRAZIONE RM KG/MMQ	ALLUNGAMENTO MINIMO %(*)			α	D
				A	A 8"	A 2"		
LARGHI NASTRI NASTRI STRETTI LAMIERE BARRE PROFILATI	$\leq 12,5$ mm	≥ 35	≥ 49	22	19	24	180°	a

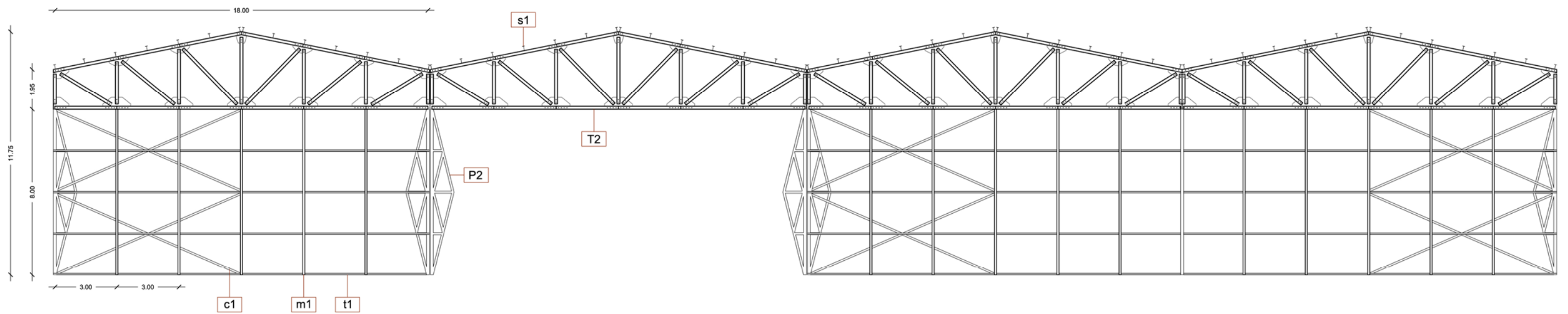
Tabella 8 : Caratteristiche meccaniche del Cor-Ten

Si riporta anche il valore di : **Modulo di elasticità : 19.600 – 21.000 kg/mm²**

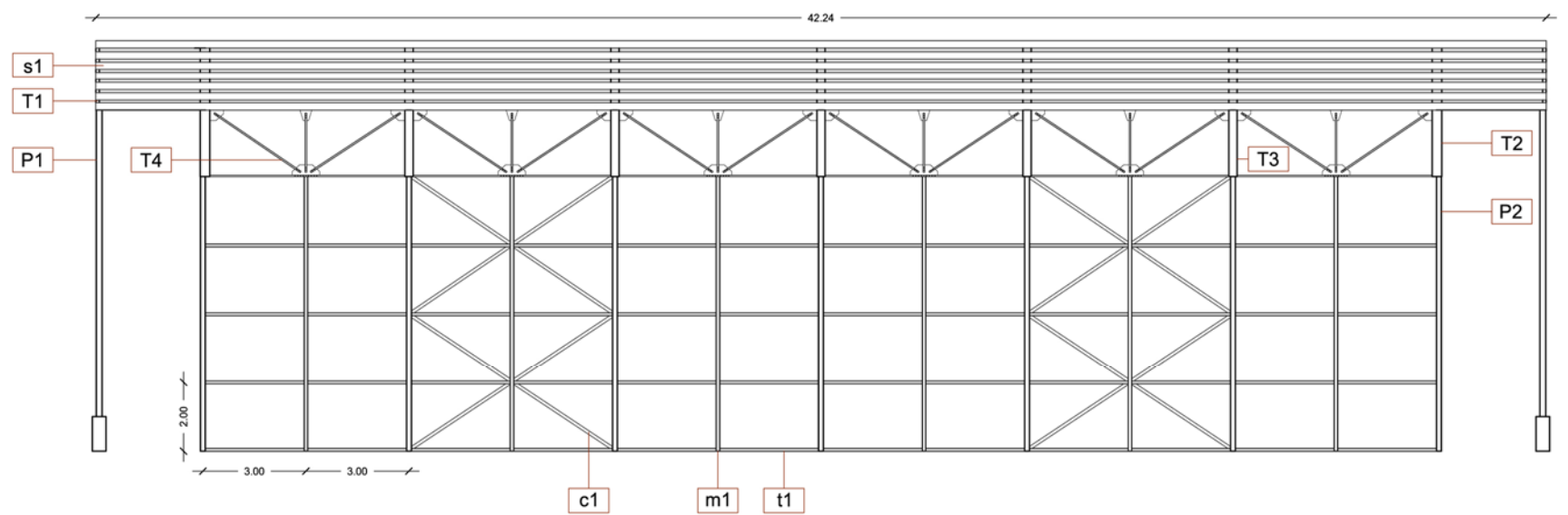
PROSPETTI NORD E SUD (davanti)



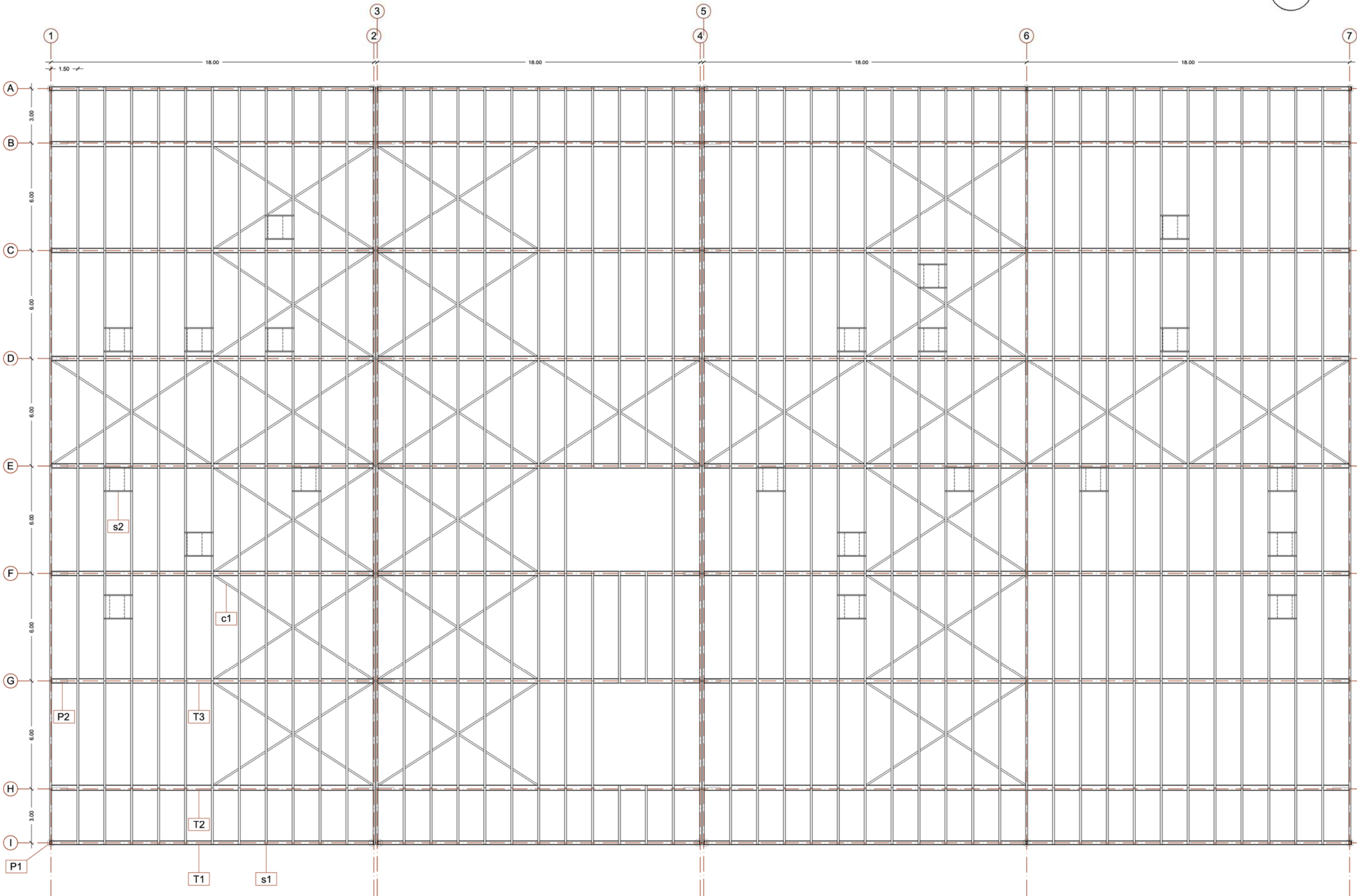
PROSPETTI NORD E SUD (dietro)



PROSPETTI EST E OVEST



	T1 TRAVE SAGOMATA - profilo tondo cavo D 88,9 s 3,2 mm
	T2 CAPRIATA RETICOLARE DI BORDO - doppio profilo a L 140x140x13 mm
	T3 CAPRIATA RETICOLARE - doppio profilo a L 120x120x13 mm
	T4 TRAVE RETICOLARE DI BORDO - doppio profilo a L 45x45x6 mm
	s1 ARCARECCIO - IPE 220
	s2 TRAVETTO - profilo quadrato cavo 50x50x5 mm
	P1 PILASTRO ESTERNO - profilo tondo cavo D 168,3 s 7,1 mm
	P2 PILASTRO RETICOLARE - profilo tondo cavo D 139,7 s 4 mm
	m1 MONTANTE - profilo quadrato cavo 100x100x8 mm
	t1 TRAVERSO - profilo quadrato cavo 80x80x8 mm
	c1 CONTROVENTO - profilo tondo cavo D 26,9 s 3,2 mm



5.3.2. Analisi dei carichi

Il primo passo per il dimensionamento strutturale della teca vetrata è l'analisi dei carichi che gravano su di essa: per ogni elemento strutturale da dimensionare esistono due tipologie di carichi, **permanenti (G)**, riferiti ai carichi insistenti sull'elemento in ogni circostanza, e **accidentali (Q)** riferiti a situazioni particolari. I carichi permanenti variano necessariamente a seconda dell'elemento analizzato, poiché dipendono dai pesi e dai carichi degli elementi che lo sovrastano; i carichi accidentali sono invece invariabili e si parte perciò dall'analisi di questi ultimi.

I carichi accidentali sono riferiti sostanzialmente alle azioni degli agenti atmosferici, quali vento e neve; l'analisi non può perciò prescindere dalla collocazione geografica dell'area di progetto. Essi ovviamente si riferiscono alla copertura dell'edificio.

Il riferimento normativo per tale analisi è la **Normativa NTC 2008** :

CARICO NEVE :

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Tabella 3.4.II - Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$
$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s > 200 \text{ m}$

Dove **a** = inclinazione della copertura, **a_s** = altezza s.l.m. dell' area= 236 m.

Tabella 3.4.I - Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

C_t viene generalmente assunto pari a 1.

Si ottiene : $q_s = 1,106 \frac{kN}{m^2} = 110,6 \frac{kg}{m^2}$

PRESSIONE VENTO : $P = q_b c_e c_p c_d$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Si imposta $v = 25 \frac{m}{s}$ secondo NTC 2008.

Si ottiene : $q_b = 390,625 \frac{kN}{m^2}$

dove

v_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 9 : Categoria di esposizione del sito

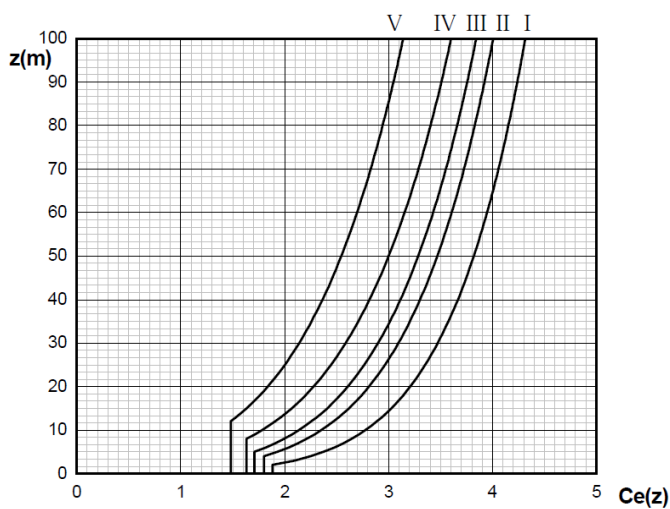


Grafico 10 : Classe di rugosità del terreno

La categoria di esposizione del sito viene scelta in base alla *Classe di rugosità del terreno A*, definita da normativa NTC 2008. I parametri qui ricavati vengono di seguito riportati sul grafico sottostante, da cui è possibile ricavare il parametro $C_e = 1,5$.

Il parametro C_p viene ricavato secondo le disposizioni della NTC 2008 (secondo formulazioni) e se ne distinguono i due valori :

$$C_{p \text{ sopravvento}} = (0,03 \cdot \gamma) - 1 = -0,4 \quad \text{dove } g = \text{pendenza falda copertura} = 20\%$$
$$C_{p \text{ sottovento}} = -0,4 \quad \text{da convenzione.}$$

Tali parametri dipendono dalla scelta, arbitraria, della direzione assunta per la pressione del vento (sopravento) e nella direzione opposta (sottovento); in particolare, nel caso in esame, il primo parametro viene messo in relazione al nord-est dell'edificio, il secondo alla direzione sud-ovest. Dal calcolo di questo parametro deriva che anche la pressione del vento verrà distinta nei due valori sopravvento e sottovento (che risulteranno tuttavia identici dato lo stesso valore di C_p).

C_i viene generalmente assunto pari a 1.

$$\text{Si ottiene : } p_{\text{sopravento}} = -234,375 \frac{N}{m^2} = -23,438 \frac{kg}{m^2}$$
$$p_{\text{sottovento}} = -234,375 \frac{N}{m^2} = -23,438 \frac{kg}{m^2}$$

Il valore totale dei carichi accidentali, dato dalla combinazione del carico da neve e della pressione del vento, risulta perciò pari a :

$$\text{Carichi accidentali (Q)} = (110,6 - 23,438) = 87,162 \frac{kg}{m^2}$$

5.3.3. Arcarecci di copertura

Il primo elemento strutturale da dimensionare è l'**arcareccio**, cioè la trave secondaria di copertura, che sorregge i carichi accidentali e la copertura stessa; in questo caso particolare i carichi gravanti sono costituiti essenzialmente dai pannelli in zinco-titanio e fotovoltaici, che coprono le falde, oltre ai serramenti apribili e le ciminiere di luce e di ventilazione.

Il primo passaggio è la scelta dimensionale di tale elemento : gli arcarecci sono disposti secondo la direzione della lunghezza di ogni blocco strutturale, pari a 36 m ; essendo impossibile realizzare una

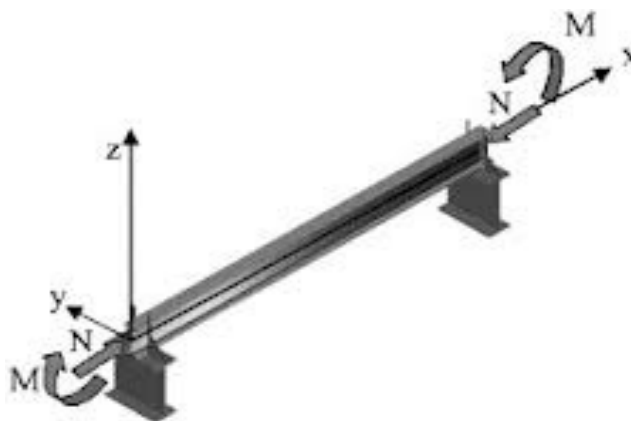


Figura 82 : Forze agenti sul travetto

trave di tale lunghezza, è necessario identificarne la lunghezza massima, che, di conseguenza, sarà pari al valore di interasse fra le capriate. Volendo realizzare una struttura simmetrica e il più lineare possibile, si ipotizza innanzitutto una suddivisione del blocco (proprio secondo la lunghezza) in 3 parti, di **lunghezza** pari a **6 m** ciascuna. Tale ipotesi deve essere comunque verificata.

Il dimensionamento degli arcarecci, così come di tutti gli altri elementi strutturali, viene effettuato allo *SLU (Stato Limite Ultimo)* cioè verificando che le tensioni e lo stato di deformazione massimi dell'elemento siano inferiori a valori prestabiliti.

<i>Interasse capriate = lunghezza arcareccio :</i>	<i>6 m</i>
<i>Altezza capriata (al colmo):</i>	<i>3,824 m</i>
<i>Pendenza falde :</i>	<i>20 %</i>
<i>Lunghezza inclinata falda :</i>	<i>9,242 m</i>
<i>Interasse arcarecci di copertura = altezza singolo pannello</i>	<i>1,5 m</i>
<i>Larghezza singolo pannello vetrato :</i>	<i>1 m</i>
<i>Numero pannelli vetrati :</i>	<i>7 pannelli</i>

Tabella 10 : Caratteristiche dimensionali dei vari elementi

La struttura della copertura a falde viene dimensionata con riferimento ad un **valore standard di peso (100 kg)** data la differenza di materiali componenti l'involucro : oltre all'esiguo peso dei rivestimenti, bisogna infatti tener conto anche della composizione stratigrafica della copertura; si suppongono perciò dei "pannelli" fittizi, che comprendono tutto il pacchetto di copertura. Il valore standard scelto, 100 kg, tiene inoltre in considerazione anche i pesi delle varie ciminiere, non ancora dimensionate ma sicuramente non eccessivamente pesanti e non insistenti su ogni pannello.

La struttura risulterà in questo modo sovra-dimensionata ma sicuramente verificata; le dimensioni di tali pannelli vengono scelte in base alla lunghezza inclinata delle falde: tale valore, pari a 9,242 m, viene ottenuto dalle altezze ipotizzate per le capriate, pari a 2 m nel punto minimo e 3,824 al colmo. Si scelgono per i pannelli le **dimensioni standard 1,5 x 1 m²** (con uno dei pannelli dimensionato ad hoc per coprire lo scarto dimensionale tra i 9 m dei 3 pannelli e i 9,242 m); il numero dei pannelli si ottiene invece dal rapporto tra la lunghezza inclinata di falda e l'altezza del singolo pannelli.

Peso singolo pannello :	100 kg
Area singolo pannello :	1,5 m ²
Peso pannelli per ogni m ² :	66,667 $\frac{kg}{m^2}$

Tabella 11 : Caratteristiche dimensionali dei pannelli

Si passa a questo punto all'analisi dei carichi sul singolo arcareccio : avendo già analizzato i **carichi accidentali (Q)** si studiano i **carichi permanenti (G)**, dati dal peso dei pannelli.

Si ricava : **Carichi accidentali** : $Q_1 (neve) = 110,6 \frac{kg}{m^2}$ $Q_2 (vento) = - 23,438 \frac{kg}{m^2}$

Carichi permanenti (G) : **Peso pannelli per ogni m²** = $66,667 \frac{kg}{m^2}$

Tali carichi devono essere relazionati secondo la **COMBINAZIONE LINEARE FONDAMENTALE**, cioè quella da utilizzare allo SLU :

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

Da cui : **q** = carico totale a SLU = $161,854 \frac{kg}{m^2}$

q' = carico totale a SLU al m lineare = q · interasse arcarecci = $242,781 \frac{kg}{m^2}$

$$q^* = \text{carico totale a SLU al m lineare} + \text{il peso dell'arcareccio} = 268,981 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Il valore q^* verrà utilizzato soltanto nelle successive verifiche.

Il pre-dimensionamento degli arcarecci si riferisce alla formula :

$$\sigma_{\max} = M_{\max}/W \leq \sigma_{\text{amm}}$$

$$W_{\min} \geq M_{\max}/\sigma_{\text{amm}}$$

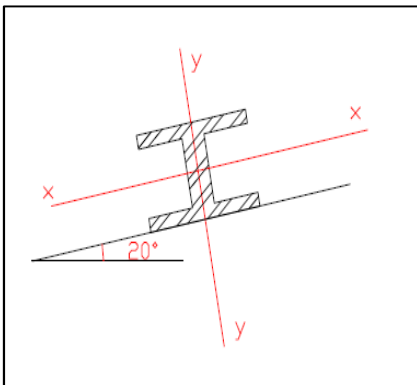


Figura 83 : Sezione di arcareccio

M_{\max} = momento generato dal carico massimo sull'arcareccio

$s_{\text{amm}} = f_d$ = resistenza massima di progetto

$$= 2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ (da NTC 2008)}$$

W_{\min} = modulo di resistenza minimo dell'arcareccio

Il momento generato sull'arcareccio viene ricavato dai carichi insistenti rispetto alle due direzioni che ne definiscono principalmente lo schema statico; innanzitutto il carico, precedentemente ricavato da combinazione lineare, viene moltiplicato per :

$$q_y = q \cdot \cos\alpha \quad \text{e} \quad q_x = q \cdot \sin\alpha$$

Componente parallela alla falda :	$q_y =$	$258,222 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
Componente ortogonale alla falda :	$q_x =$	$69,935 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
Momento sul piano parallelo alla falda :	$M_y =$	$19,670 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
Momento sul piano ortogonale alla falda :	$M_x =$	$72,625 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Tabella 12 : Forze agenti sulla falda

Da cui si ricavano i due valori dei moduli di resistenza :

$$W_{\min,y} = 0,936 \text{ cm}^3$$

$$W_{\min,x} = 3,458 \text{ cm}^3$$

Ipotesizzo a questo punto un profilo possibile per l'arcareccio : innanzitutto la scelta viene orientata sui profili **tipo IPE**, comunemente utilizzati per questo tipo di trave; le verifiche richieste per una trave soggetta a questi carichi risultano essere necessariamente la **VERIFICA A RESISTENZA** e **A DEFORMABILITA'**, per le quali si assume come parametro di riferimento il modulo di resistenza W_{\min} precedentemente calcolato. In particolare la verifica a deformabilità risulta essere la più vincolante (in termini di limiti di ammissibilità) e viene quindi trattata con priorità.

VERIFICA DI DEFORMABILITA' :

$$f \leq l/200$$

Si procede per tentativi, partendo dal profilo a cui corrispondono valori di $W_{\min,x}$ e $W_{\min,y}$ di poco superiori rispetto a quelli calcolati. Con tali valori e altri dati relativi al profilo scelto vengono ricavati i valori della freccia massima della sezione (f), parametro di riferimento per la verifica a deformabilità, prima nelle due direzioni degli assi di riferimento scelti, e poi come valore totale per composizione di questi ultimi. Tale valore viene poi confrontato con il parametro imposto da Normativa per le travi di copertura; la verifica continua finchè si trova il profilo opportuno. In questo caso, con :

Modulo elastico :	$E =$	$2060000 \frac{kg}{cm^2}$
Momento di inerzia sul piano parallelo alla falda :	$J_y =$	$204,89 \text{ cm}^4$
Momento di inerzia sul piano ortogonale alla falda :	$J_x =$	$2771,8 \text{ cm}^4$
Carico totale a SLU al m lineare + peso arcareccio :	$q^* =$	$2,689 \frac{kg}{cm}$
Carico totale SLU al m lineare + peso arcareccio parallelo:	$q_y^* =$	$2,582 \frac{kg}{m}$
Carico totale SLU al m lineare + peso arcareccio ortogonale:	$q_x^* =$	$0,699 \frac{kg}{m}$
Interasse capriate = lunghezza arcareccio :		600 cm

Tabella 13 : Valori fissati da normativa

I valori delle frecce seguono la formula :

$$f = 5/384 \cdot (q \cdot l^4)/(E \cdot J)$$

Si ricava : $f_y = 0,763 \text{ cm}$ $f_x = 2,796 \text{ cm}$ $f = 2,898 \text{ cm}$

La verifica risulta soddisfatta con un profilo IPE 220.

VERIFICA DI RESISTENZA :

$$\sigma = M_x/W_x + M_y/W_y \leq \sigma_{amm}$$

Si procede per tentativi successivi, partendo dal profilo a cui corrispondono valori di $W_{\min,x}$ e $W_{\min,y}$ di poco superiori rispetto a quelli calcolati. La verifica continua finchè non

viene completamente soddisfatta. In questo caso, avendo già effettuato la verifica a deformabilità, si utilizza già il profilo **IPE 220** da essa ricavato :

Con : $W_{\min,x} = 252 \text{ cm}^3$ $W_{\min,y} = 37,25 \text{ cm}^3$

La verifica risulta soddisfatta con un profilo IPE 220.

5.3.4. Traversi di facciata

Come gli arcarecci, anche la struttura che sorregge la facciata vetrata scarica direttamente sulle capriate e sulle travi reticolari, e bisogna quindi dimensionarne i componenti prima di procedere con travi e pilastri. La scelta progettuale prevede l'aggancio tra **traversi** e **montanti**, in modo da realizzare una classica griglia strutturale a sostegno dei pannelli vetrati; la griglia risulta completamente interna alla vetrata, così da non risultare visibile (se non in trasparenza) dall'esterno.



Figura 84 : Sistema di aggancio dei montanti

I valori dimensionali di tali elementi seguono le scelte architettoniche per la realizzazione della facciata: l'altezza dei pannelli risulta avere dimensione prestabilita, secondo la suddivisione lineare di un'altezza totale della struttura pari mediamente a 10 m (8m di facciata + 2 m per coprire i montanti delle capriate) e di circa 13 m nel punto di colmo (colmo della capriata); necessariamente quindi l'ultimo pannello, sulla capriata, deve essere dimensionato ad hoc, mentre per gli altri si prevede un interasse di **2 m**. Tale sarà quindi l'interasse dei **traversi**. Per quanto riguarda i **montanti** invece si sceglie di disporli a distanza di **3 m**: si comprende la necessità che anche i montanti siano a sostegno della facciata vetrata, ma allo stesso tempo l'idea di leggerezza che è alla base della progettazione conduce verso una scelta differente, che limiti l'uso di un numero eccessivo di elementi strutturali; nonostante la scansione modulare del

pannello in vetro (1 m di larghezza) non sia quindi coerente con gli elementi strutturali, il loro interasse rispetta comunque la scansione dimensionale (essendo la larghezza di ogni blocco pari a 18 m). Risulterà quindi ovviamente necessario utilizzare montanti di dimensioni maggiori per compensarne il numero limitato.

<i>Interasse montanti :</i>	<i>3 m</i>
<i>Interasse traversi :</i>	<i>2 m</i>
<i>Pendenza falda :</i>	<i>90%</i>
<i>Altezza facciata :</i>	<i>8 m</i>
<i>Altezza singolo pannello vetrato :</i>	<i>2 m</i>
<i>Larghezza singolo pannello vetrato :</i>	<i>1 m</i>
<i>Numero pannelli vetrati :</i>	<i>4 pannelli</i>

Tabella 14 : Caratteristiche dimensionali di copertura

Il dimensionamento viene effettuato anche in questo caso allo *SLU*, considerando i traversi come travi secondarie per la facciata e i montanti come le principali, su cui scaricano i traversi, con le vetrate, i serramenti apribili, e i controventi.

Bisogna inoltre ricordare che il pannello vetrato viene scelto come componente standard a cui fare riferimento anche nel caso della facciata nord-est, in policarbonato: quest'ultimo materiale infatti non solo è più leggero del vetro (le verifiche risultano quindi soddisfatte) ma ha anche la proprietà della flessibilità dimensionale, può cioè essere prodotto secondo qualsiasi dimensione di lunghezza (fino a 4 m), mentre la larghezza è modulare, anch'essa pari a 1 m. In questo caso specifico non risulta inoltre necessario individuare uno specifico elemento tecnico da analizzare, poiché tutti i traversi risultano caricati allo stesso modo. L'analisi procede quindi come quella per gli arcarecci, assimilando il traverso ad una trave.

Per poter effettuare lo stesso tipo di analisi degli arcarecci, sarà necessario attribuire alla facciata una pendenza; essa risulta ovviamente pari al 90%. L'analisi dei carichi permanenti sul singolo traverso considera un peso standard per le vetrate.

<i>Peso singolo pannello vetrato :</i>	<i>100 kg</i>
<i>Area singolo pannello vetrato :</i>	<i>2 m²</i>
<i>Peso pannelli vetrati per ogni m² :</i>	<i>50 $\frac{kg}{m^2}$</i>

Tabella 15 : Caratteristiche dei pannelli di vetro

Da cui si ricava :

Carichi permanenti (G) =
Peso pannelli vetrati per
ogni m² = 50 $\frac{kg}{m^2}$

Nonostante non siano presenti ovviamente dei carichi accidentali (trattandosi di facciata), il solo carico permanente G non può essere considerato nel suo valore netto ma deve essere riferito alla combinazione di carico fondamentale, allo SLU :

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

Da cui : q = carico totale a SLU = $75 \frac{kg}{m^2}$

q' = carico totale a SLU al m lineare = $q \cdot \text{interasse arcarecci} = 150 \frac{kg}{m}$

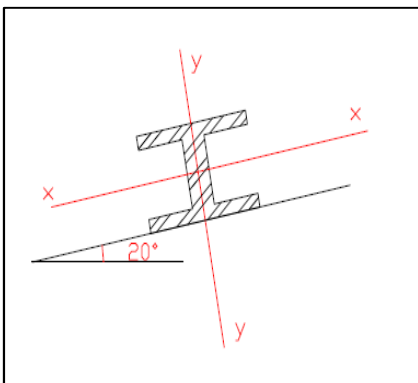
q^* = carico totale a SLU al m lineare + peso dell'arcareccio = $151,09 \frac{kg}{m}$

Il valore q^* verrà utilizzato soltanto nelle successive verifiche.

Anche in questo caso il pre-dimensionamento dei traversi si riferisce alla formula :

$$\sigma_{max} = M_{max}/W \leq \sigma_{amm}$$

$$W_{min} \geq M_{max}/\sigma_{amm}$$



M_{max} = momento generato dal carico massimo sul traverso

$s_{amm} = f_d$ = resistenza massima di progetto

$$= 2100 \frac{kg}{cm^2} \text{ (da NTC 2008)}$$

W_{min} = modulo di resistenza minimo del traverso

Il momento generato sul traverso viene ricavato dai carichi insistenti rispetto alle due direzioni che ne definiscono principalmente lo schema statico :

Componente parallelo alla falda :	$q_y =$	$0 \frac{kg}{m}$
Componente ortogonale alla falda :	$q_x =$	$150 \frac{kg}{m}$
Momento sul piano parallelo alla falda :	$M_y =$	$75 \frac{kg}{m}$
Momento sul piano ortogonale alla falda :	$M_x =$	$0 \frac{kg}{m}$

I valori nulli ricavati dipendono dalla pendenza della falda (90%), da cui : $\cos \alpha = 1$, $\sin \alpha = 0$.

Tabella 16 : Forze agenti sulla falda

Si ricavano i due valori dei moduli di resistenza : $W_{min,y} = 3,571 \text{ cm}^3$ $W_{min,x} = 0 \text{ cm}^3$

Ipotizzo a questo punto un profilo possibile per il traverso : le classiche travi utilizzate risultano essere **Quadrati cavi** e le verifiche richieste sono anche questa volta quelle a resistenza e deformabilità, sempre con il maggiore vincolo di quella a deformabilità, che viene quindi trattata per prima. Il riferimento è sempre al modulo di resistenza W_{min} precedentemente calcolato.

VERIFICA DI DEFORMABILITA'

$$f \leq l/500$$

Anche in questo caso si procede per tentativi successivi, partendo dal profilo a cui corrispondono valori di $W_{min,x}$ e $W_{min,y}$ di poco superiori rispetto a quelli calcolati e con dati utili relativi al profilo scelto vengono ricavati i valori della freccia massima della sezione (f), che è il parametro di riferimento per la verifica a deformabilità, prima nelle due direzioni degli assi di riferimento scelti, e poi come valore totale per composizione di questi ultimi. La verifica continua finchè si trova il profilo che la soddisfa. Con :

Modulo elastico :	$E =$	$2060000 \frac{kg}{cm^2}$
Momento di inerzia sul piano parallelo alla falda :	$J_y =$	$150,78 \text{ cm}^4$
Momento di inerzia sul piano ortogonale alla falda :	$J_x =$	$150,78 \text{ cm}^4$
Carico totale a SLU al m lineare + peso arcareccio :	$q^* =$	$1,5109 \frac{kg}{cm}$
Carico totale a SLU al m lineare + peso arcareccio parallelo:	$q^*_y =$	$0 \frac{kg}{m}$
Carico totale SLU al m lineare + peso arcareccio ortogonale:	$q^*_x =$	$1,5 \frac{kg}{m}$
Interasse capriate = lunghezza arcareccio :		300 cm

Tabella 17 : Valori fissati da normativa

Si ricava : $f_y = 0 \text{ cm}$ $f_x = 0,509 \text{ cm}$ $f = 0,509 \text{ cm}$

La verifica risulta soddisfatta con un profilo Q cavo 80x80x8.

VERIFICA DI RESISTENZA :

$$\sigma = M_x / W_x + M_y / W_y \leq \sigma_{amm}$$

Si procede per tentativi successivi, partendo dal profilo a cui corrispondono valori di $W_{min,x}$ e $W_{min,y}$ di poco superiori rispetto a quelli calcolati. Avendo già effettuato la verifica a deformabilità, si utilizza il profilo **Q cavo 80x80x8** da essa ricavato :
Con : $W_{min,x} = 50,38 \text{ cm}^3$ $W_{min,y} = 50,38 \text{ cm}^3$

La verifica risulta soddisfatta con un profilo Q cavo 80x80x8.

5.3.5. Controventi

Tra gli elementi di facciata è necessario studiare anche i **controventi**, che ad essa si agganciano; nello studio dimensionale dei controventi la larghezza e l'altezza che essi devono coprire dipendono dal tipo di elementi, dalla posizione in cui si vuole disporli.



Figura 85 : Sistema di aggancio dei controventi

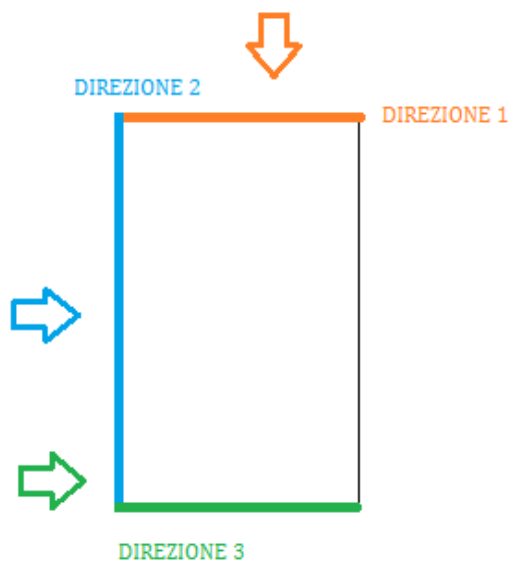


Figura 86 : Direzioni delle forze agenti sulla struttura

E' necessario studiare il posizionamento : la funzione del controvento è quella di bloccare il possibile spostamento dell'edificio, dovuto al carico accidentale del vento, secondo le 3 possibili direzioni in cui la pressione del vento agisce. Lo schema grafico riproduce le direzioni in cui la pressione del vento può orientarsi, rispetto alle pareti di un edificio qualsiasi : il controvento deve bloccare :

- La spinta ortogonale alla direzione 1 (freccia arancio)
- La spinta ortogonale alla direzione 2 (freccia azzurra)
- La spinta parallela alla direzione 3 (freccia verde)

Risulta evidente che, per ogni blocco, devono essere posizionati almeno 3 controventi.

Nel caso specifico del singolo blocco strutturale, bisogna tenere in considerazione che da un lato devono essere lasciati liberi degli appositi spazi per gli ingressi verso l'interno, dall'altro invece i controventi devono essere in misura sufficiente da coprire la facciata per tutta l'altezza, dall'altro. Si decide quindi innanzitutto di posizionare i controventi uno per lato, dove i lati corrispondono alle 3 direzioni), lasciando liberi i passaggi progettualmente stabiliti; la scelta di un solo elemento corrisponde alla perenne volontà di "alleggerimento" della facciata, che non viene così appesantita da un numero eccessivo di componenti, e allo stesso tempo garantisce la rigidità necessaria. Allo stesso tempo bisogna individuare le dimensioni: è ancora una volta la scansione modulare della struttura a limitare la scelta, imponendo che l'aggancio dei controventi venga effettuato tenendo conto dell'interasse dei montanti. Per bloccare tutte le facciate si sceglie perciò una scansione di 9 m per i lati "lunghi", pari a metà facciata; allo stesso modo i controventi sono pari a 6 m lungo i "lati corti" (interasse capriate). I controventi vengono agganciati ai montanti.

Si valutano i carichi del vento sul controvento : devono essere assimilati a carichi su parete . Si immagina di nuovo il singolo blocco e si studiano le due situazioni di applicazione ortogonalmente al lato lungo dell'intero involucro e di quello corto.

Per semplicità si sceglie di studiare il blocco più piccolo, a sinistra:

- Quando l'azione del vento F_w è ortogonale al lato corto dell'involucro essa viene ripartita sui due controventi che vengono posizionati lungo i lati corti; su ognuno di essi perciò si applica $F_w/2$. F_w è applicata nel baricentro delle masse della facciata (convenzionalmente in mezzeria) e rispetto al baricentro delle rigidità (che si trova lungo la mezzeria del lato lungo del blocco), ad esso ortogonale, genera perciò *MOMENTO FLETTENTE* : $M = F_w \cdot e$, con $e = 18\text{ m}$, pari a metà del lato corto del blocco.
- Quando F_w è ortogonale al lato lungo del blocco essa si trova già sulla linea di

baricentro delle rigidità e non si genera M ; Sui singoli controventi perciò agisce solo F_w , divisa in 4 parti perché tale è il numero dei controventi.

Sul blocco più grande valgono le stesse considerazioni, dividendo semplicemente la forza, quando ortogonale al lato corto, in quattro e non più due.

Il controvento da studiare risulta perciò essere uno dei due su cui agisce $F_w/2$.

La formula per F_w è la stessa della copertura ma cambiano : $C_p \text{ sopravvento} = 0,8$

$$C_p \text{ sottovento} = -0,4$$

Si ottiene : $p \text{ sopravvento} = 468,75 \frac{N}{m^2} = 46,875 \frac{kg}{m^2}$

$$p \text{ sottovento} = -234,375 \frac{N}{m^2} = -23,438 \frac{kg}{m^2}$$

$$p \text{ totale} = 703,125 \frac{N}{m^2} = 70,312 \frac{kg}{m^2}$$

Tale valore viene riferito alla parete del lato più lungo della facciata :

$$L = 36 \text{ m} \quad h = 4 \text{ m} \quad \text{Area} = 144 \text{ m}^2$$

La forza totale del vento sulla parte (F_w^*) si ottiene dal loro prodotto : $F_w^* = 101,25 \text{ kN}$

Tal valore deve essere poi moltiplicato per un coefficiente correttivo = 1,5, da applicare quando la forza del vento agisce con $z < 12 \text{ m}$. Si ottiene : $F_w = 151,875 \text{ kN}$

$$F_w / 2 = 75,9375 \text{ kN}$$

La risoluzione di un generico controvento viene effettuata ancora una volta tramite il software di calcolo **Ftool** e risulta però diversa dagli elementi trattati prima :

- I carica il controvento con il valore $F_w / 2$ trovato. L'applicazione della forza nella mezzera del controvento implica però che esso venga considerato nella sua interezza, compreso il montante, e sarà proprio questo l'unico elemento carico, il resto del controvento risulta scarico secondo tutte le possibili azioni (N , T , M). La verifica da effettuare è perciò la verifica a taglio sull'elemento verticale.
- **Nello schema statico non si inseriscono cerniere interne tra gli elementi, immaginando di collegarli mediante saldatura (cioè non eliminando M).**

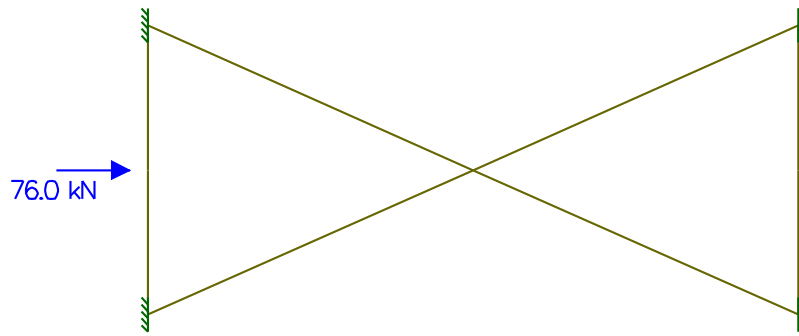


Figura 87 : Schema statico controvento

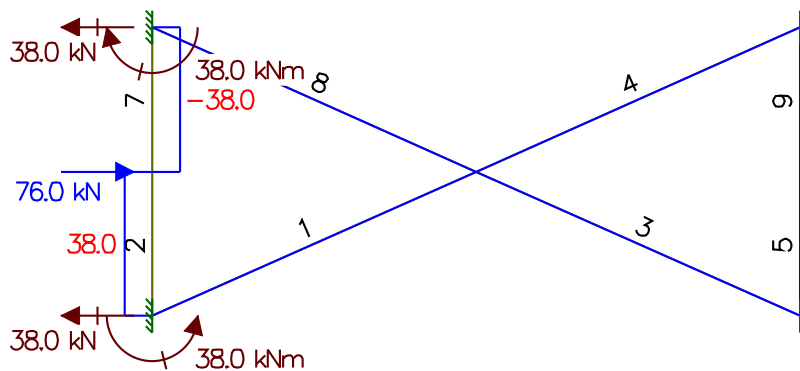


Figura 88 : Diagramma taglio controvento

VERIFICA A TAGLIO

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,$$

Il controvento è il primo elemento strutturale a dover essere verificato a taglio : la verifica considera il valore di taglio V_{Ed} , trovato dalla risoluzione con il software, come maggiore valore di taglio, e $V_{c,Rd}$ come valore di confronto, pari a :

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}},$$

$g_{M0} = 1,05 =$ *fattore globale parziale*

$f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} =$ *tensione caratteristica snervamento CorTen*

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

Osservo che il calcolo di A_v richiede l'uso di parametri normalmente riferiti ad un classico profilo *HEB* e non disponibili per un profilo tondo; scelgo quindi di utilizzare la semplice A del profilo, imponendo un margine maggiore per la verifica.

Il profilo utile risulta : **T cavo $26,9 < 3,2$ con $A = 2,38 \text{ cm}^2$**

Con : **$V_{Ed} = 38 \text{ kN}$ $V_{C,rd} = 46,457 \text{ kN}$**

$$V_{Ed} / V_{C,rd} = 0,817$$

La verifica risulta soddisfatta

Si osserva che la verifica è ampiamente soddisfatta, proprio per confermare quanto sopra esposto circa l'uso di A al posto di A_v .

I controventi devono essere posizionati anche in copertura, secondo la stessa logica di bloccare le 3 possibili direzioni di movimento; si sceglie di utilizzare semplicemente gli stessi profili della facciata, essendo minori le azioni agenti.

5.3.6. Montanti di facciata

Sui **montanti** grava il peso dei traversi e della facciata vetrata; come indicato, si sceglie di posizionare tali elementi ad una **distanza** di **9 m** lungo i **lati nord-ovest e sud-est** e di **6 m** lungo i **lati nord-est e sud-ovest**. Si calcola l'effettivo carico che grava sul singolo montante : si ricorda che il dimensionamento non si riferisce ad un elemento specifico, essendo tutti i montanti soggetti allo stesso carico.

CARICHI PERMANENTI:	<i>Peso della facciata : $G_1 =$</i>	$500 \frac{N}{m^2}$	
	<i>Peso dei traversi : $G_2 =$</i>	$920,227 \frac{N}{m^2}$	
	<i>Peso del montante : $G_3 =$</i>	$0 \frac{N}{m^2}$	<i>Solo per le verifiche</i>

Tabella 18 : Valori dei carichi permanenti

Il peso dei traversi non è ancora stato calcolato e corrisponde al peso di tutti i traversi che, da livello $z=0.00 \text{ m}$ a $z=8.00 \text{ m}$ (con $z =$ quota altimetrica) poggiano sul montante in esame: ogni montante sorregge in realtà metà di tale carico, essendo l'altra metà attribuita all'elemento che lo precede o segue direttamente; ma allo stesso tempo su

ogni montante arriva carico sia dai traversi che lo precedono sia da quelli che lo seguono, tanto che il carico totale viene ripristinato.

Per il calcolo del peso del traverso si considera il profilo calcolato, **Q cavi 80x80x8**, al metro lineare per coerenza con gli altri carichi. Dai dati:

Area del profilo HEB 80x80x8 : $A =$	$0,00231 \text{ m}^2$	
Numero traversi: $n^\circ =$	5 traversi	Ogni 2 m su facciata di 10 m
Interasse traversi : $i_a =$	2 m	
Densità acciaio : $r =$	$7860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
Accelerazione di gravità : $g =$	9,8 m	

Tabella 19 : Caratteristiche tecniche degli elementi

Tali valori costituiscono i carichi puntuali da applicare sui nodi del singolo montante.

Il carico totale al nodo viene ottenuto ancora una volta allo SLU :

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

Per cui ogni carico è moltiplicato per il suo coefficiente di combinazione; dovendo ottenere carichi puntuali sul montante, ogni valore viene moltiplicato per la lunghezza dei traversi, lunghezza di distribuzione del carico (3 m). Si riassumono i carichi :

CARICHI DISTRIBUITI	COMBINAZIONE FONDAMENTALE		CARICHI a metro lineare	CARICHI CONCENTRATI (sui nodi)	
N/m^2	coeff.	N/m^2	N/m	N	
0	1	0	0	0	G1
920,22784	1,5	1380,34176	4141,02528	8282,05056	G2
500	1,5	750	2250	4500	G3
0	0,75	0	0	0	Q1
0	0,9	0	0	0	Q2

Tabella 20 : Riassunto dei carichi agenti

Da cui risulta : $q =$ carico totale a SLU = **12,782 kN**

$2q =$ doppio carico totale a SLU = **25,564 kN**

Il carico raddoppiato perché sul montante scaricano i traversi da destra e da sinistra.

Il pre-dimensionamento e la successiva verifica del montante deve essere effettuato con riferimento allo stato tensionale interno, analizzando cioè la distribuzione di *AZIONE ASSIALE (N)*, *TAGLIO (T)* e *MOMENTO FLETTENTE (M)*; per facilitare l'analisi si sceglie di utilizzare un software di calcolo, **Ftool**, che procede per steps :



Figura 89 :
Schema statico
montante

- Si individua lo schema statico del montante, riconducibile ad un'asta incernierata all'estremo superiore (dove il montante viene "appeso" alla capriata) e con il vincolo di carrello, ruotato di 90°, all'estremità inferiore, dato il possibile movimento che la cerniera superiore garantisce; le dimensioni corrispondono a quelle dell'elemento. Vengono attribuiti i carichi, concentrati, ricavati prima dalla combinazione allo SLU.
- Il software restituisce l'andamento tensionale sull'elemento. Il diagramma di interesse è soltanto quello dell'azione *N*, dato che gli unici carichi che insistono sul montante risultano essere di compressione.

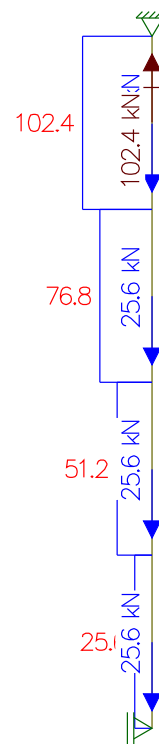


Figura 90 :
Diagramma azione
assiale montante

L'elemento strutturale viene pre-dimensionato, secondo la formula da Normativa :

N_{Ed} = azione agente - carico maggiore sul montante (da grafico)

$N_{c,Rd}$ = azione resistente – valore imposto da Normativa

$$A_{Netta} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot f_{tk}}$$

Essendo : $N_{Ed} = 102,40 \text{ kN}$ impongo : $N_{Ed} = N_{t,Rd}$ ed essendo, da Normativa :

$g_{M0} = 1,05$ = fattore globale parziale

$$N_{c,Rd} = A \cdot (f_{yk} / \gamma_{M0}) \quad f_{yk} = 355000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \text{resistenza dell'acciaio Classe 1 (scelto)}$$

Ricavo $A = 3,028 \text{ cm}^2$ che diventa il parametro di riferimento per la scelta del profilo.

A questo punto possono essere effettuate le verifiche che, per un elemento compresso, sono la *VERIFICA A COMPRESSIONE* e la *VERIFICA A STABILITA'*; la *VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE* non viene effettuata : nonostante infatti i carichi assiali producano momenti flettenti sul montante, essendo tali momenti uguali e contrari (data la doppia azione scaricante sull'elemento), essi si annullano. La *VERIFICA A STABILITA'* viene trattata per prima, essendo quella più vincolante.

VERIFICA A STABILITA' :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Innanzitutto bisogna aggiungere al carico N_{Ed} precedentemente ricavato il peso del montante : si osserva che tale valore è già compreso nei risultati del diagramma di *AZIONE ASSIALE*, perché, al quando l'elemento viene posto nel software di calcolo, ne viene richiesta un'ipotesi di dimensione e un peso standard; tale valore non risulta rilevante ai fini delle verifiche (perché inferiore rispetto agli altri carichi) si accetta.

Bisogna poi calcolare $N_{b,Rd}$, parametro di confronto, limite di verifica; da Normativa :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \gamma_{M1} = 1,05 \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0$$

A cui corrispondono:

$$\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2], \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad N_{cr} = \pi^2 EJ / l_1^2$$

Bisogna quindi ricavare il valore N_{cr} :

Modulo elastico :	$E =$	$21000 \frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia:	$J =$	418,44 cm⁴
Lunghezza dell'asta :	$l_1 =$	800 cm

Tabella 21 : Valori di calcolo

Dopo vari tentativi il valore utile risulta il profilo **Q cavi 100x100x8**, con **$A = 29,44 \text{ cm}^2$**

Con: **$N_{cr} = 135,373 \text{ kN}$** **$N_{b,Rd} = 114,267 \text{ kN}$**

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,916$

La verifica risulta soddisfatta.

Altri profili, inferiori a questo, soddisfano in realtà la verifica ma il valore risulta troppo vicino al limite di verifica e si vuole inoltre fare in modo che lo spessore dei montanti sia uguale a quello dei traversi.

VERIFICA A COMPRESSIONE :

$$N_{C,Rd} = A \cdot (f_{yk} / \gamma_{M0})$$

$$N_{Ed} / N_{C,Rd} \leq 1$$

Si calcola il valore $N_{C,Rd}$: si considera il valore di area (da profilario) immediatamente superiore rispetto a quello trovato, procedendo poi per valori successivi; è da considerare che un altro limite a tale valore è costituito dal profilo del traverso, non potendo il montante avere dimensioni inferiori dell'elemento che sostiene. In realtà, avendo già effettuato la *VERIFICA A STABILITA'*, si mantiene lo stesso profilo :

Con : **$A = 29,44 \text{ kN}$** **$N_{C,Rd} = 995,352 \text{ kN}$**
 $N_{Ed} / N_{C,Rd} = 0,105$

La verifica risulta soddisfatta.

Non bisogna tralasciare che sui montanti grava anche il peso dei controventi : come precedentemente analizzato, questi elementi vengono saldati ai montanti e sono stati dimensionati proprio con riferimento ai montanti che li sostengono; i montanti sono perciò già stati verificati a taglio nell'analisi dei controventi.

Per confermare che il profilo qui scelto per i montanti soddisfa effettivamente anche la *VERIFICA A TAGLIO*, semplicemente si confrontano le due aree.

VERIFICA A TAGLIO

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,$$

Si confrontano : **$A_{\text{montanti da controvento}} = 2,38 \text{ cm}^2$** < **$A_{\text{montanti}} = 29,44 \text{ cm}^2$**

La verifica risulta perciò soddisfatta con un profilo Q cavi 100x100x8.

5.3.7. Travi reticolari di copertura

Le capriate metalliche sono gli elementi orizzontali principali della struttura : su di esse gravano perciò gli elementi secondari, gli arcarecci e le travi reticolari (che compensano l'interasse fra le capriate); si osserva infatti che anche nella direzione ortogonale alle campate le travi devono sopportare la facciata vetrata e l'unica soluzione sono le travi reticolari.

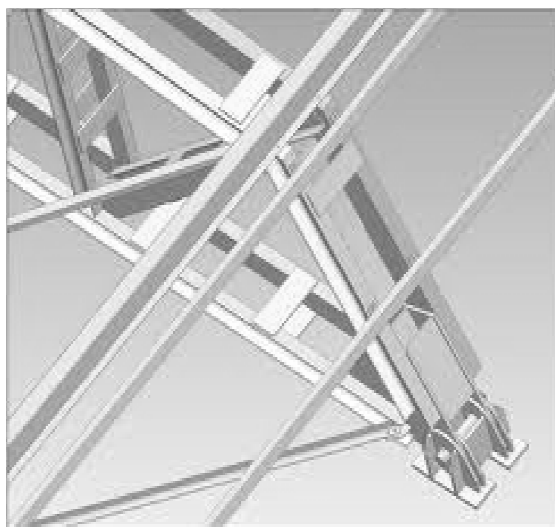


Figura 91 : Trave reticolare

La **lunghezza** di questi elementi strutturali risulta perciò pari a **6 m**, interasse fra le capriate, mentre l'**altezza** è costante, pari a **2 m**. Si ipotizzano **profili a L**.

Il dimensionamento viene effettuato ovviamente allo *SLU*, distinguendo in aste tese e aste compresse, verificando le più sollecitate. Gli elementi da corrispondono ai soli elementi laterali, sui bordi della struttura: negli interassi "centrali" infatti, non essendoci il carico di facciata da dover sostenere, si sceglie di disporre soltanto degli "arcarecci di chiusura". Il carico della copertura e degli arcarecci (che, come carico distribuito, rappresenta la forza insistente su tali travi reticolari) deve essere raddoppiato, essendo duplice, da destra e da sinistra.

Si dimensiona indifferentemente una qualsiasi **trave reticolare**, escludendo quelle d'angolo, che, sopportando il carico di una sola capriata, sono meno caricate.

Sulla reticolare insistono innanzitutto i carichi distribuiti, somma dell'azione della copertura, della neve e del vento, che devono essere relazionati secondo la **COMBINAZIONE LINEARE FONDAMENTALE**, cioè tenendo conto di particolari coefficienti correttivi; a questi, sempre secondo combinazione, va sommato il peso degli arcarecci, non ancora calcolato; ricordando che gli arcarecci corrispondono a profili **IPE 220**, secondo la formula, da Normativa :

$$Area_{ipe} \cdot l_{metro} \cdot n^{\circ}_{profili} \cdot \rho_{acciaio} \cdot g$$

Area del profilo IPE 220 :	$A =$	$0,00334 \text{ m}^2$	
Numero arcarecci :	$n^\circ =$	6 arcarecci	5 centrali + 2 metà
Interasse arcarecci :	$i_a =$	1,5 m	
Densità acciaio :	$r =$	$7860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
Accelerazione di gravità :	$g =$	9,81 m/s	

Tabella 22 : Caratteristiche tecniche degli elementi

Da cui si ricava : **Peso dell'arcareccio = $2,315 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$**

Si riassumono i carichi distribuiti, a **COMBINAZIONE FONDAMENTALE** :

	TRAVE RETICOLARE						
		CARICHI DISTRIBUITI		COMBINAZIONE FONDAMENTALE		m	CARICHI a m lineare
		kN/m^2	kN/m	coeff.			kN/m
estradosso	G1	0		1	0		0
	G2		2,315	1,5	3,473	6	3,473
	G3	0,667		1,5	1,000	1,5	1,500
	Q1	1,106		0,75	0,829	1,5	1,244
	Q2	-0,234		0,9	-0,211	1,5	-0,316

Tabella 23 : Caratteristiche tecniche della trave reticolare

- **G1 = peso della trave reticolare, considerato nullo, usato solo nelle verifiche**
- **G2 = peso degli arcarecci come trave IPE 220**
- **G3 = peso del rivestimento di copertura**
- **Q1 = carico da neve**
- **Q2 = carico del vento**

Da cui : **$q^* = \text{carico totale a SLU al m lineare} + \text{peso dell'arcareccio} = 5,900 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$**

I carichi dalla facciata vengono ricavati come reazioni vincolari dei montanti di facciata; essi vengono applicati all'intradosso delle travi reticolari e risultano pari a : **102,4 kN**

La trave reticolare viene studiata con il software **Ftool** :

- La capriata è associata ad una trave incastrata agli estremi, alle capriate; a livello operativo questo significa l'eliminazione dei montanti laterali (che devono risultare scarichi), in fase di montaggio Si applicano i carichi.

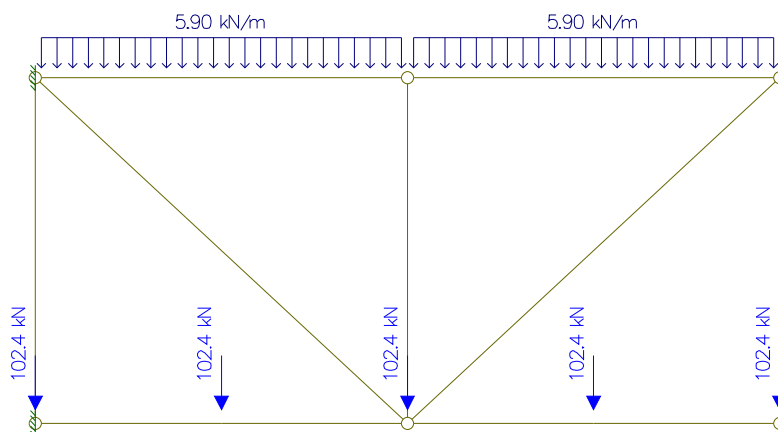


Figura 92 : Schema statico trave reticolare

- Il software restituisce i diagrammi delle azioni ma solo quello dell'**AZIONE ASSIALE** viene considerato, essendo le verifiche dell'elemento solo a trazione e compressione. Si elimina la possibilità di formazione di **MOMENTO FLETTENTE**, disegnando la struttura con cerniere interne; **ciò implica che per gli elementi della capriata deve essere prevista l'imbullonatura, unione a M nullo.**

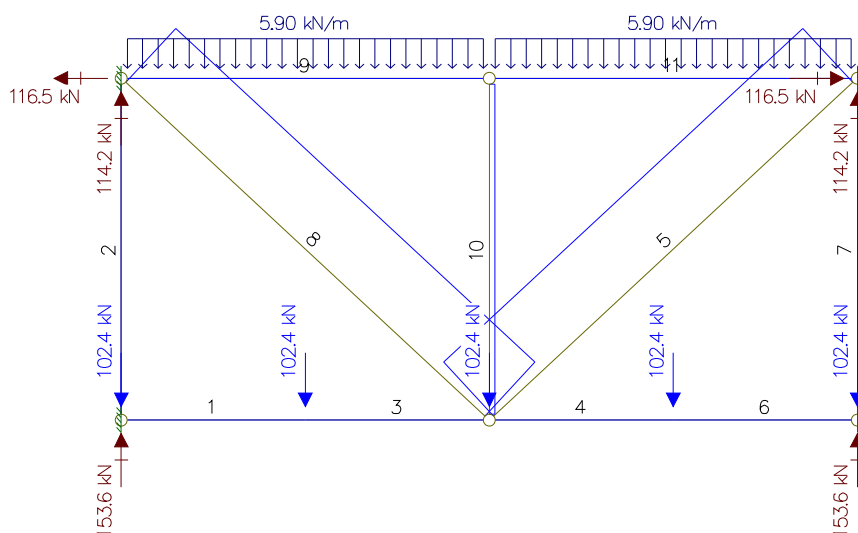


Figura 93 : Diagramma azione assiale trave reticolare

- Si identificano le aste più caricate e si effettua solo la **VERIFICA A TRAZIONE** perché non ci sono aste compresse.

➤ **VERIFICA A TRAZIONE**

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1$$

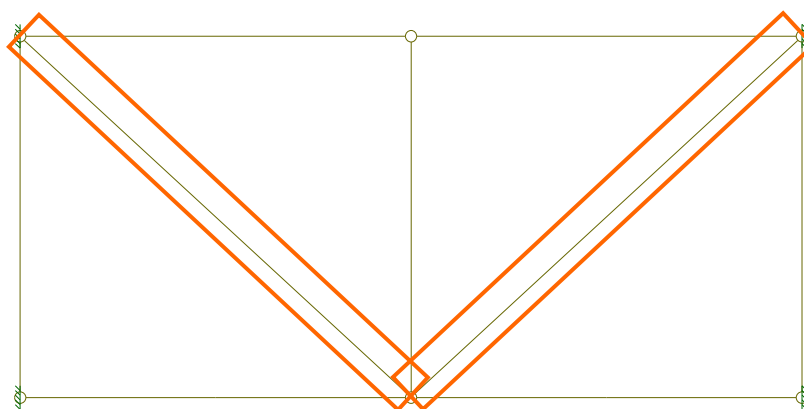


Figura 94 : Sollecitazione delle aste

Dallo studio delle aste tese, le più sollecitate (che sono le uniche) sono le diagonali :

	INTRADOSSO :	DIAGONALE : aste 8-5	MONTANTE :	ESTRADOSSO :	
N/2	0	159,000	0	0	kN
A _{profilo}	0	0,000523	0	0	m ²

Tabella 24 : Caratteristiche tecniche delle aste della trave reticolare

Il valore N corrisponde al carico di verifica N_{Ed}, che viene indicato come N/2 perché i profili a L, scelti per il dimensionamento della capriata, devono essere studiati singolarmente, mentre N è il carico su entrambi i profili.

Dove A_{profilo} viene ricavata tramite la formula, da Normativa :

$$A_{Netta} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot f_{tk}} \quad \gamma_{M2} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

$$f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} = \text{tensione caratteristica snervamento Corten}$$

La sollecitazione dell'asta, N_{Ed}, viene confrontata con il valore N_{t,Rd}, che viene ricavato, da Normativa, dove N_{pl,Rd} corrisponde al valore N_{t,Rd}, secondo la formula :

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \gamma_{M0} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

$$f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} = \text{tensione caratteristica snervamento CorTen}$$

La verifica si realizza per passaggi successivi, imponendo diversi valori per A, arrivando ad un profilo **L 45x45x6** :

A cui corrispondono : **A = 5,09 cm²**

$$N_{pl,Rd} = 172,09 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,923$$

La verifica è soddisfatta

Aree inferiori a queste soddisfano la verifica ma i profili risultano maggiori.

Non essendoci aste compresse, i profili scelti vengono utilizzati per tutte le aste
Esse avranno quindi : Doppio profilo a L 45x45x6

5.3.8. Capriate di copertura

Gli arcarecci e le reticolari poggiano direttamente sulle **capriate** metalliche, travi reticolari inclinate all'estradosso secondo la pendenza delle falde di copertura (20%). Ai carichi che le capriate devono sostenere (derivanti dalla copertura) devono perciò essere aggiunto il peso proprio degli arcarecci e le reazioni delle reticolari.

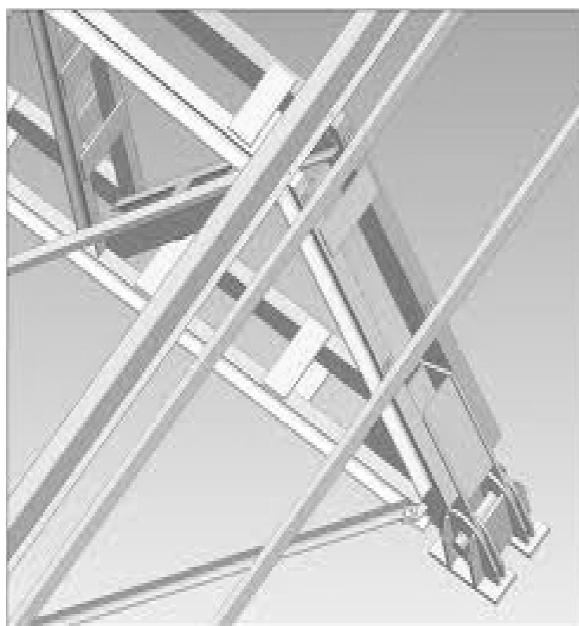


Figura 95 : Capriata reticolare di copertura

Alcuni valori dimensionali relativi alle capriate sono già state stabiliti in fase di dimensionamento degli arcarecci: in particolare esse hanno **interasse** pari a **6 m** e **altezza minima** di **2 m** e **massima** (al colmo) di **3,824 m**. Il problema principale risulta però essere quello della larghezza: tale struttura infatti deve essere progettata in modo tale da coprire una **luce** di **18 m**, secondo le esigenze progettuali del blocco strutturale.

Bisogna ipotizzare i profili da utilizzare : secondo il modello tipico delle strutture reticolari, si scelgono **profili a L**, con lati uguali, che sono facilmente accoppiabili.

Anche in questo caso il dimensionamento è allo *SLU*; come in ogni struttura reticolare, sono le singole aste a dover essere verificate. E' necessario quindi studiare lo schema statico delle capriate, individuando poi i diagrammi delle azioni (*AZIONE ASSIALE (N)*, *TAGLIO (T)*, e *MOMENTO FLETTENTE (M)*).

È' necessario indicare quale deve essere la capriata da studiare : elementi centrali e di bordo sono diversi a causa dei carichi che insistono su di essi. Su ogni capriata centrale insistono i carichi dagli arcarecci, considerati per metà della lunghezza dell'arcareccio perché l'altra metà scarica sulla capriata immediatamente precedente o successiva; poiché però sulla capriata tali carichi sono da considerarsi doppiamente (considerando gli arcarecci sia davanti che dietro), il valore di carico riferibile all'intera lunghezza degli arcarecci. Oltre a questi ci sono le reazioni delle reticolari. Sulle capriate laterali invece ci sono, oltre alla metà dei carichi degli arcarecci e le reticolari, anche i carichi della facciata, che è "appesa". **Si considerano perciò entrambi i casi.**

Il carico proveniente dalla copertura è già stato calcolato : esso corrisponde al peso di tutti gli arcarecci insistenti sulla capriata, insieme ai carichi del rivestimento, della neve e del vento; è necessario però ricavare il valore puntuale del carico sulla capriata. Si richiama perciò lo studio dell'arcareccio, dal quale si ottengono le reazioni vincolari sulla capriata; dovendo però comprendere anche il peso dell'arcareccio stesso si genera una nuova struttura di servizio, caricando l'arcareccio con :

- $q_1 = \text{carico distribuito a SLU a sull'arcareccio} = 2,428 \frac{kN}{m}$
- $q_2 = \text{peso distribuito dell'arcareccio a SLU a m lineare} = 3,473 \frac{kN}{m}$
- $q^* = \text{carico totale a SLU al metro lineare + peso dell'arcareccio} = 5,900 \frac{kN}{m}$

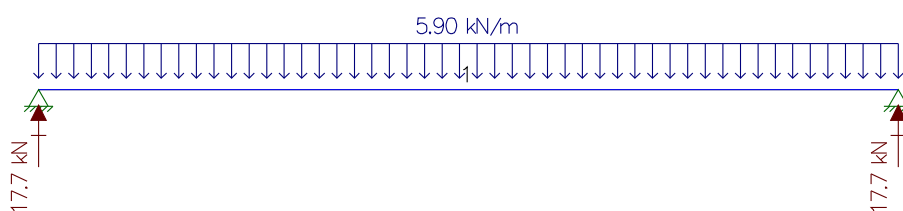


Figura 96 : Diagramma del taglio sull'arcareccio fittizio

Si procede con il dimensionamento degli elementi, iniziando con la **capriata centrale** : si osserva infatti che la laterale non è altro che una capriata centrale con l'aggiunta dei carichi di facciata e alcune considerazioni sui carichi degli arcarecci, che verranno trattate in seguito; si parte quindi dal caso più semplice. Si richiamano i carichi secondo la **COMBINAZIONE LINEARE FONDAMENTALE** :

		CAPRIATA CENTRALE							
		CARICHI DISTRIBUITI kN/m ²	CARICHI CONCENTRATI kN	COMBINAZIONE FONDAMENTALE		m	CARICHI a m lineare kN/m	CARICHI CONCENTRATI * kN	
				coeff.					
estra- dosso	centrale	G1	0		1	0		0	
		G2	0,386		1,5	0,579	6	0,000	18,000
		Q1	1,106		0,75	0,829	1,5	1,244	4,500
		Q2	-0,234		0,9	-0,211	1,5	-0,316	4,500
	laterale	G2/2	0,193		1,5	0,289	1,5	0,434	1,500
		G3 Te		-90,200	0				-90,200
		G3 Ne		90,600	0				90,600
intra- dosso	centrale	G4		0	0			0	
	laterale	G3 Ti		-117,600	0			-117,600	

Tabella 25 : Valori di carico sulla capriata centrale

A cui corrispondono :

- **G1 = peso della capriata : nullo, perché è da usare solo nelle verifiche**
- **G2 = peso degli arcarecci**
- **Q1 = carico da neve**
- **Q2 = carico da vento**
- **G3 Te = reazione vincolare da taglio all'estradosso, derivante dalla reticolare**
- **G3 Ne = reazione vincolare assiale all'estradosso, derivante dalla reticolare**
- **G4 = carico dalla facciata**
- **G3 Ti = reazione vincolare da taglio all'intradosso, derivante dalla reticolare**

Da cui derivano i valori puntuali, distinti in nodi ed estradosso e intradosso :

AZIONI	Taglio	Azione assiale	Taglio
NODI	Estradosso		Intradosso
Centrale	27 kN		0 kN
Laterale	133,800 kN	135,900 kN	176,400 kN

Tabella 26 : Azioni puntuali agenti sulla capriata

Si osserva che ad una delle due estremità la capriata è affiancata a quella immediatamente successiva o precedente, con cui dovrebbe ripartire le proprie azioni ; ma si immagina, a livello operativo, che la trave reticolare, con tutti i carichi che sostiene, venga incastrata ad una sola delle capriate (per semplicità di esecuzione).

Le reazioni vincolari della struttura reticolare hanno direzione opposta, sulla capriata, proprio perché qui sono azioni agenti e non più reazioni; nei nodi laterali di estradosso vengono sommati ai carichi degli arcarecci.

Lo studio dell'elemento strutturale procede secondo il modello del software **Ftool** :

- La capriata viene associata ad una trave appoggio-appoggio, con schema statico a vincoli cerniera-carrello. Si attribuiscono profili a L e si carica.

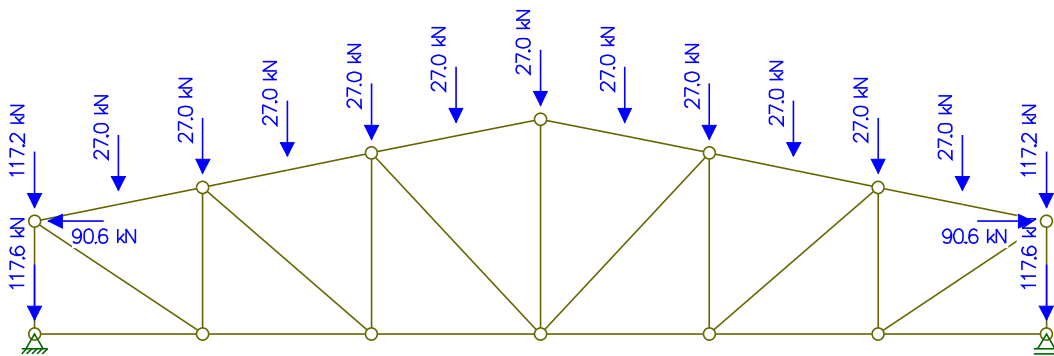


Figura 97 : Schema statico capriata centrale

- Il diagramma utile è soltanto quello dell'azione N , come per una classica trave reticolare; **viene escluso M perché si suppone che le componenti della trave siano tra loro imbullonate, cioè a M nullo (mettendo cerniere interne).**

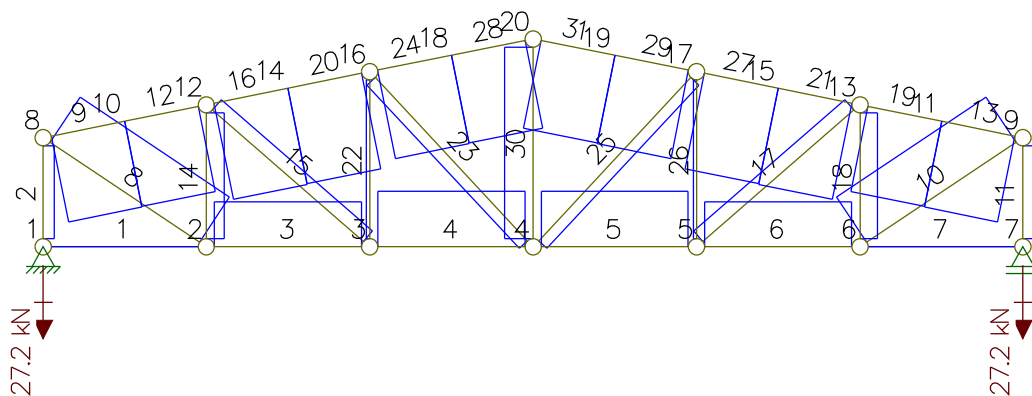


Figura 98 : Diagramma azione assiale capriata centrale

- Si identificano le aste più caricate e si effettuano le verifiche, prima la **VERIFICA A TRAZIONE** per le aste tese; per le aste compresse invece prima la **VERIFICA A STABILITA'**, più vincolante rispetto alla **VERIFICA A COMPRESSIONE**.

VERIFICA A TRAZIONE :

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1$$

Dallo studio delle aste tese, le più sollecitate risultano le centrali di intradosso :

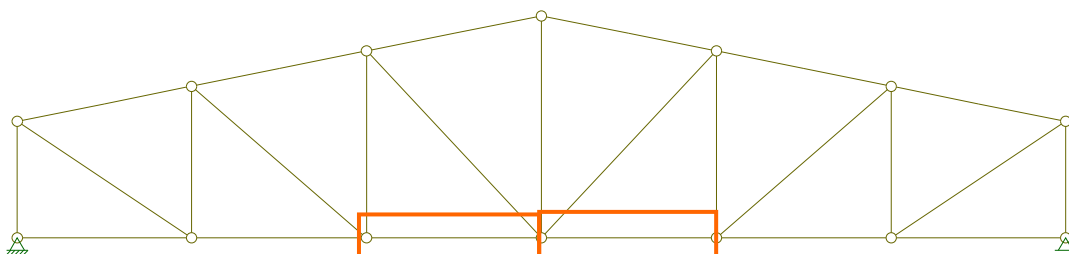


Figura 99 : Sollecitazioni capriata centrale

	INTRADOSSO : asta 4-5	DIAGONALE : aste 8-10	MONTANTE :	ESTRADOSSO :	
N/2	235,600	211,8	0	0	kN
A profilo	0,000774	0,000696	0	0	m ²

Tabella 27 : Valori di carico sulle aste della capriata

Il valore N corrisponde al carico di verifica N_{Ed} , che viene indicato come N/2 perché i profili a L devono essere studiati singolarmente; da Normativa :

$$A_{Netta} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot f_{tk}} \quad \gamma_{M2} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

$$f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} = \text{tensione caratteristica snervamento CorTen}$$

La sollecitazione dell'asta, N_{Ed} , viene confrontata con il valore $N_{t,Rd}$, che viene ricavato, da Normativa, dove $N_{pl,Rd}$ corrisponde al valore $N_{t,Rd}$, secondo la formula :

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \gamma_{M0} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

$$f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} = \text{tensione caratteristica snervamento CorTen}$$

La verifica si realizza per passaggi successivi, imponendo diversi valori per A, e ricavando $N_{pl,Rd}$ corrispondenti, arrivando ad un profilo **L 60x60x8**:

A cui corrispondono : **A = 9,03 cm²**

$$N_{pl,Rd} = 305,300 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,771$$

La verifica è soddisfatta

Si osserva che a verifica è abbondantemente soddisfatta ; il valore di area però viene scelto, sebbene elevato, perché corrispondente ad un profilo minore rispetto ad altri profili, maggiori, con aree minori.

VERIFICA A STABILITA' :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Il carico N_{Ed} è stato precedentemente ricavato, come massimo carico di compressione sulle aste della capriata : si osserva che tale valore comprende già anche il peso proprio delle aste della capriata, essendo richiesta un'ipotesi dimensionale del profilo al momento dell'inserimento nel software di calcolo e viene di conseguenza assegnato un peso standard; tale valore è molto basso e la standardizzazione viene accettata.

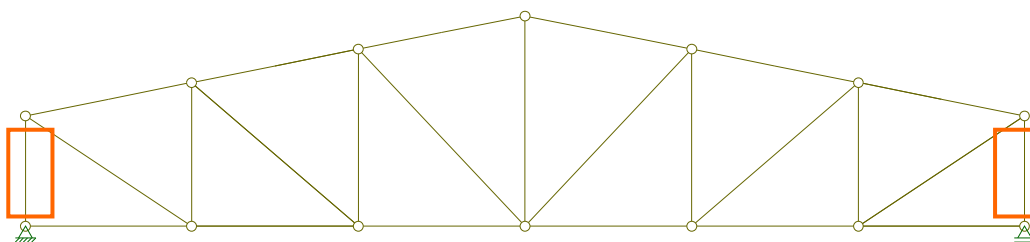


Figura 100 : Sollecitazioni capriata centrale

Le aste più sollecitate a compressione sono i montanti laterali :

	INTRADOSSO :	DIAGONALE :	ESTRADOSSO : aste 16-21	MONTANTE : asta 2-11	
N/2	0	0	150,600	265,700	kN
A profilo	0	0	0,000495	0,000873	m ²

Tabella 28 : Valori di carico sui montanti della capriata

Dove A_{profilo} e $N/2$ sono già stati analizzati.

Bisogna poi calcolare $N_{b,Rd}$, parametro di confronto, limite di verifica; esso corrisponde

a, secondo la formula da Normativa :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \gamma_{M1} = 1,05 \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \\ \Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2], \quad N_{cr} = \pi^2 EJ / l^2$$

A cui corrispondono :

Bisogna quindi ricavare il valore N_{cr} :

<i>Modulo elastico :</i> $E =$	$21000 \frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia: $J =$	151 cm⁴
<i>Lunghezza dell'asta :</i> $l =$	310 cm

Tabella 29 : Valori di calcolo

La lunghezza dell'asta di riferimento risulta essere quella relativa alle aste centrali, al colmo, più lunghe rispetto alle altre per compensare l'inclinazione delle falde. Il momento di inerzia corrisponde al minore tra le J del profilo ipotizzato.

Vengono effettuati diversi tentativi per arrivare al profilo che soddisfa la verifica ; il valori utili risultano corrispondenti ad un profilo **L 120x120x13** :

Con : $A = 29,69 \text{ cm}^2$ $N_{cr} = 349,467 \text{ kN}$

$$N_{b,Rd} = 269,126 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,987$$

La verifica è soddisfatta.

Un altro passaggio deve essere compreso in questa verifica : deve essere scelta la CLASSE di appartenenza dei profili compressi; si osserva che, sempre secondo

$h/t \leq 15\epsilon$ disposizioni normative, i profili a L (scelti) risultano tutti appartenenti alla CLASSE 3 :

$h =$ lunghezza del lato del profilo $t =$ spessore del profilo

Si ottiene : $15\epsilon = 12,5$ $h / t = 9,230$

La verifica è soddisfatta

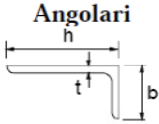
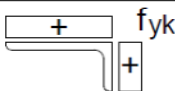
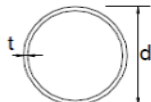
Angolari																			
																			
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti																			
Classe	Sezione in compressione																		
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)																			
3	$h/t \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$																		
Sezioni Tubolari																			
																			
Classe	Sezione inflessa e/o compressa																		
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$																		
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$																		
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)																		
$\epsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	<table border="1"> <tr> <td>f_{yk}</td> <td>235</td> <td>275</td> <td style="border: 2px solid orange;">355</td> <td>420</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>ϵ</td> <td>1,00</td> <td>0,92</td> <td style="border: 2px solid orange;">0,81</td> <td>0,75</td> <td>0,71</td> </tr> <tr> <td>ϵ^2</td> <td>1,00</td> <td>0,85</td> <td style="border: 2px solid orange;">0,66</td> <td>0,56</td> <td>0,51</td> </tr> </table>	f_{yk}	235	275	355	420	460	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51
	f_{yk}	235	275	355	420	460													
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71													
ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51														

Figura 101 : Valori di calcolo secondo il tipo di profilo scelto

VERIFICA A COMPRESSIONE

$$N_{Ed} / N_{C,Rd} \leq 1$$

Si calcola il valore $N_{C,Rd}$: si considera il valore di area (da profilario) immediatamente superiore rispetto a quello trovato, procedendo poi per valori successivi qualora la verifica non risulti soddisfatta. Avendo già effettuato la verifica a stabilità, si mantiene lo stesso profilo **L 120x120x13** e si verifica; con : **A = 29,69 cm²**

Si ottiene : **$N_{C,Rd} = N_{pl,Rd} = 1003,8 \text{ kN}$**

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,264$$

La verifica è soddisfatta

Anche a questo punto la verifica è abbondantemente soddisfatta perchè meno vincolante rispetto a quella precedente.

Si passa a questo punto alla **capriata laterale** : il calcolo risulta identico a quello precedente, con la sola differenza dei carichi della facciata; si osserva inoltre che i

carichi provenienti dalla copertura vengono dimezzati, poiché soltanto metà dell'arcareccio (e della relativa area di influenza) insistono sulla capriata. Tali carichi sono già stati ricavati e vengono solo dimezzati; anche in questo caso si prende in considerazione la **COMBINAZIONE LINEARE FONDAMENTALE**.

		CAPRIATA LATERALE							
		CARICHI DISTRIBUITI	CARICHI CONCENTRATI	COMBINAZIONE FONDAMENTALE		m	CARICHI a m lineare	CARICHI CONCENTRATI *	
				coeff.					kN/m
estra- dosso	centrale	G1	0		1	0		0	0
		G2	0,386		1,5	0,579	6	0,000	18,000
		Q1	1,106		0,75	0,829	1,5	1,244	4,500
		Q2	-0,234		0,9	-0,211	1,5	-0,316	4,500
	laterale	G2/2	0,193		1,5	0,289	1,5	0,434	1,500
		G3 Te		-90,200	0				-90,200
		G3 Ne		90,600	0				90,600
intra- dosso	centrale	G4		102,400	0			102,400	
	laterale	G3 Ti		-117,600	0			-117,600	

Tabella 30 : Valori di carico agenti sulla capriata laterale

Nel riassunto dei carichi tali valori verranno dimezzati.

Il peso della facciata, viene ricavato direttamente dall'analisi, tramite software di calcolo, dei montanti ; come già ricavato per la trave reticolare esso non viene moltiplicato per coefficienti correttivi,essendo puntuale.

Essa corrisponde a : **Reazione dalla facciata = 102,4 kN**

AZIONI	Taglio	Azione assiale	Taglio
NODI	Estradosso		Intradosso
Centrale	27,000 / 2 kN		102,400 kN
Laterale	133,800 / 2 kN	135,900 kN	176,400 / 2 + 102,400 kN

Tabella 31 : Azioni agenti sulla capriata laterale

Lo studio dell'elemento strutturale procede secondo il modello del software **Ftool** :

- Si identificano a questo punto le aste più caricate e si effettuano le verifiche, prima la **VERIFICA A TRAZIONE** per le aste tese; per le aste compresse invece prima la **VERIFICA A STABILITA'**, poi la **VERIFICA A COMPRESSIONE**

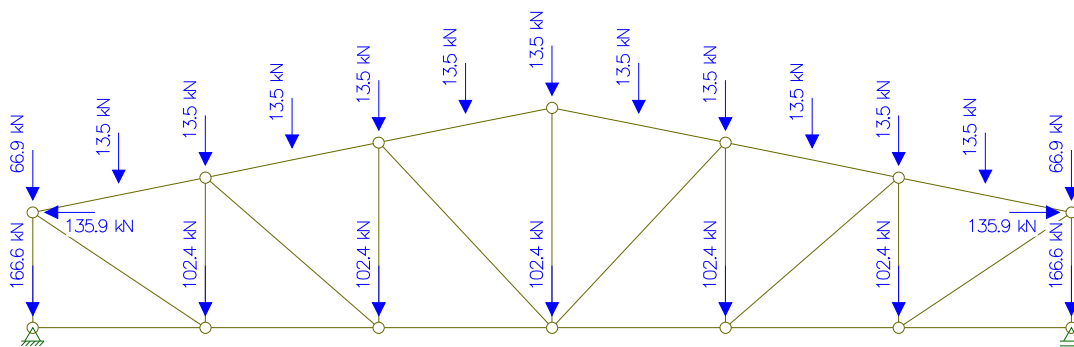


Figura 102 : Schema statico capriata laterale

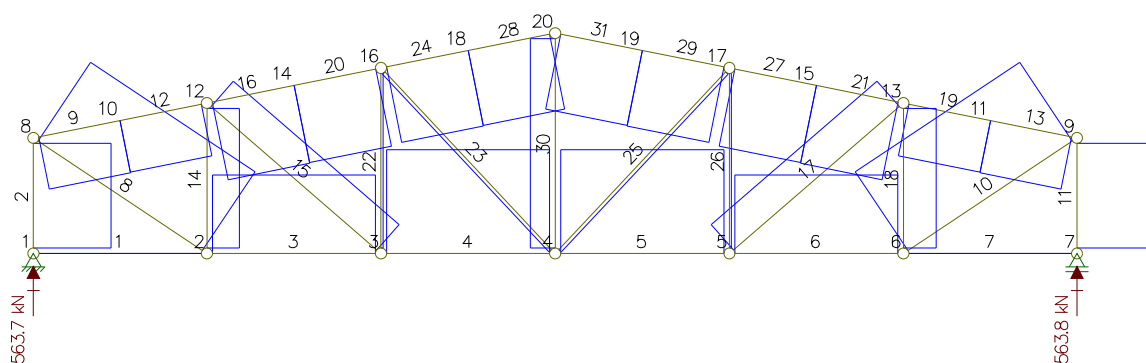


Figura 103 : Diagramma azione assiale capriata laterale

VERIFICA A TRAZIONE :

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1$$

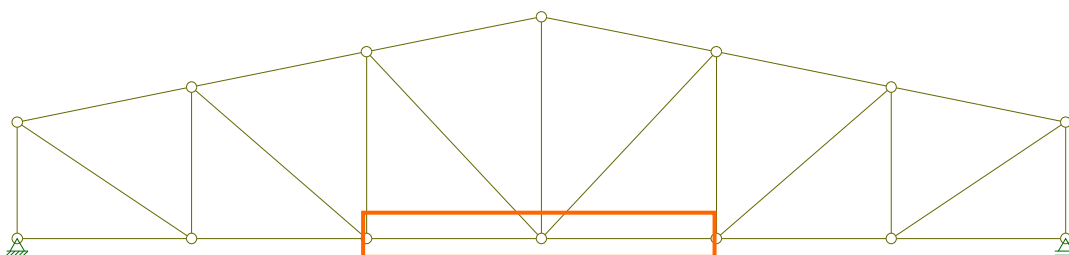


Figura 104 : Sollecitazioni capriata laterale

Dallo studio delle aste tese, le più sollecitate risultano le centrali di intradosso :

l	INTRADOSSO : asta 4-5	DIAGONALE : aste 8-10	MONTANTE : aste 30	ESTRADOSSO :	
N/2	533,9	484,9	127,5	0	kN
A _{profilo}	0,00175	0,00159	0,000419	0	m ²

Tabella 32 : Valori di carico agenti sulla capriata laterale

Il valore N corrisponde al carico di verifica N_{Ed} , che viene indicato come $N/2$ perché i profili a L, scelti per il dimensionamento della capriata, devono essere studiati singolarmente, mentre N è il carico su entrambi i profili.

Dove $A_{profilo}$ viene ricavata tramite la formula, da Normativa :

$$A_{Netta} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot f_{tk}} \quad \gamma_{M2} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

$$f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} = \text{tensione caratteristica snervamento CorTen}$$

La sollecitazione dell'asta, N_{Ed} , viene confrontata con il valore $N_{t,Rd}$, che viene ricavato, da Normativa, dove $N_{pl,Rd}$ corrisponde al valore $N_{t,Rd}$, secondo la formula :

$$\gamma_{M0} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} \quad f_{yk} = 355000 \frac{kN}{m^2} = \text{tensione caratteristica snervamento CorTen}$$

La verifica si realizza per passaggi successivi, imponendo diversi valori per A , e ricavando $N_{pl,Rd}$ corrispondenti, arrivando ad un profilo **L 90x90x10** :

A cui corrispondono : **$A = 17,10 \text{ cm}^2$**

$$N_{pl,Rd} = 578,143 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,923$$

La verifica è soddisfatta

VERIFICA A STABILITA' :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Il carico N_{Ed} è il massimo carico di compressione sulla capriata : esso comprende già anche il peso proprio delle aste della capriata, da richiesta del software di calcolo.

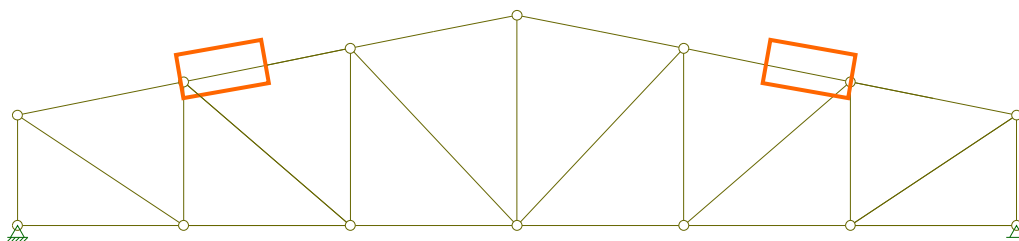


Figura 1 : Sollecitazioni capriata laterale

Le aste più sollecitate a compressione sono all'estradosso :

	INTRADOSSO :	DIAGONALE : aste 23-25	MONTANTE : asta 2-11	ESTRADOSSO : asta 16-21	
N/2	0	17,200	397,100	407,5	kN
A _{profilo}	0	0,000057	0,00131	0,00134	m ²

Tabella 33 : Valori di carico agenti sulla capriata laterale

Dove A_{profilo} e N/2 sono già stati analizzati.

Bisogna poi calcolare N_{b,Rd}, secondo le formule già analizzate.

Bisogna quindi ricavare il valore N_{cr} :

Modulo elastico : E =	21000 $\frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia: J =	262 cm ⁴
Lunghezza dell'asta : l1 =	310 cm

Tabella 34 : Valori di calcolo

Dopo vari tentativi il valori utili risultano quelli corrispondente ad un profilo

L 140x140x13, con : **A = 34,95 cm²**

$$N_{cr} = 564,49 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 412,078 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,988$$

La verifica è soddisfatta.

Dalla terza verifica si ottiene : **15e = 12,5**

$$h / t = 10,769$$

La verifica è soddisfatta

VERIFICA A COMPRESSIONE :

$$N_{Ed} / N_{C,Rd} \leq 1$$

Si calcola il valore N_{c,Rd} : si considera il valore di area (da profilario) immediatamente superiore rispetto a quello trovato, procedendo poi per valori successivi qualora la verifica non risulti soddisfatta. Avendo già effettuato la verifica a stabilità, si mantiene lo stesso profilo **L 140x140x13** e si verifica; con : **A = 34,95 cm²**

Si ottiene : **N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 1181,64 kN**

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,344$$

La verifica è soddisfatta

5.3.9. Pilastri reticolari di facciata

I **pilastri** reticolari rappresentano l'elemento di sostegno "finale", dato che su di esso insistono da un lato i carichi della copertura (capriate), dall'altro quelli della facciata (traversi); l'unica dimensione da considerare all'inizio è perciò l'**altezza**, pari a **8 m**; la scansione modulare è, in altezza, ogni **4 m**.

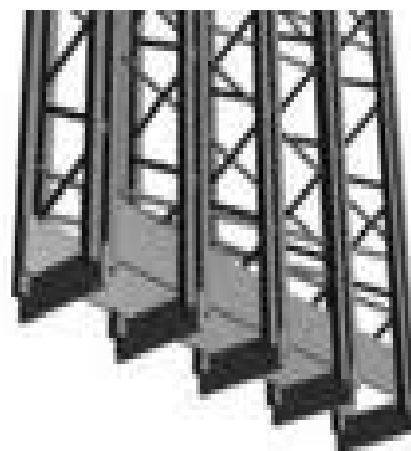


Figura 106 : Strutture reticolari in acciaio

Bisogna innanzitutto effettuare una considerazione, riguardo il tipo di profilo da scegliere : il pilastro è necessariamente l'elemento più sollecitato di questa struttura e la sua resistenza deve essere sempre garantita, seguendo allo stesso tempo l'esigenza progettuale di non appesantire, anche strutturalmente, la facciata; è necessario perciò utilizzare per i pilastri un tipo di profilo che abbia resistenza elevata e dimensioni limitate; la scelta ricade quindi necessariamente sui **profili circolari cavi**.

Data la particolare geometria, il dimensionamento è ricondotto a quello di una struttura reticolare; si considerano perciò le verifiche sulle aste tese, **VERIFICA A TRAZIONE**, e sulle compresse, **VERIFICA A COMPRESSIONE** e **VERIFICA A STABILITÀ**.

Innanzitutto bisogna identificare l'elemento da analizzare, secondo la distinzione tra pilastri centrali e pilastri di bordo : i primi sostengono i carichi derivanti da 2 capriate , secondo le 2 direzioni ortogonali sul pilastro, da destra e da sinistra; sui secondi invece insiste 1 sola capriata, oltre ai carichi della facciata.

Tali carichi sono già stati calcolati : per le capriate si tratta delle reazioni vincolari, ricavate dal loro studio, che devono essere considerate doppie quando insistono 2 elementi; il carico della facciata è invece già stato analizzato nel dimensionamento dei montanti. Si ricorda che i carichi di copertura e delle reticolari sono già compresi nelle capriate. Trattandosi di elementi diversamente caricati, è necessario analizzare entrambe le tipologie di pilastro.

Si suppone di realizzare i pilastri con **profili circolari cavi**, tra loro saldati.

Si comincia con il **pilastro centrale**, analizzando i carichi a cui risulta sottoposto, cioè le reazioni di 2 capriate centrali : $R = 383,3 \text{ kN}$

$$2R = 766,6 \text{ kN}$$

Attraverso il software di calcolo **Ftool** viene riportato lo studio del pilastro :



Figura 3 : Schema statico pilastro reticolare centrale

- Viene riportato lo schema statico del pilastro, corrispondente ad una mensola incastrata a terra, e caricato con le reazioni sopra riportate. **Si sceglie di non schematizzare il pilastro con cerniere interne: l'ipotesi è infatti quella di un elemento completamente saldato nelle aste che lo compongono, e bisogna perciò tener conto del MOMENTO FLETTENTE, che si annullerebbe con cerniere interne.**
- L'unico carico insistente è quello di punta, per cui lo studio dei diagrammi si limita a quello della AZIONE ASSIALE.
- Si identificano a questo punto le aste più caricate e si effettuano le verifiche.

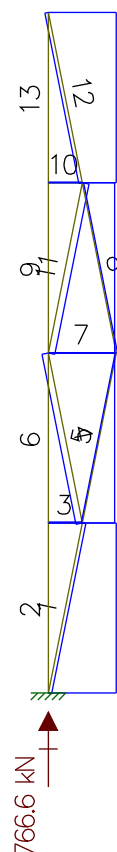


Figura 2 : Diagramma azione assiale pilastro reticolare centrale

VERIFICA A TRAZIONE

$$N_{Ed}/N_t, R_d \leq 1$$

Il pilastro è generalmente un elemento soggetto a sola compressione; l'assenza di cerniere interne limita però questo comportamento, generando, anche se minima, una componente di trazione. Si analizza l'azione N_{Ed} .

	ORIZZONTALE :	DIAGONALE 1: aste 8-5	MONTANTE :	DIAGONALE 2	
N	5,100	12,000	0	0	kN
$A_{profilo}$	0,00002	0,00004	0	0	m^2

Tabella 35 : Azioni agenti sul pilastro reticolare

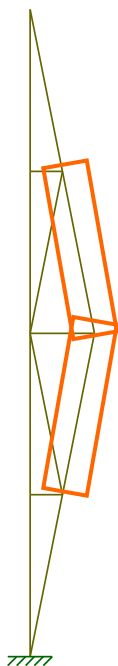


Figura 4 :
Sollecitazioni
pilastro reticolare
centrale

Il valore è effettivamente basso. Si ricava A da Normativa, con formule già analizzate.

Dato il basso valore dell'azione, l'area considerata corrisponde al minimo profilo circolare possibile.

Con $A = 0,76 \text{ cm}^2$ si sceglie un profilo **Q tondo D 21,3 < 1,2** :

A cui corrispondono : $N_{pl,Rd} = 25,695 \text{ kN}$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,467$$

La verifica è soddisfatta

Si osserva che la verifica è abbondantemente soddisfatta, data la limitatezza del carico.

VERIFICA A STABILITA' :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Il carico N_{Ed} viene ricavato come massimo carico di compressione sulle aste della reticolare, comprendendo, come già analizzato, anche il peso proprio delle aste stesse, che non deve essere quindi aggiunto nell'analisi dei carichi.

	ORIZZONTALE:	DIAGONALE 1 : aste 4-11	MONTANTE : aste 2-13	DIAGONALE 2 : aste 1-12	
N	0	70,400	729,100	37,400	kN
$A_{profilo}$	0	0,000208	0,00240	0,00011062	m^2

Tabella 36 : Azioni agenti sul pilastro reticolare



Figura 5 :
Sollecitazioni
pilastro reticolare
centrale

Nella considerazione della tensione delle aste (per ricavare N_{Ed}) si ricorda che il profilo scelto, circolare, è unico, quindi l'azione N non deve essere ripartita, come fatto per le capriate e le travi reticolari. $A_{profilo}$ viene ricavata tramite la formula, da Normativa : già analizzata. Bisogna poi calcolare $N_{b,Rd}$, parametro di confronto, limite di verifica; la formula è già stata analizzata anche in questo caso.

Bisogna ricavare N_{cr} :

Modulo elastico :	$E =$	$21000 \frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia:	$J =$	$480,54 \text{ cm}^4$
Lunghezza dell'asta :	$l_1 =$	200 cm

Tabella 37 : Valori di calcolo

Il momento di inerzia viene calcolato da profilario.

La lunghezza delle aste è costante.

Dopo vari tentativi il valori utili risultano quelli corrispondente ad un profilo **Q tondo D 139,7 < 6,3** , con : **$A = 26,40 \text{ cm}^2$**

$$N_{cr} = 3046,87 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 766,894 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,950$$

La verifica è soddisfatta

Per l'altra della verifica, secondo disposizioni normative, i profili tondi possono appartenere a 3 classi distinte; non essendoci precisazioni al riguardo, per i profili scelti, si sceglie di prendere in considerazione la **CLASSE 1**, la più vincolante.

Si cambia anche la tipologia di verifica poiché non ci si può più riferire ai valori dei lati, ma ci si riferisce a diametro e allo spessore del tondo :

h = lunghezza del lato del profilo t = spessore del profilo

$$d/t \leq 50\epsilon^2$$

Si ottiene : **$50\epsilon = 40,5$**

$$d/t = 22,174$$

La verifica è soddisfatta

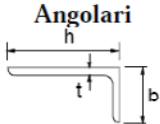
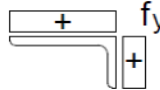
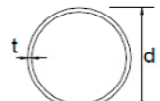
Angolari						
						
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti						
Classe	Sezione in compressione					
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
Sezioni Tubolari						
						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)					
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 111 : Valori di calcolo secondo il tipo di profilo scelto

VERIFICA A COMPRESSIONE :

$$N_{Ed} / N_{C, Rd} \leq 1$$

Si calcola il valore $N_{c,Rd}$: avendo già effettuato la verifica a stabilità, si mantiene lo stesso profilo **Q tondo D 139,7 < 6,3** e si verifica; con : **A = 26,40 kN**

Si ottiene : **$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 892,571 \text{ kN}$**

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,816$$

La verifica è soddisfatta

Si prosegue con il **pilastro di bordo** : la reazione vincolare è la stessa ricavata per il pilastro centrale, in questo caso non raddoppiata : **R = 383,3 kN**

Si aggiungono i carichi derivanti dalla facciata, in particolare le reazioni dei traversi e l'azione del vento, dovendo considerare il pilastro come un montante che sorregge il controvento); vengono aggiunte perciò le stesse reazioni dei montanti : **P = 25,564 kN.**

Attraverso il software di calcolo **Ftool** viene riportato lo studio del pilastro :

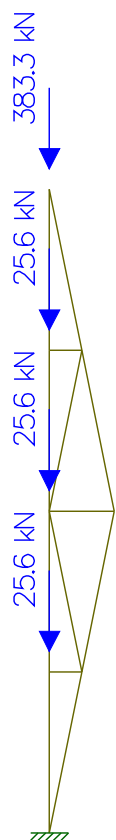


Figura 62 :
Schema statico
pilastro reticolare di
bordo

- Lo schema statico del pilastro laterale è uguale a quello centrale.
- Lo stato tensionale è identico a quello Del pilastro centrale, quindi si considera Solo l'**AZIONE ASSIALE**, con carico di Punta (dato solo da una capriata e due Reticolari, in quanto pilastro laterale ma non di bordo) e in più dalle facciate.
- Si identificano le aste più caricate e si effettuano le verifiche. Si osserva che anche questa volta la **VERIFICA A TRAZIONE** ha valori limitati per la ridotta tensione delle aste.

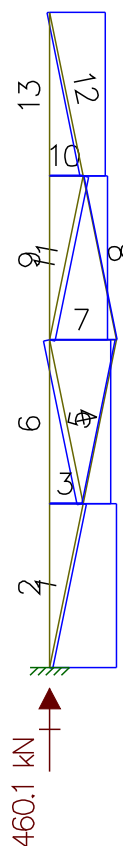


Figura 113 :
Diagramma azione
assiale pilastro
reticolare di bordo

VERIFICA A TRAZIONE

$$N_{Ed}/N_t, R_d \leq 1$$

Il carico N_{Ed} è il massimo carico di compressione sulle aste che compongono il pilastro e comprende già anche il peso proprio (da software). Anche in questo caso, come per il pilastro centrale, i valori di tensione sono molto bassi, dato l'elemento strutturale.

	ORIZZONTALE : asta 3	DIAGONALE 1 : asta 5	MONTANTE :	DIAGONALE 2	
N	5,5	6,500	0	0	kN
A profilo	0,000025	0,000029	0	0	m ²

Tabella 38 : Azioni agenti sul pilastro reticolare

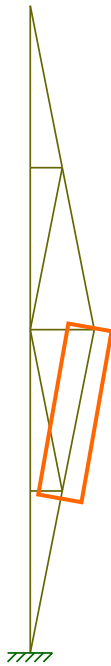


Figura 114 : Sollecitazioni pilastro reticolare di bordo

Si ricava A da Normativa, con formule già analizzate.

Anche in questo caso, dato il basso valore dell'azione, l'area considerata corrisponde al minimo profilo circolare possibile.

Con $A = 0,76 \text{ cm}^2$ si sceglie un profilo **Q tondo D 21,3 < 1,2** :

A cui corrispondono : $N_{pl,Rd} = 17,009 \text{ kN}$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,382$$

La verifica è soddisfatta

Si osserva che a verifica è abbondantemente soddisfatta, data la limitatezza del carico.

VERIFICA A STABILITA' :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Si ipotizza innanzitutto $A_{profilo}$, che viene ricavata tramite la formula già analizzata.

	ORIZZONTALE:	DIAGONALE 1: asta 1	MONTANTE : asta 2	DIAGONALI 2 : asta 4	
N	0	22,300	437,800	39,900	kN
$A_{profilo}$	0	0,000100	0,00217	0,000125	m^2

Tabella 39 : Azioni agenti sul pilastro reticolare

Bisogna poi calcolare $N_{b,Rd}$, tramite la formula già analizzata.

Bisogna quindi ricavare il valore N_{cr} :

Modulo elastico :	$E =$	$21000 \frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia:	$J =$	$720,29 \text{ cm}^4$
Lunghezza dell'asta :	$l1 =$	270 cm

Tabella 40 : Valori di calcolo

Il valore utile corrisponde ad un profilo : **D 139,7 < 3,2** con : **A = 17,05 cm²**

Si ottiene : **$N_{cr} = 2033,56 \text{ kN}$** **$N_{b,Rd} = 473,636 \text{ kN}$**

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,924$$

La verifica è soddisfatta

Per il secondo passaggio della verifica, come per il pilastro centrale, si identificano i profili tondi nella **CLASSE 1**, la più vincolante; ci si riferisce a diametro e allo spessore :

h = lunghezza del lato del profilo t = spessore del profilo

$$d/t \leq 50\epsilon^2$$

Si ottiene : **$50\epsilon = 40,5$**

$$d/t = 34,925$$

La verifica è soddisfatta

VERIFICA A COMPRESSIONE

$$N_{Ed} / N_{C,Rd} \leq 1$$

Si mantiene il profilo : **Q tondi D 139,7 < 4** e si verifica; con : **A = 17,05 kN**

Si ottiene : **$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 543,976 \text{ kN}$**

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,804$$

La verifica risulta soddisfatta.

Sui pilastri grava anche il peso dei controventi, come per i montanti; la **VERIFICA A TAGLIO** è già stata effettuata per questi ultimi, quindi si verifica semplicemente che il valore di area qui trovato sia maggiore o uguale a quello che verifica il taglio.

VERIFICA A TAGLIO

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,$$

Si confrontano : **$A_{montanti da controvento} = 2,38 \text{ cm}^2 < A_{montanti} = 17,05 \text{ cm}^2$**

La verifica risulta perciò soddisfatta con un profilo Q tondi D 139,7 < 4.

5.3.10. Travi sagomate di copertura

Dopo aver analizzato la teca vetrata, l'analisi viene spostata sull'esterno, sugli elementi strutturali che generano i passaggi coperti ad ingresso del blocco, pilastri circolari e **travi semi-calastrellate**: le travi calastrellate sono strutture sostanzialmente reticolari, con una geometria esterna "a rombo" e all'interno uguale ai pilastri reticolari, che vogliono richiamare; tale conformazione, riprendendo, all'estradosso, il profilo delle falde, risulta perfetta per seguire, anche all'esterno della teca vetrata, l'andamento della copertura.



Figura 115 : Elemento reticolare in acciaio

Ovviamente la **luce** di tali elementi è identica a quella delle capriate, **18 m**, così come l'altezza del montante esterno, **2 m**, e quella del montante centrale, **3,824 m**.

Si sceglie di utilizzare **profili tondi cavi**, per migliorare l'aspetto estetico; per gli altri elementi reticolari si scelgono invece profili a L per favorire l'aggancio degli arcarecci di copertura su una superficie molto ampia (la teca vetrata) e per limitare i costi.

Trattandosi di elementi reticolari, si effettueranno : la **VERIFICA A TRAZIONE** per le aste tese, la **VERIFICA A COMPRESSIONE** e **A STABILITA'** per le aste compresse.

L'individuazione dell'elemento da studiare include tutte le travi semi-calastrellate : le azioni, sui nodi, derivano dal peso della copertura e degli arcarecci, ma con lunghezza di 3 m, pari alla larghezza del passaggio esterno coperto.

I carichi insistenti possono essere semplicemente associati a quelli di una capriata laterale, essendo uguali le dimensioni considerate (3 m di interasse fra gli arcarecci), ed escludendo però i carichi di facciata. Si riporta un riassunto dei carichi :

- **G1 = peso della capriata : nullo, perché è da usare solo nelle verifiche**
- **G2 = peso degli arcarecci**
- **Q1 = carico da neve**
- **Q2 = carico da vento**
- **G3 Te = reazione vincolare da taglio all'estradosso, derivante dalla reticolare**

- **G3 Ne** = reazione vincolare assiale all'estradosso, derivante dalla reticolare
- **G4** = carico dalla facciata
- **G3 Ti** = reazione vincolare da taglio all'intradosso, derivante dalla reticolare

		TRAVE SEMI-CALASTRELLATA							
		CARICHI DISTRIBUITI	CARICHI CONCENTRATI	COMBINAZIONE FONDAMENTALE		m	CARICHI a m lineare	CARICHI CONCENTRATI *	
				coeff.					kN/m ²
estra-dosso	centrale	G1	0		1	0		0	0
		G2	0,386		1,5	0,579	6	0,000	0,000
		Q1	1,106		0,75	0,829	1,5	1,244	0,000
		Q2	-0,234		0,9	-0,211	1,5	-0,316	0,000
	laterale	G2/2	0,193		1,5	0,289	1,5	0,434	0,000
		G3 Te		-90,200	0				-90,200
	G3 Ne		90,600	0				90,600	
intra-dosso	centrale	G4		0,000	0				0,000
	laterale	G3 Ti		-117,600	0				-117,600

Tabella 41 : Carichi agenti sulla trave sagomata

Da cui derivano i valori puntuali, distinti in nodi ed estradosso e intradosso :

AZIONI	Taglio	Azione assiale	Taglio
NODI	Estradosso		Intradosso
Centrale	27,000 / 2 kN		102,400 kN
Laterale	133,800 / 2 kN	135,900 kN	176,400 / 2 + 102,400 kN

Tabella 42 : Azioni puntuali sulla trave

Lo studio dell'elemento strutturale procede secondo il modello del software **Ftool** :

- La trave semi-calastrellata è associata ad una trave appoggio-appoggio, **senza cerniere interne perché si sceglie di saldare tra loro gli elementi della trave.**

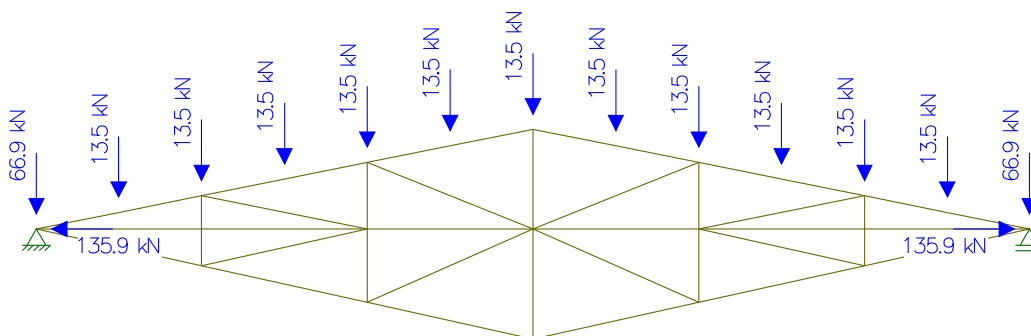


Figura 116 : Schema statico trave semi-calastrellata

- Si identificano a questo punto le aste più caricate e si effettuano le verifiche, prima la **VERIFICA A TRAZIONE** per le aste tese; per le aste compresse invece prima la **VERIFICA A STABILITA'**, poi la **VERIFICA A COMPRESSIONE**

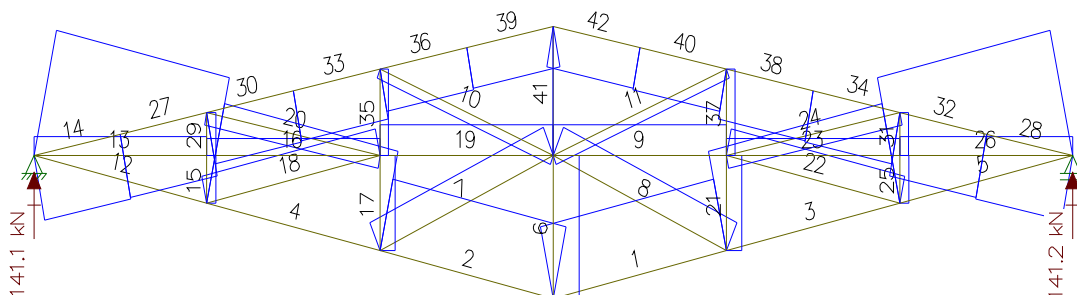


Figura 117 : iagramma azione assiale trave semi-calastrellata

VERIFICA A TRAZIONE

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1$$

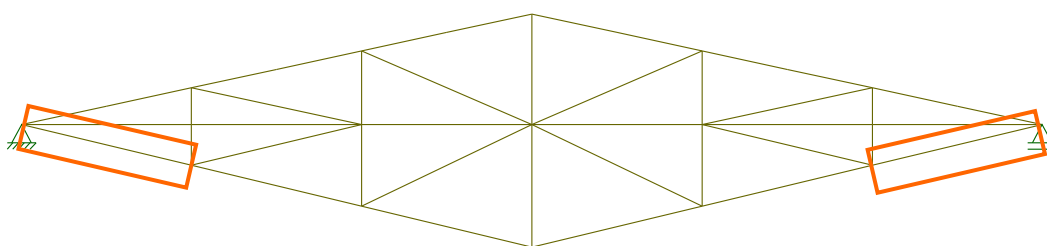


Figura 118 : Sollecitazioni trave semi-calastrellata

Le aste più sollecitate risultano essere quelle più esterne, all'intradosso.

	INTRADOSSO : asta 12-5	DIAGONALE : aste 7-8	MONTANTE :	ESTRADOSSO :	ORIZZONTALE : aste 19-9	
N/2	216,9	52,3	0	0	52,1	kN
A _{profilo}	0,00071	0,00017	0	0	0,000172	m ²

Tabella 43 : Azioni agenti sulla trave

$$A_{Netta} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot f_{tk}}$$

Il valore N corrisponde al carico di verifica N_{Ed} , compreso il peso dell'asta; viene richiamata la formula per ricavare $A_{profilo}$.

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$$

La sollecitazione dell'asta, N_{Ed} , viene confrontata con il valore $N_{t,Rd}$, che viene ricavato, da Normativa, dove $N_{pl,Rd}$ corrisponde al valore $N_{t,Rd}$, secondo la formula :

La verifica si realizza per passaggi successivi, imponendo diversi valori per A.

Si sceglie di utilizzare profili tondi cavi, così da riprendere, a livello anche estetico, i pilastri reticolari; anche per questo gli elementi sono saldati.

Si ricavano $N_{pl,Rd}$ corrispondenti, arrivando ad un profilo **Q tondi D 60,3 < 5** :

A cui corrispondono : **$A = 8,69 \text{ cm}^2$**

$$N_{pl,Rd} = 293,805 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,738$$

La verifica è soddisfatta

Aree inferiori a questa soddisfano la verifica ma corrispondono a profili maggiori, che si preferisce evitare.

VERIFICA A STABILITA'

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

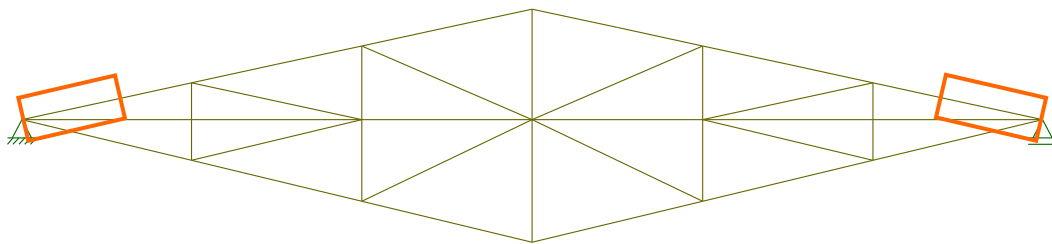


Figura 119 : Sollecitazioni trave semi-calastrellata

Le aste più sollecitate a compressione sono le più esterne, all'estradosso :

	INTRADOSSO :	DIAGONALE : aste 20-24	MONTANTE : asta 6	ESTRADOSSO : asta 14-28	ORIZZONTALE :	
$N/2$	0	21,500	53,700	111,6	0	kN
$A_{profilo}$	0	0,000071	0,00018	0,00037	0	m ²

Tabella 44 : Azioni agenti sulla capriata

Il carico N_{Ed} corrisponde al massimo carico di compressione sulle aste della trave, compreso il peso dell'asta. $A_{profilo}$ è già stata analizzata. Bisogna poi calcolare $N_{b,Rd}$.

Bisogna quindi ricavare il valore N_{cr} :

Modulo elastico :	$E =$	$21000 \frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia:	$J =$	$96,34 \text{ cm}^4$
Lunghezza dell'asta :	$l_1 =$	310 cm

Tabella 45 : Valori di calcolo

La lunghezza dell'asta è relativa alle aste al colmo, più lunghe per compensare l'inclinazione delle falde. Il momento di inerzia corrisponde al profilo ipotizzato.

Il valori utile corrisponde ad un profilo : **Q tondi D 88,9 < 3,2** , con : **$A = 8,62 \text{ cm}^2$**

Si ottiene : **$N_{cr} = 207,569 \text{ kN}$**

$N_{b,Rd} = 137,117 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,810$

La verifica è soddisfatta.

Nessun profilo inferiore a questo soddisfa il limite di verifica.

La seconda parte della verifica è soddisfatta. Si ottengono infatti :

$$\boxed{d/t \leq 50\epsilon^2} \quad h = \text{lunghezza del lato del profilo} \quad t = \text{spessore del profilo}$$

Si ottiene : **$50e = 40,5$**

$d / t = 27,781$

La verifica è soddisfatta

VERIFICA A COMPRESSIONE

$$\boxed{N_{Ed} / N_{C,Rd} \leq 1}$$

Si calcola il valore $N_{c,Rd}$: si considera il valore di area (da profilario) immediatamente superiore rispetto a quello trovato, procedendo poi per valori successivi qualora la verifica non risulti soddisfatta. Avendo già effettuato la verifica a stabilità, si mantiene lo stesso profilo **Q tondi D 88,9 < 3,2** e si verifica; con : **$A = 8,62 \text{ cm}^2$**

Si ottiene : **$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 291,438 \text{ kN}$**

$N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,382$

La verifica è soddisfatta

Dove $N_{pl,Rd}$, come già evidenziato, corrisponde a $N_{c,Rd}$, ed è già stato studiato.

5.3.11. Pilastrini circolari

L'analisi della struttura, all'esterno, prosegue con i **pilastrini**, a sostegno delle travi semi-calastrellate : i profili ipotizzati sono quelli di circolari, innanzitutto per la maggiore resistenza che possono conferire alla struttura, e in secondo luogo, riprendendo la geometria delle aste delle travi che sostengono, per il migliore aspetto estetico che possono garantire . L'unica indicazione geometrica su questi elementi è l'**altezza**, pari, come per i pilastrini reticolari, a **8 m**.

Trattandosi di un unico elemento, soggetto a compressione, vengono effettuate solo la **VERIFICA A COMPRESSIONE** e **A STABILITA'**, non essendoci aste tese.

L'analisi dei carichi agenti sui pilastrini esterni circolari è semplice, si tratta delle reazioni provenienti dalle travi semi-calastrellate. Anche in questo caso gli elementi da studiare sono due, il **pilastrino centrale** e il **pilastrino di bordo**; a differenza dei pilastrini reticolari però, in questo caso non ci sono carichi di facciata, quindi semplicemente **il pilastrino centrale sopporta il doppio del carico di quello di bordo, e viene dimensionato:**

$$R = 141, \text{kN} \quad 2R = 282,2 \text{ kN}$$

Attraverso il software di calcolo **Ftool** viene riportato lo studio del pilastrino :



Figura 120 :
Schema statico
pilastrino circolare

- Lo schema statico del pilastrino laterale è una mensola incastrata a terra.
- Si considera solo l'**AZIONE ASSIALE**., dato il carico di punta.
- Data la tipologia di carico insistente, si effettuano solo le verifiche relative alle aste compresse, cioè la **VERIFICA A STABILITA'** e la **VERIFICA A COMPRESSIONE**.

Il pilastrino è il primo elemento ad essere soggetto a pura compressione



Figura 121 :
Schema statico
pilastrino circolare

VERIFICA A STABILITA' :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Il carico N_{Ed} è il massimo carico di compressione sulle aste che compongono il pilastro e comprende già anche il peso proprio delle aste stesse (da software).

Trattandosi di un'asta unica, tale è il carico da analizzare.

Si ipotizza innanzitutto $A_{profilo}$, che viene ricavata tramite la formula, da Normativa :

$$A_{Netta} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot f_{tk}}$$

E si ottiene : **$A_{profilo} = 20,65 \text{ cm}^2$**

Bisogna poi calcolare $N_{b,Rd}$, parametro di confronto, limite di verifica; esso corrisponde a, secondo la formula da Normativa :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

Bisogna quindi ricavare il valore N_{cr} :

Modulo elastico :	$E =$	$21000 \frac{kN}{cm^2}$
Momento di inerzia:	$J =$	$1170,19 \text{ cm}^4$
Lunghezza dell'asta :	$l1 =$	270 cm

Tabella 46 : Valori di calcolo

Il valore utile risulta il profilo : **$Q \text{ tondi } D \ 168,3 < 7,1$** con : **$A = 33,10 \text{ cm}^2$**

Si ottiene : **$N_{cr} = 378,577 \text{ kN}$**

$$N_{b,Rd} = 295,998 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,961$$

La verifica è soddisfatta

Per il secondo passaggio della verifica, come per il pilastro centrale, si identificano i profili tondi nella **CLASSE 1**, la più vincolante; ci si riferisce a diametro e allo spessore :

$$d/t \leq 50\epsilon^2$$

h = lunghezza del lato del profilo

t = spessore del profilo

Si ottiene : **$50\epsilon = 40,5$**

$$d/t = 23,704$$

La verifica è soddisfatta

5.3.12. Unioni

Terminato il dimensionamento di tutte le componenti strutturali che compongono l'involucro, si studiano le relazioni tra di essi, cioè le **unioni saldate** e le **bullonate**.

Già durante il dimensionamento degli elementi sono state poste delle condizioni, che prevedevano la scelta progettuale di procedere con una o con l'altra soluzione.

Si riporta un riepilogo dei tipi di unioni, secondo l'ordine degli elementi trattati :

- **ARCARECCI :** Dimensionati come profili **IPE 220**.
Gli unici tipi unioni a cui devono essere sottoposti sono con le travi reticolari (nel caso dell'arcareccio limite della falda) e con le capriate (per tutto il resto della copertura). Come tradizionalmente avviene per gli arcarecci, si sceglie di **saldarli alle strutture che li sorreggono**.
- **TRAVERSI :** Dimensionati come profili **Q cavo 80x80x8**.
Essi sono sostenuti dai montanti, a cui si immagina di **saldarli**. Si tratta di una scelta di comodità e rapidità oltre che estetica : **tutti gli elementi di facciata vengono saldati secondo l'idea architettonica di eliminare la vista delle unioni all'interno dell'involucro**.
- **CONTROVENTI :** Dimensionati come profili **T cavo 26,9 < 3,2**.
Anche in questo caso gli elementi **si incastrano ai montanti**; come precedentemente indicato, l'incastro suppone la **saldatura**, non eliminando il momento flettente all'atto dell'incastro; **allo stesso modo anche le due aste che compongono il controvento vengono tra loro saldate**.
- **MONTANTI :** Dimensionati come profili **Q cavo 100x100x8**.
Anche i montanti vengono **saldati** alla struttura che li sostiene, sia essa una trave reticolare (sui lati corti dell'edificio) o una capriata laterale (sui lati lunghi). In questo caso le reticolari e le capriate non risentono, a livello di schema statico, di questa scelta, trattandosi semplicemente di carichi puntuali.

- **TRAVI RETICOLARI :** Dimensionate come **doppi profili a L 45x45x6**.
Le aste sono collegate tra loro con unioni bullonate, essendo più sicuro per elementi di tale grandezza; in questo caso infatti si elimina la presenza di **MOMENTO FLETTENTE** (e in effetti nel dimensionamento tutte le aste sono collegate da cerniere interne). Anche **l'aggancio** delle travi reticolari **alle capriate** (come da schema statico) è **effettuato tramite bulloni**.
- **CAPRIATA CENTRALE :** Dimensionate come **doppi profili a L :**
aste tese : L 60x60x8;
aste compresse: L 120x120x13.
Valgono le stesse considerazioni delle travi reticolari, gli elementi sono soggetti a **unioni bullonate, sia per tra loro che per l'aggancio ai pilastri reticolari**.
- **CAPRIATA LATERALE :** Dimensionate come **doppi profili a L,**
aste tese : L 90x90x10;
aste compresse: L 140x140x13.
Valgono le stesse considerazioni delle capriate centrali gli elementi sono soggetti a **unioni bullonate, sia per tra loro che per l'aggancio ai pilastri reticolari**.
- **PILASTRO CENTRALE :** Dimensionate come **profili tondi cavi :**
aste tese : Q tondo D 21,3 < 1,2;
aste compresse: Q tondo D 139,7 < 6,33
I pilastri sono stati dimensionati senza cerniere interne tra gli elementi : sempre secondo l'idea che per gli elementi di facciata non si devono vedere le unioni, si pensa alla **saldatura tra gli elementi**; vengono però **imbullonati alla piastra per la fondazione**.
- **PILASTRO DI BORDO :** Dimensionate come **profili tondi cavi :**
aste tese : Q tondo D 21,3 < 1,2;
aste compresse: Q tondo D 139,7 < 4
Valgono le stesse considerazioni del pilastro di bordo, **unioni saldate tra gli elementi; unioni bullonate alla piastra per la fondazione**.

- **TRAVE SEMI-CALASTRELLATA :** Dimensionate come **profili tondi cavi :**
aste tese : Q tondi D 60,3 < 5
aste compresse: Q tondo D 88,9 < 3,2
 Gli **elementi della trave vengono tra loro saldati**, e infatti sono dimensionati senza cerniere interne di collegamento; allo stesso modo **la trave è saldata al pilastro circolare.**

- **PILASTRO CIRCOLARE :** Dimensionate come **profili tondi cavi :**
Q tondi D 168,3 < 7,1
 Essendo un elemento unico, si studia solo l'aggancio alla fondazione, realizzato con **unione bullonata alla piastra.**

Si studiano due particolari unioni :

- **Unione tra capriata (indifferentemente centrale o laterale) e pilastro reticolare:** realizzata tramite **imbullonatura** della capriata ad una piastra di collegamento, necessaria perché il pilastro reticolare è composto da profili cavi, ai quali non può essere agganciato niente.
- **Unione tra pilastro reticolare e piastra di fondazione :** anche in questo caso il pilastro viene **imbullonato.**

Le stesse considerazioni valgono per tutte le tipologie di capriate (e per le travi semi-calastrellate) e per tutti i pilastri (reticolari e circolari).

Si inizia con il primo aggancio : si riproduce la **capriata centrale** (per analogia con i profili) nell'aggancio dell'asta tesa (doppio profilo a L 60x60x8) dell'intradosso con il pilastro; sono due le travi che si incastrano, dato lo studio del **pilastro centrale.**

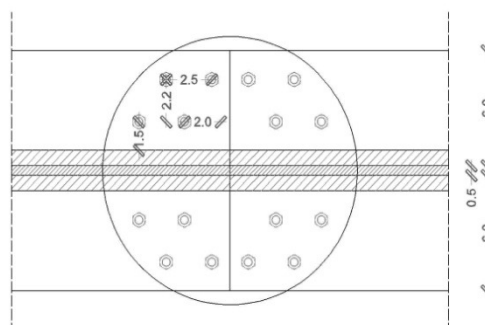


Figura 122 : Unione bullonata tra pilastro e capriata

Si calcola innanzitutto l'azione agente sul pilastro, data dalle reazioni di due capriate; tale valore è già stato ricavato nello studio del pilastro ed è pari a : $R = 383,3 \text{ kN}$

$$2R = 766,6 \text{ kN}$$

Si osserva che tale azione è applicata in realtà nel baricentro dell'asta della capriata, eccentrico rispetto al baricentro del pilastro; si genera perciò *MOMENTO FLETTENTE*. Essendo azioni uguali e contrarie, tali momenti però si annullano.

Per il singolo pilastro si può quindi considerare solo *AZIONE ASSIALE*, pari a $2R$.

Bisogna innanzitutto calcolare l'area della piastra di collegamento : si osserva che in questo caso la piastra deve avere una dimensione prestabilita, pari all'area del pilastro su cui poggia (per migliorare l'aggancio oltre che l'aspetto estetico); si calcola perciò : con : $F = 139,7 \text{ mm}$ $A = \pi r^2 = 0,0153 \text{ m}^2$

A questo punto si effettua la verifica riferita alle unioni bullonate, cioè la *VERIFICA A RIFOLLAMENTO*.

VERIFICA A RIFOLLAMENTO

$$F_{b,Rd} / F_{sd} > 1$$

F_{sd} è l'azione di progetto, mentre si opera per ipotesi per trovare $F_{b,Rd}$, da Normativa :

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$$

- Si ipotizza il numero dei bulloni sul totale della piastra : in questo caso, trattandosi di profili doppi, a L, per le capriate, si devono considerare entrambe le metà da imbullonare; si ipotizzano **8 bulloni per capriata, cioè 16 bulloni**.
- L'azione $N = 2R$ viene divisa per il numero dei bulloni, immaginando di ripartirla su di essi; in questo caso : $N = 2R = 766,6 \text{ kN}$ e si ottiene $N/16 = 95,825 \text{ kN}$
- Vengono ipotizzate alcune dimensioni utili per il calcolo :

d è il diametro nominale del gambo del bullone,
 t è lo spessore della piastra collegata,
 f_{tk} è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,
 $\alpha = \min \{e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_t ; 1\}$ per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato
 $\alpha = \min \{p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1\}$ per bulloni interni nella direzione del carico applicato
 $k = \min \{2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,
 $k = \min \{1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato,
 d_0 il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone

Figura 123 : Dimensioni per il calcolo delle unioni bullonate

- $d = 8 \text{ mm}$ si ipotizza il diametro dei bulloni (bulloni tipo M8)
- $t = 30 \text{ mm}$ si ipotizza lo spessore della piastra
- $d_0 = 9 \text{ mm}$ si ottiene supponendo un foro di alloggiamento più grande di 0,5 rispetto al diametro dei bulloni
- $e_1 = 15 \text{ mm}$ calcolato geometricamente da disegno
- $e_2 = 15 \text{ mm}$ calcolato geometricamente da disegno
- $p_2 = 20 \text{ mm}$ calcolato geometricamente da disegno

I tre parametri e_1 , e_2 , p_2 hanno dei limiti da rispettare, da Normativa, e si verificano rispettati. Le altre sono proprietà del materiale: $f_{tk} = 510 \frac{N}{\text{mm}^2}$ e:

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10
$f_{yb} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	240	300	480	649	900
$f_{tb} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	400	500	600	800	1000

Tabella 47 : Caratteristiche meccaniche dei bulloni

Si ricava, dalle tabelle sopra riportate: $a = e_1 / 3d_0 = 0,888$ $k = 2,5$
 $g_{M2} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$

Da cui si ottiene: $F_{b,Rd} = 190,5 \text{ kN}$

$$F_{b,Rd} / F_{sd} = 2,372$$

La verifica risulta soddisfatta

Per il collegamento **capriate centrali – bulloni** si utilizzano quindi **16 bulloni M8, posizionati su una piastra di 30 mm di spessore.**

Si studia il secondo aggancio, il **pilastro centrale** con la **piastra di fondazione**.

Si calcola innanzitutto l'azione agente sul pilastro, data dalla reazione del pilastro (supposto come pilastro centrale perché maggiormente caricato); tale valore è già stato ricavato nello studio del pilastro ed è pari a : **$R = 766,6 \text{ kN}$**

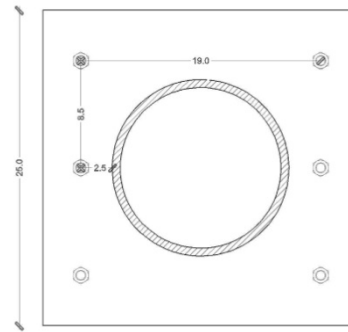


Figura 124 : Unione bullonata tra pilastro e piastra di fondazione

Bisogna innanzitutto calcolare l'area della piastra di collegamento : da Normativa si impone l'equazione :

$$\sigma_{\max} \leq p_{adm} \Rightarrow b \cdot a$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_m = \frac{N}{b \cdot a} \quad \begin{array}{l} N = \text{reazione della capriate} = 2R = 766,6 \text{ kN} \\ b \cdot a = \text{area della piastra} \end{array}$$

La p_{adm} viene ricavata da parametri fissi, secondo la :

$$p_{adm} = \sigma_{cadm} = \left[6 + \frac{R_{ck} - 15}{4} \right] \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \quad \text{con} \quad R_{ck} = 8 \div 50 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Si considera : $R_{ck} = 50 \frac{N}{\text{mm}^2}$. Invertendo la formula si ricava : **$A = 0,0326 \text{ m}^2$**

Generalmente è pari a 1,5 v. il diametro del pilastro, quindi si suppone : **$A = 0,09 \text{ m}^2$**

A questo punto si effettua la **VERIFICA A RIFOLLAMENTO**.

VERIFICA A RIFOLLAMENTO

$$F_{b,Rd} / F_{sd} > 1$$

F_{sd} è l'azione di progetto, mentre si opera per ipotesi per trovare $F_{b,Rd}$, da Normativa :

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$$

- Si ipotizza il numero dei bulloni sul totale della piastra : si considerano, in modo simmetrico, **6 bulloni, diametro $d = 14$, cioè bulloni tipo M14.**

- L'azione $N = 2R$ viene divisa per il numero dei bulloni, immaginando di ripartirla su di essi; in questo caso : $N = 2R = 766,6 \text{ kN}$ e si ottiene $N/16 = 95,825 \text{ kN}$
- Vengono ipotizzate alcune dimensioni utili per il calcolo :
 - $d = 14 \text{ mm}$ si ipotizza il diametro dei bulloni
 - $t = 15 \text{ mm}$ si ipotizza lo spessore della piastra
 - $d_0 = 15 \text{ mm}$ si ottiene supponendo un foro di alloggiamento più grande di 0,5 rispetto al diametro dei bulloni
 - $e_1 = 40 \text{ mm}$ calcolato geometricamente da disegno
 - $e_2 = 30 \text{ mm}$ calcolato geometricamente da disegno
 - $p_2 = 80 \text{ mm}$ calcolato geometricamente da disegno

I tre parametri e_1 , e_2 , p_2 hanno dei limiti da rispettare, da Normativa, e si verificano rispettati. Le altre sono proprietà del materiale : $f_{tk} = 510 \frac{N}{\text{mm}^2}$ e :

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10
$f_{yb} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	240	300	480	649	900
$f_u \text{ (N/mm}^2\text{)}$	400	500	600	800	1000

Tabella 48 : Caratteristiche meccaniche dei bulloni

Si ricava, dalle tabelle sopra riportate : $a = e_1 / 3d_0 = 0,888$ $k = 2,5$

$$g_{M2} = 1,05 = \text{fattore globale parziale}$$

Da cui si ottiene : $F_{b,Rd} = 127,766 \text{ kN}$

$$F_{b,Rd} / F_{sd} = 1,490$$

La verifica risulta soddisfatta

Per il collegamento **pilastro centrale – piastra di fondazione** si utilizzano quindi **6 bulloni M14, posizionati su una piastra di 15 mm di spessore.**

Tali considerazioni valgono anche per i profili analoghi (capriate e pilastri).

Tali reazioni dei traversi non sono state ancora calcolate : si riporta quindi un rapido studio del traverso con il software **Ftool** : il carico distribuito è già stato ricavato nello studio dei montanti ($q = 0,015 \frac{kN}{m}$). L'unico diagramma di interesse è quello a taglio.

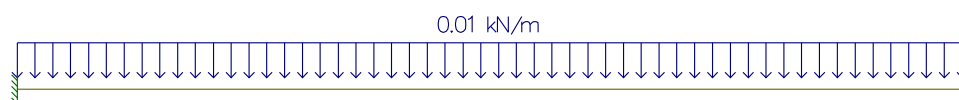


Figura 125 : Schema statico traverso

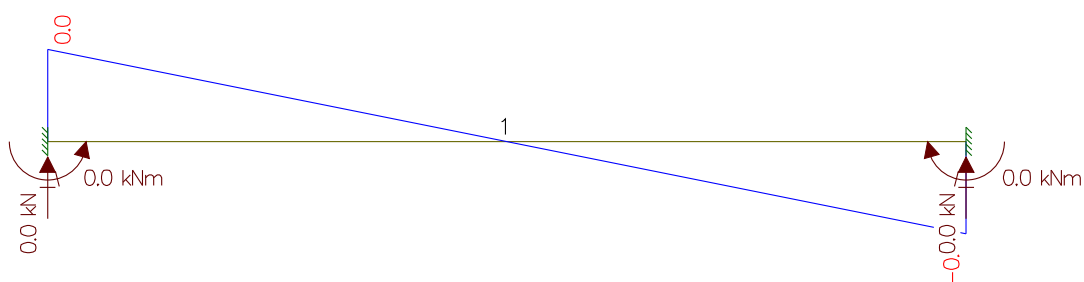


Figura 126 : Diagramma taglio traverso

6

**PROGETTO
TECNOLOGICO**

6.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

L'analisi delle componenti tecnologiche del progetto non può prescindere dalla distinzione, sul progetto, delle due diverse operazioni di **recupero e conservazione** dell'edificio esistente (inteso nell'insieme di tutte le varie parti che lo compongono) e di **nuova costruzione** delle nuove edificazioni: come già per le precedenti analisi infatti i due interventi devono proseguire in parallelo e non possono prescindere l'uno dall'altro, sebbene le nuove costruzioni vengono studiate più dettagliatamente; in particolare poi il nuovo blocco strutturale deve essere studiato secondo le due componenti dell'involucro esterno in trasparenza e degli edifici interni. Anche i blocchi esterni dei negozi e delle case popolari fanno riferimento a questi ultimi.

Tale analisi viene perciò distinta in:

- **Tecnologia A : intervento di recupero**
- **Tecnologia B : intervento di nuova costruzione – involucro**
- **Tecnologia C : intervento di nuova costruzione – blocchi interni**

Una prima considerazione riguarda il tipo di tecnologia da utilizzare : la scelta della **tecnologia a secco** è orientata innanzitutto dalla preferenza che essa esprime nelle nuove costruzioni, nonché dall'utilizzo di una struttura in acciaio (come già analizzato), principalmente per l'involucro trasparente del nuovo blocco costruito, ma anche per gli edifici ad esso interni, di completa nuova costruzione; anche per l'intervento di recupero della *Caserma* tuttavia devono essere impostate delle decisioni tecnologiche, così da garantire la messa in sicurezza della struttura e all'adeguamento prestazionale delle componenti costruttive, secondo i limiti normativi imposti; si ricorda inoltre che le scelte progettuali comportano la demolizione delle partizioni interne in tutto l'edificio esistente, così da poter gestire, funzionalmente, gli spazi interni, e allo stesso tempo, anche in questo caso, migliorare le prestazioni interne dell'edificio (sempre nel complesso di tutti i blocchi che compongono la *Caserma*); esse devono essere perciò sostituite e si sceglie anche in questo caso la tecnologia a secco.

6.2. SCELTE TECNOLOGICHE

6.2.1. Tecnologia A

La *Caserma Moioli* rappresenta il punto di partenza di tutta la progettazione, poiché è la riqualificazione di tale complesso che promuove l'analisi su tutta l'area.

Da scelte progettuali, come già precedentemente riportato, soltanto l'edificio principale viene conservato e riqualificato, (tranne una parte dell'ala est che viene demolita¹), mentre gli edifici minori (ad ingresso dell'area e nella fascia ad est) vengono demoliti completamente e non vengono quindi analizzati dal punto di vista tecnologico.

Come già riferito, il progetto tecnologico interessa, per la parte di recupero, soltanto l'aspetto prestazionale e di nuova costruzione interna.

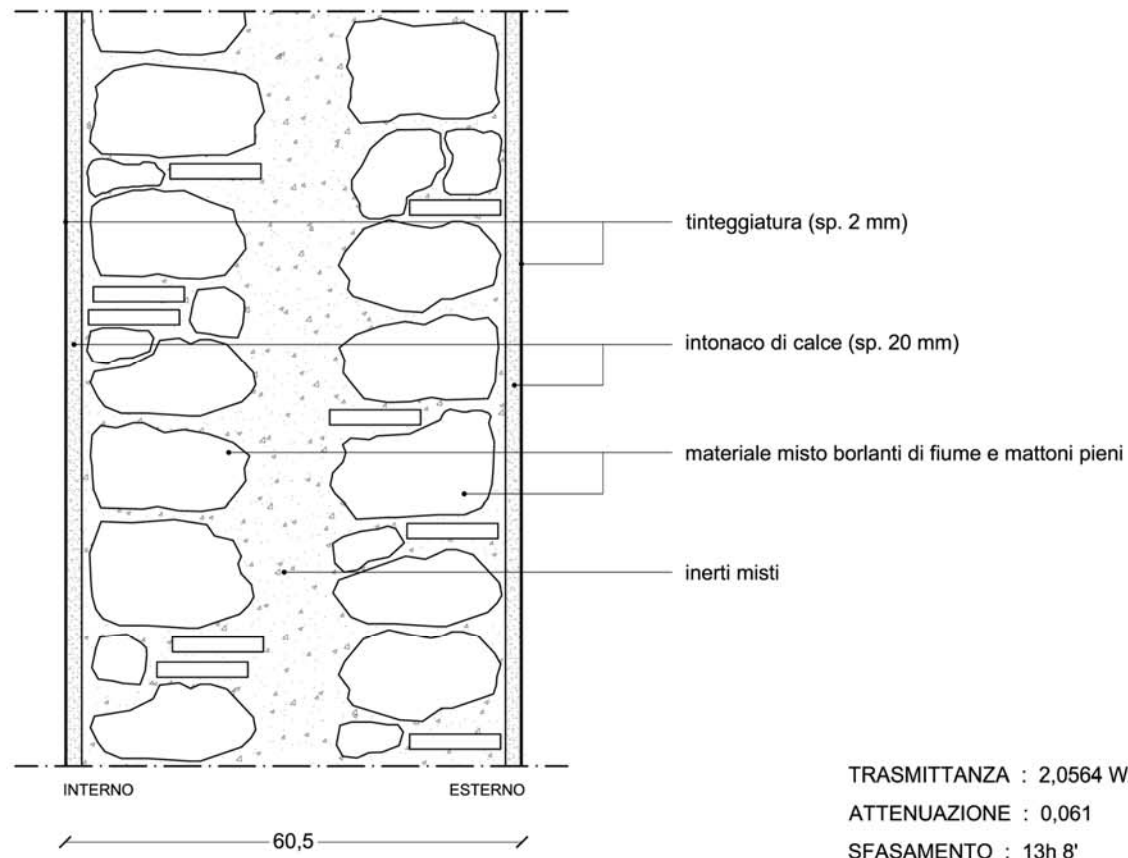
Bisogna innanzitutto analizzare la tecnologia costruttiva esistente, ovviamente legata a modelli costruttivi tradizionali, con i materiali tipici dell'epoca di costruzione dell'edificio e dell'area geografica di riferimento : si tratta quindi sostanzialmente, per gli elementi tecnici verticali (chiusure e partizioni) di strutture in mattoni e pietra, semplicemente rivestite in intonaco civile, mentre per quelli orizzontali si evidenziano solai in laterocemento o supportati con travi in acciaio (es. nelle voltine) anche in questo caso con rivestimento ad intonaco e pietra per pavimentazione.

Per quanto riguarda le chiusure orizzontali, le esigenze prestazionali si traducono sostanzialmente nella predisposizione di un adeguato **isolamento termico e acustico**, assicurandosi la scelta più opportuna di spessore, che non sia eccessiva, ma che comunque sia in grado di rientrare nei valori limite di trasmittanza fissati da normativa. Analogamente, per le chiusure verticali si predispone un classico "cappotto" esterno su tutto l'involucro; per i solai interni, si dispongono strati di materiale fonoassorbente. Solamente per la copertura, attualmente in condizione di parziale o totale crollo, si prevede una completa ricostruzione, con opportuno isolamento e ventilazione, e un tipico rivestimento in coppi che rievochi quello dei vecchi edifici.

Le **partizioni interne** vengono invece realizzate completamente **ex novo**.

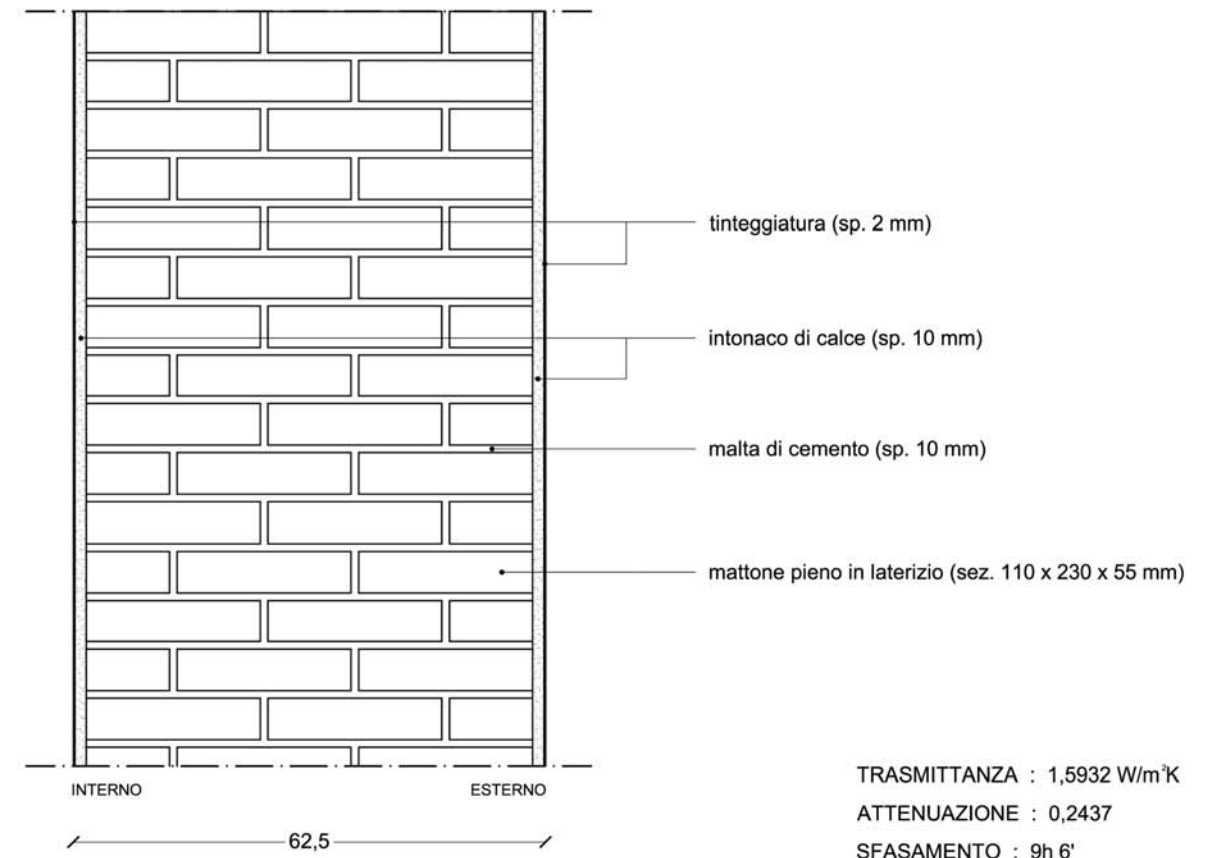
¹ C.f.r. "Capitolo 04 : PROGETTO ARCHITETTONICO"

C.V. 01 a : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 01 a - Parete esistente in materiale misto



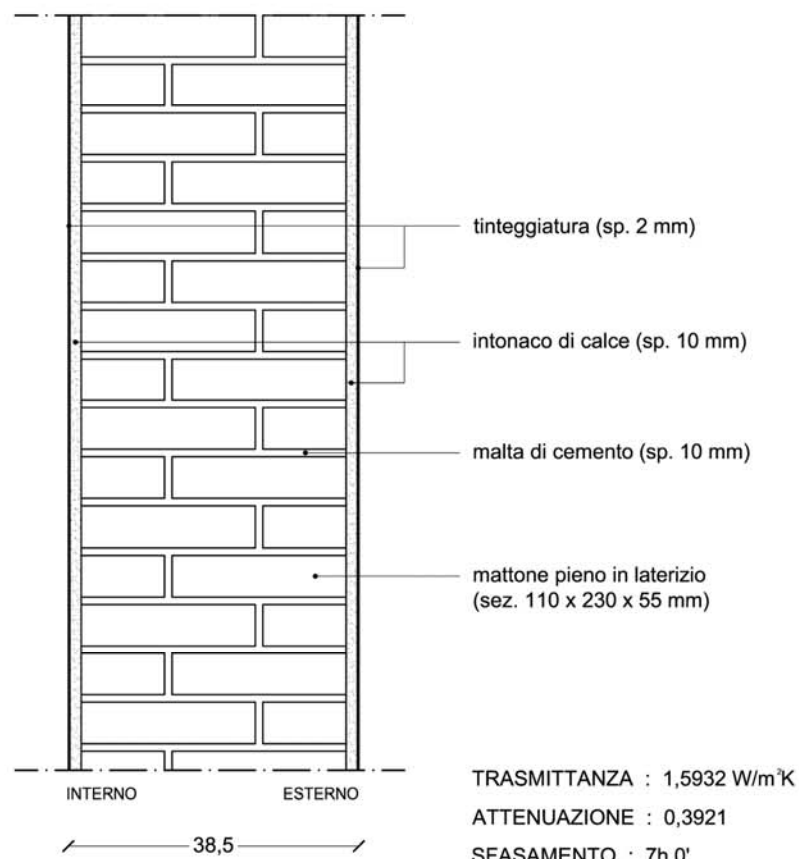
TRASMITTANZA : 2,0564 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,061
 SFASAMENTO : 13h 8'

C.V. 02 a : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 02 a - Parete esistente in mattoni pieni



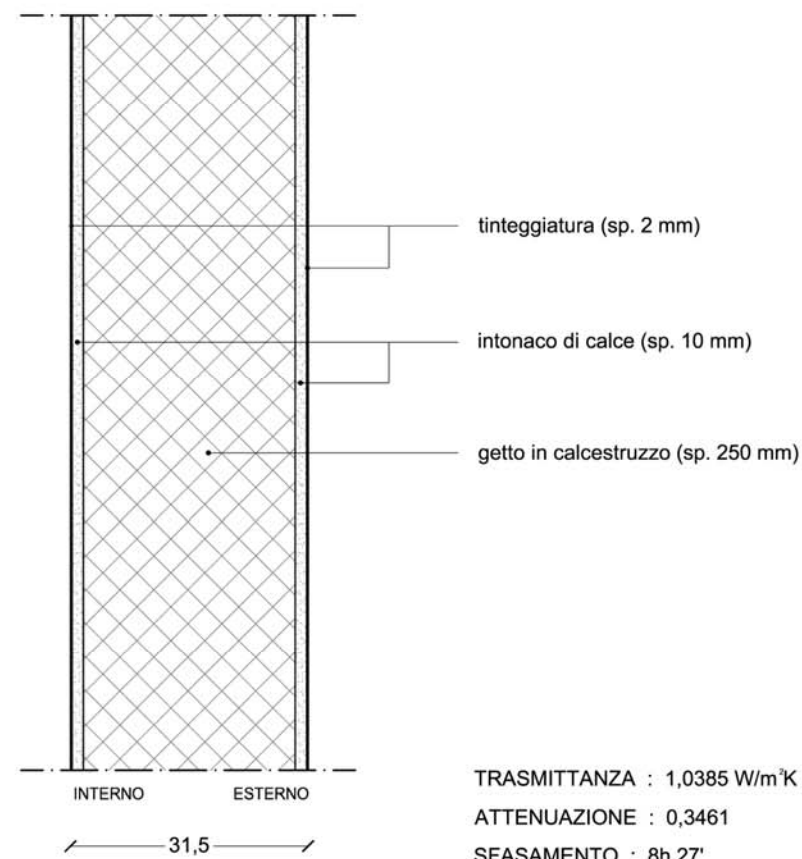
TRASMITTANZA : 1,5932 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,2437
 SFASAMENTO : 9h 6'

C.V. 03 a : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 03 a - Parete esistente in mattoni pieni



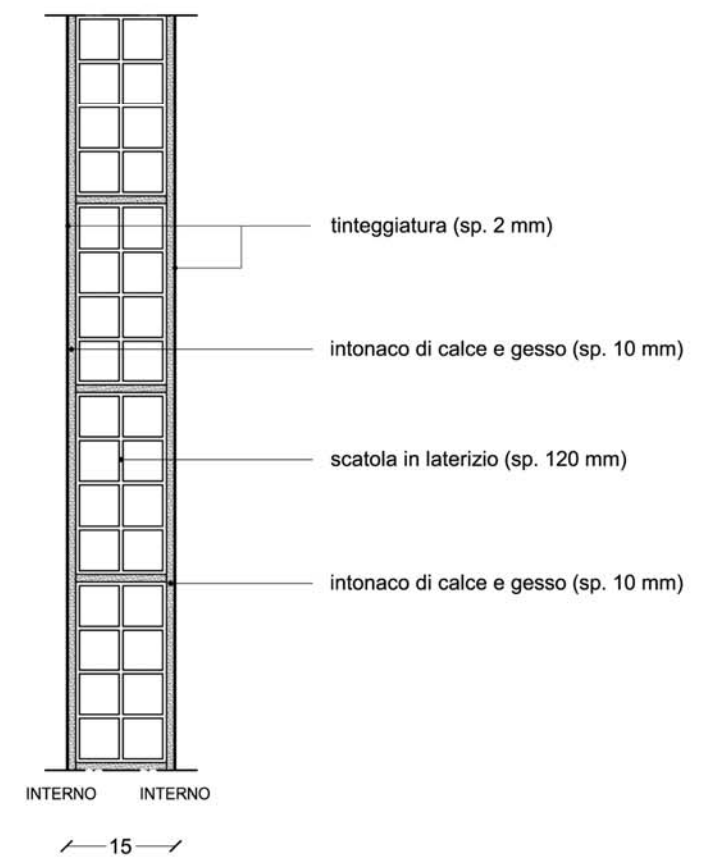
TRASMITTANZA : 1,5932 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,3921
 SFASAMENTO : 7h 0'

C.V. 04 a : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 04 a - Parete esistente in getto di calcestruzzo

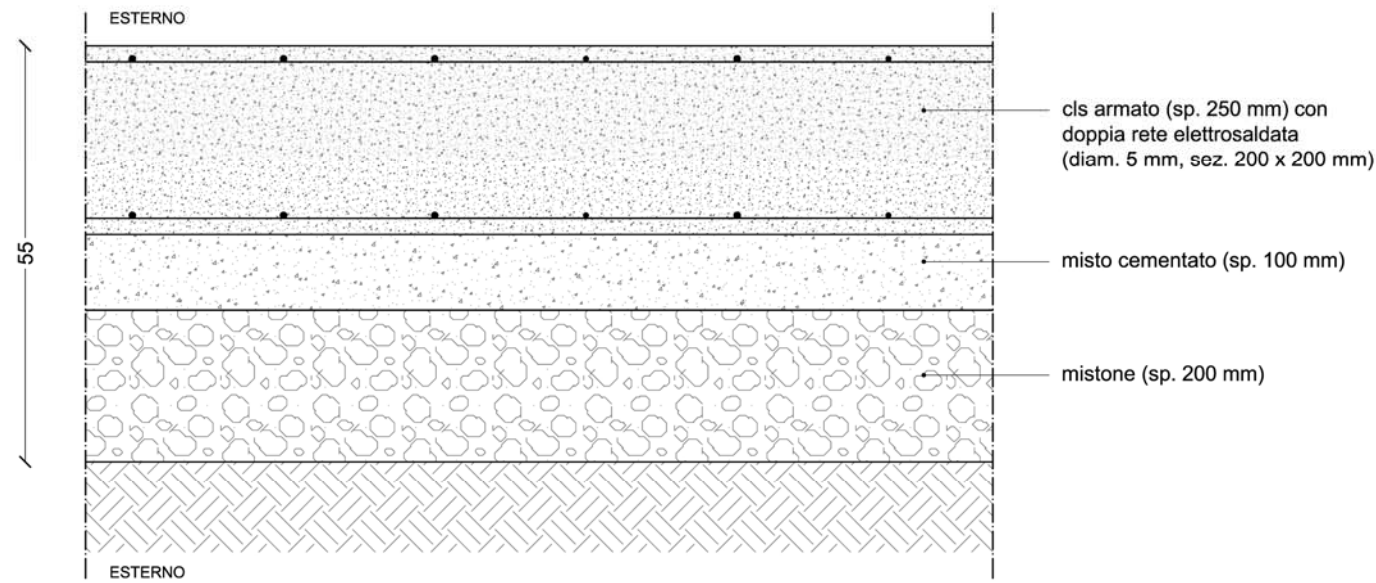


TRASMITTANZA : 1,0385 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,3461
 SFASAMENTO : 8h 27'

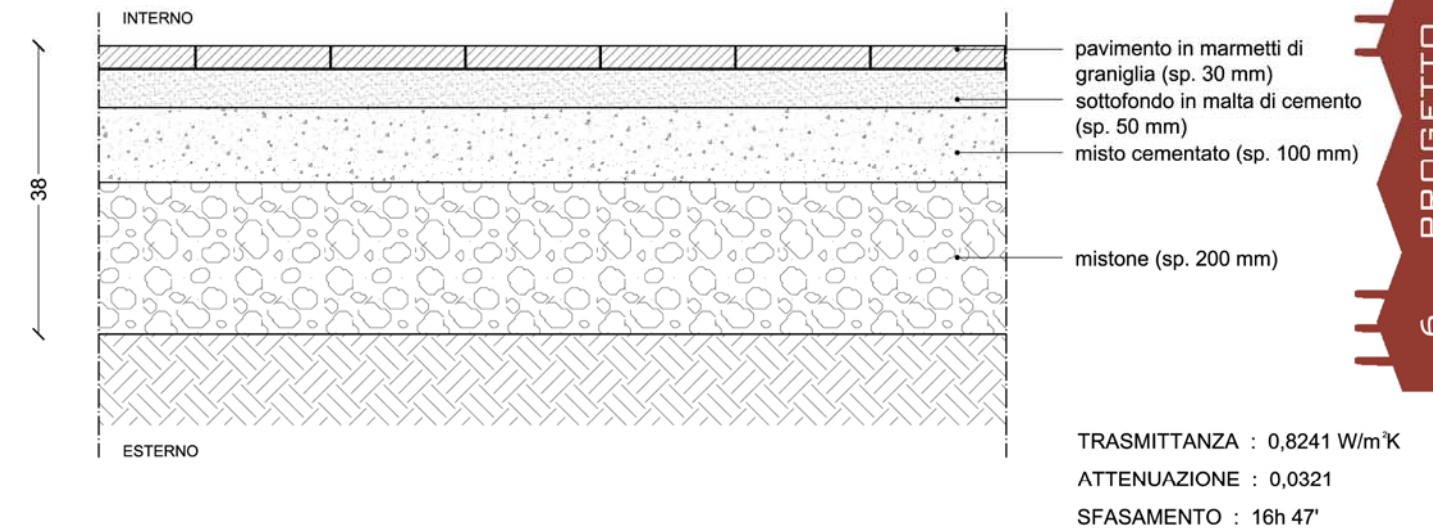
P.V. 01 a : PARTIZIONE INTERNA VERTICALE 01 a - Partizione interna tra locali riscaldati



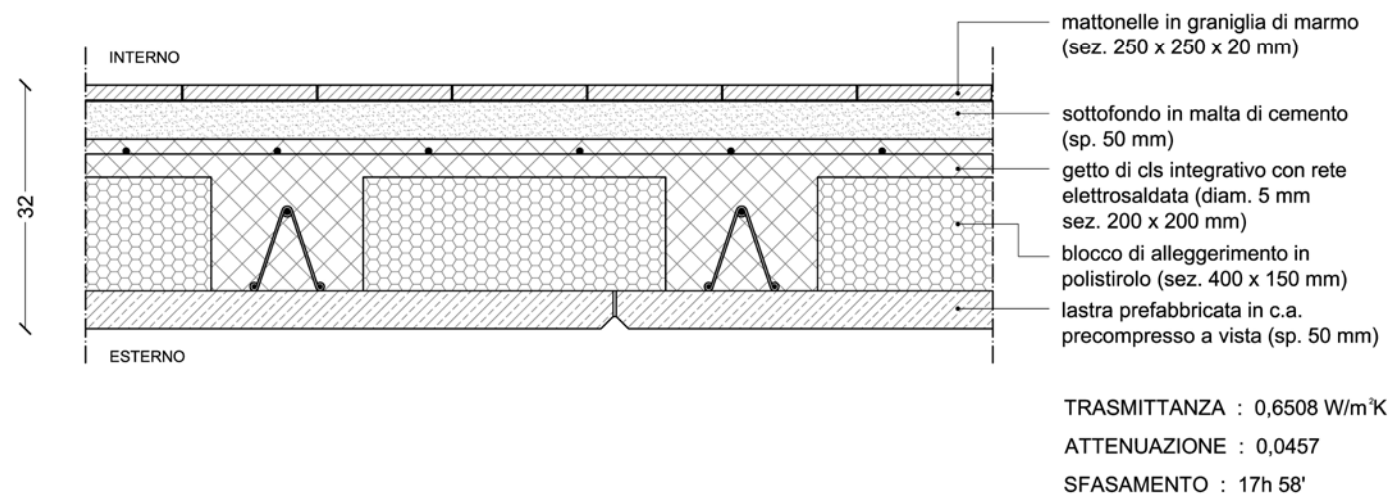
**C.O. 01 a : SOLAIO CONTROTERRA 01 a -
Solaio in getto di cemento armato per passaggio mezzi**



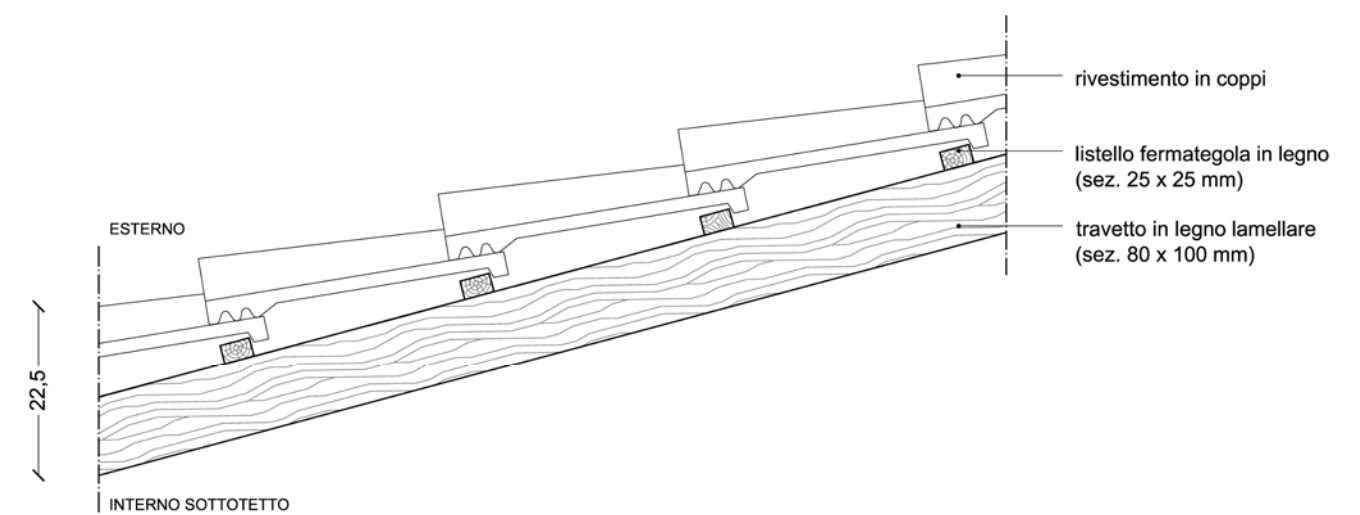
**C.O. 02 a : SOLAIO CONTROTERRA 02 a -
Solaio pavimentato ambienti interni**



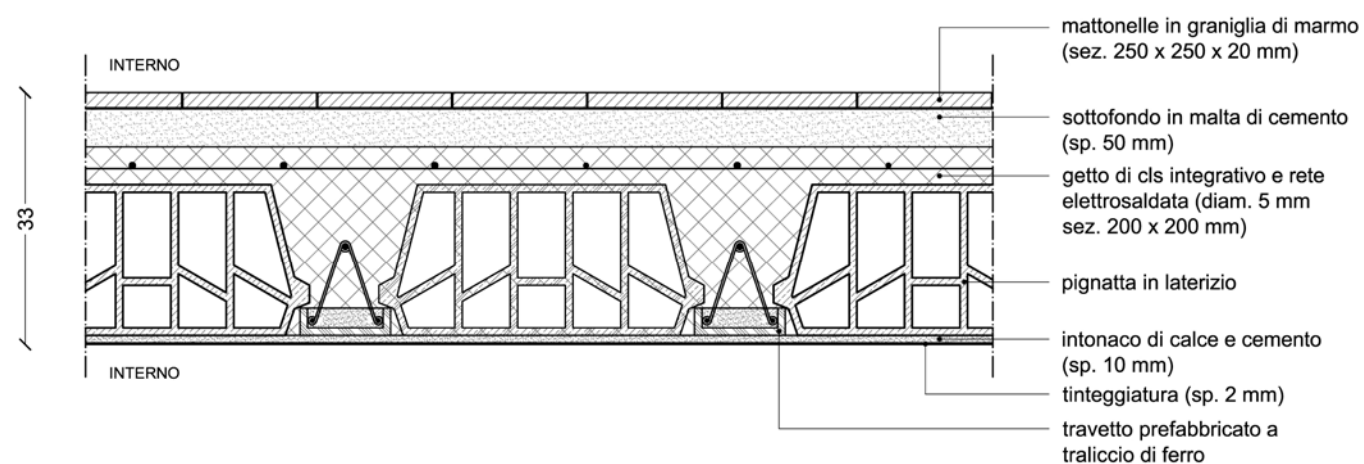
**C.O. 03 a : SOLAIO SU ESTERNO 03 a -
Solaio predalles con lastre prefabbricate a vista**



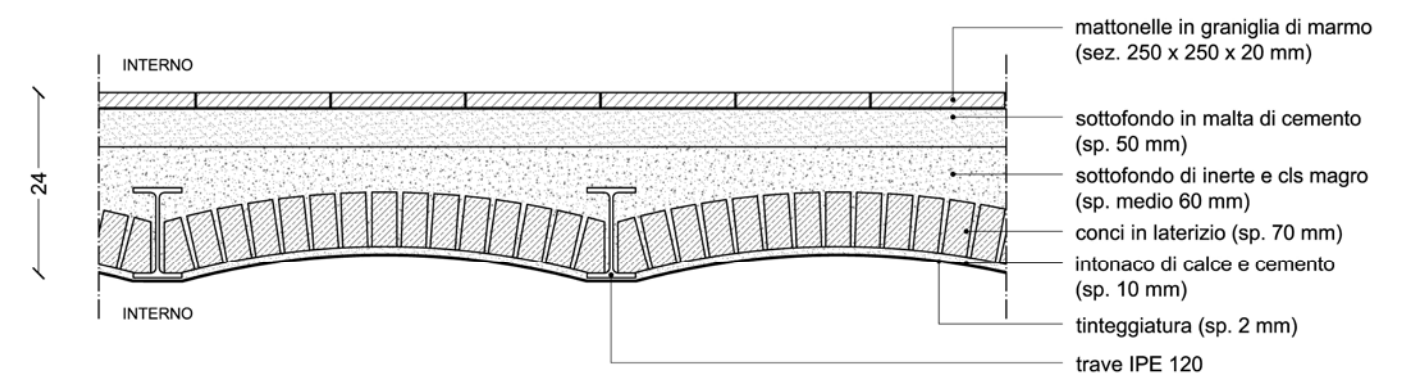
**C.O. 04 a : COPERTURA 04 a -
Copertura inclinata con rivestimento in coppi**



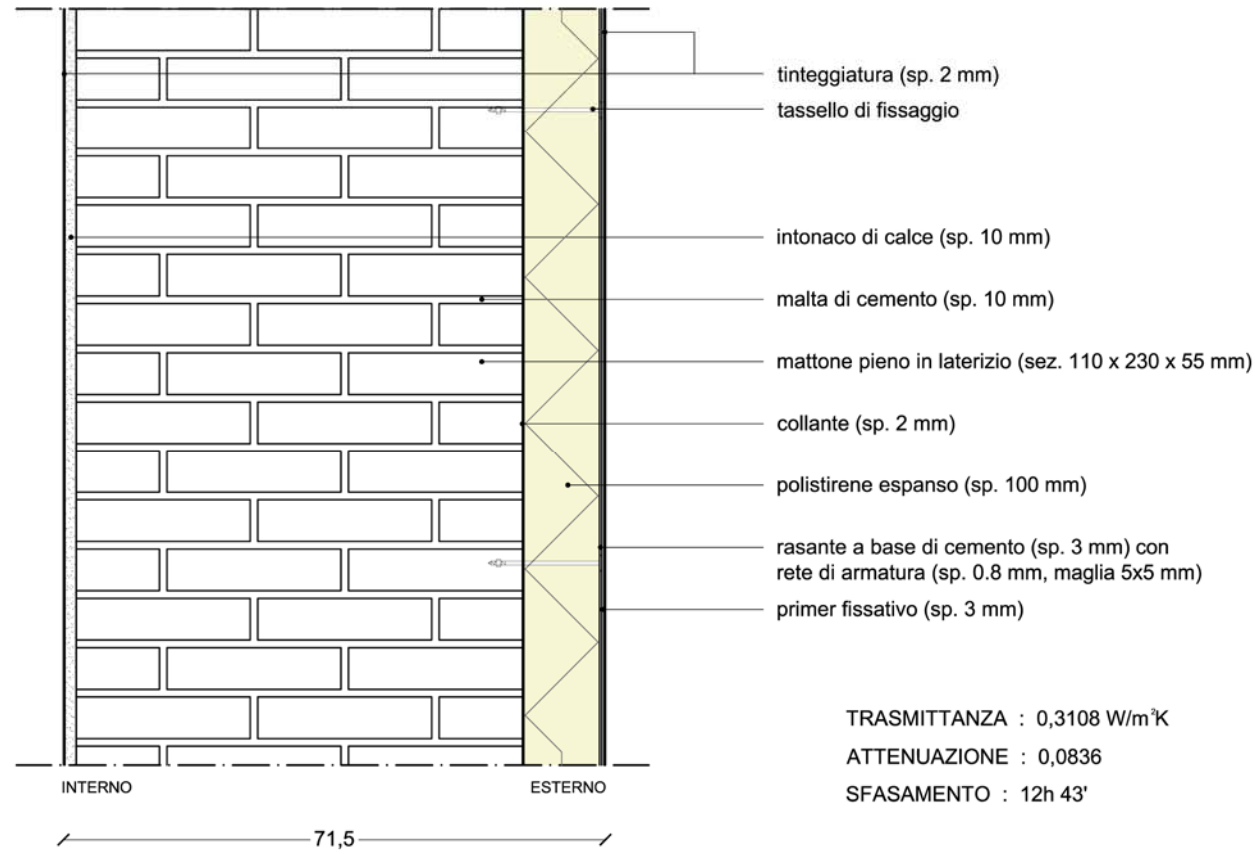
**P.I.O. 01 a : SOLAIO INTERPIANO 01 a -
Solaio in laterocemento**



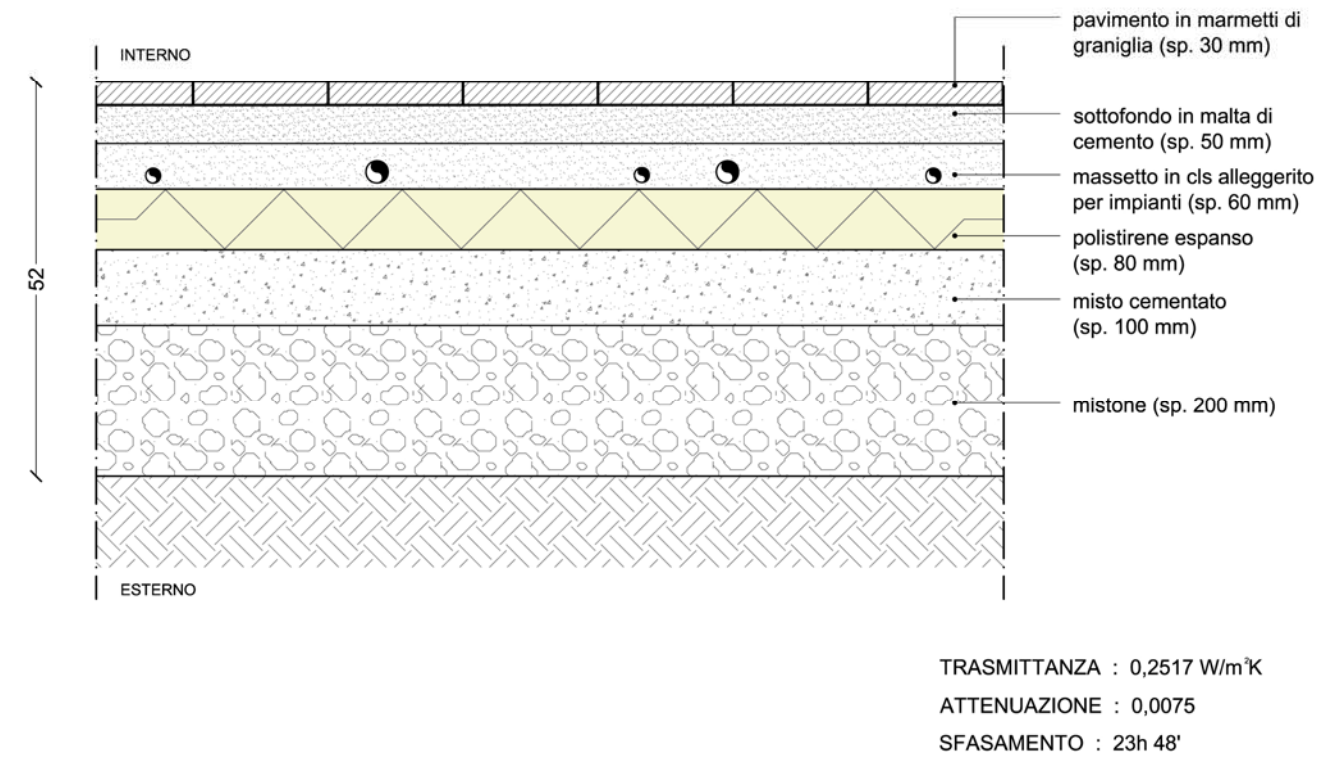
**P.I.O. 02 a : SOLAIO INTERPIANO 02 a -
Solaio ad archetti**



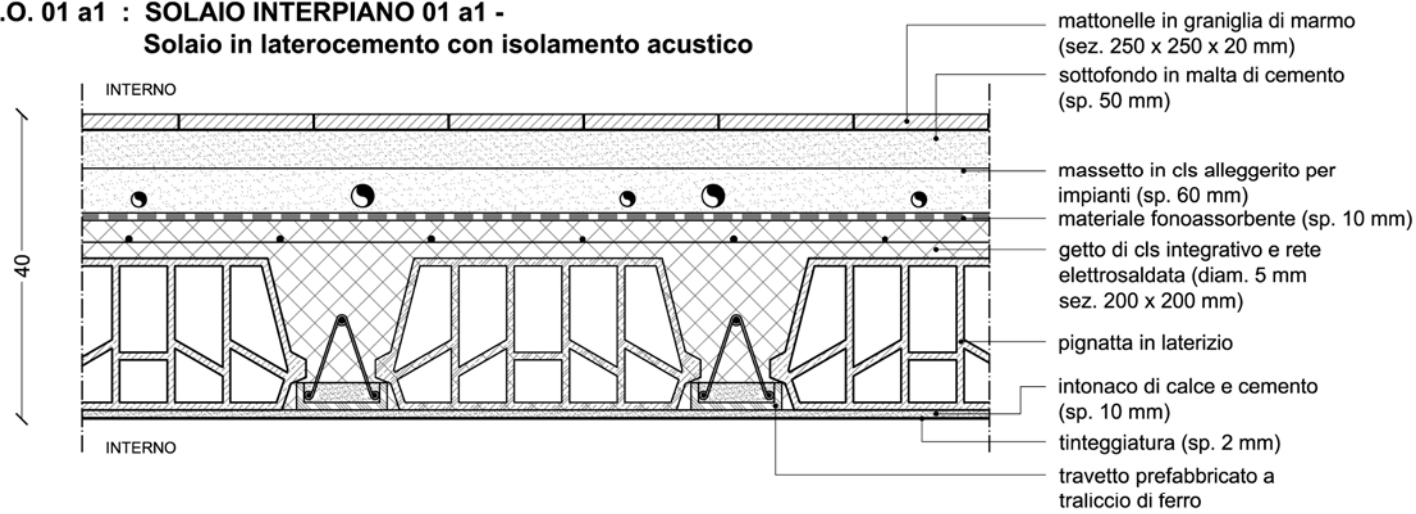
C.V. 02 a1 : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 02 a1 -
Parete esistente in mattoni pieni con isolamento a cappotto



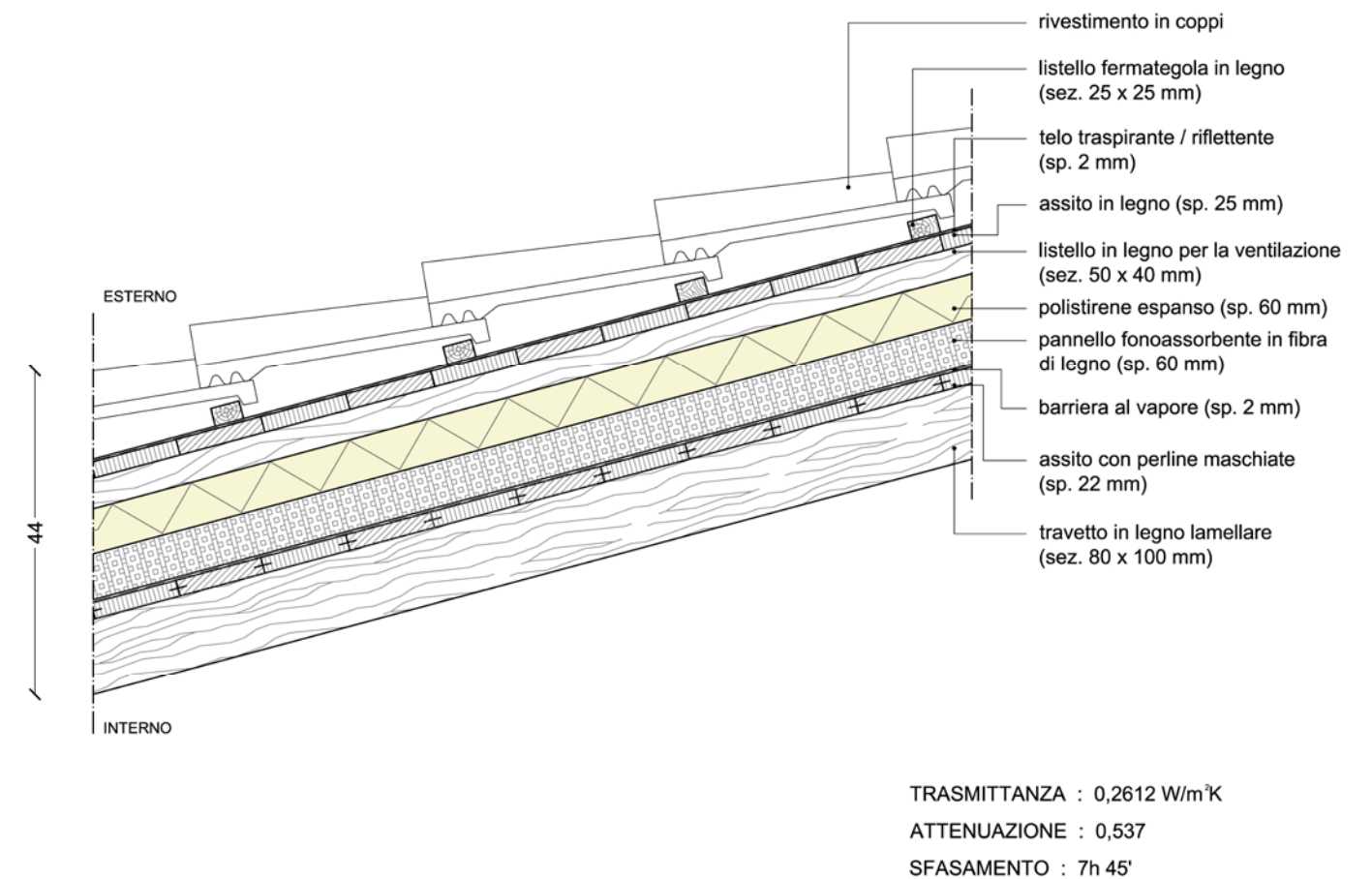
C.O. 02 a1 : SOLAIO CONTROTERRA 02 a1 -
Solaio pavimentato con isolamento e massetto impianti



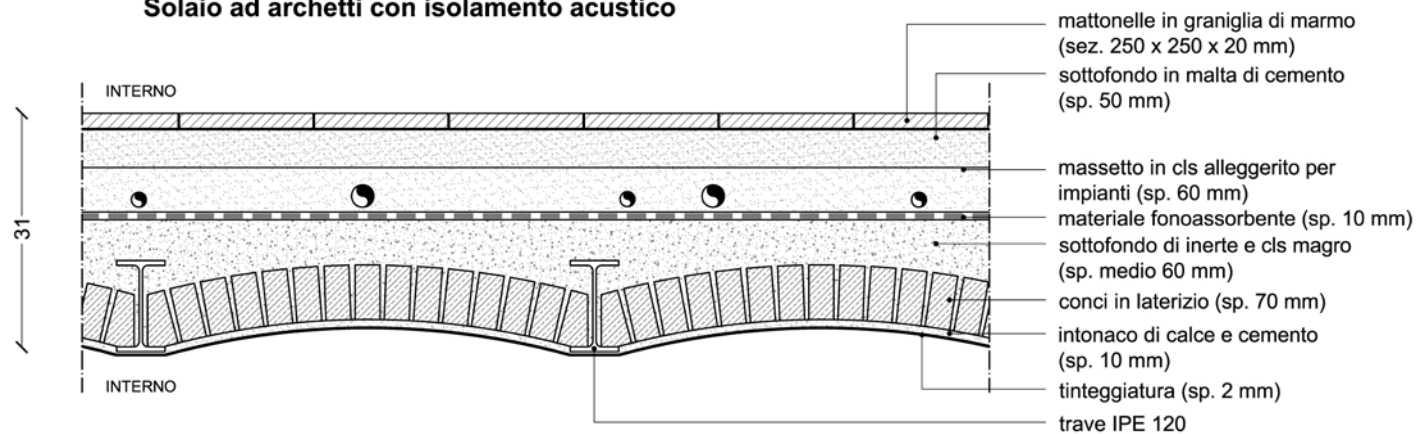
P.I.O. 01 a1 : SOLAIO INTERPIANO 01 a1 -
Solaio in laterocemento con isolamento acustico



C.O. 04 a1 : COPERTURA 04 a1 -
Copertura inclinata ventilata con rivestimento in coppi



P.I.O. 02 a2 : SOLAIO INTERPIANO 02 a2 -
Solaio ad archetti con isolamento acustico



6.2.1.1. Analisi e risultati prestazionali

Dopo aver effettuato tutte le considerazioni del caso, si analizzano le caratteristiche prestazionali delle chiusure esistenti (orizzontali e verticali) e si valuta la possibilità di applicare delle migliorie che permettano di garantire valori di trasmittanza accettabili.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti attraverso il supporto del software di calcolo **JTEMPEST**, con gli strati costituenti ogni pacchetto tecnologico studiato, il valore di trasmittanza ottenuto e il grafico di andamento delle temperature giornaliere.

C.O. 02 a - Solaio pavimentato ambienti interni

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	ROC	Basalto	0,20	0,0571	2800,00	836,80
	CLS	CLS per sottofondi non aerati - densità 500	0,10	0,3571	500,00	920,48
	MAS	Massetto	0,05	0,5376	1620,00	836,80
	ROC	Granito	0,20	0,0625	2500,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 49 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CO PAV
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Pavimento, solaio su porticato cantinato
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	4
Spessore totale	0,55 m
Resistenza termica totale	1,2135 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,8241 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,38 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,33 W/(m ² K)
Attenuazione	0,0321
Sfasamento	16 h 47'

Tabella 50 : Proprietà della struttura

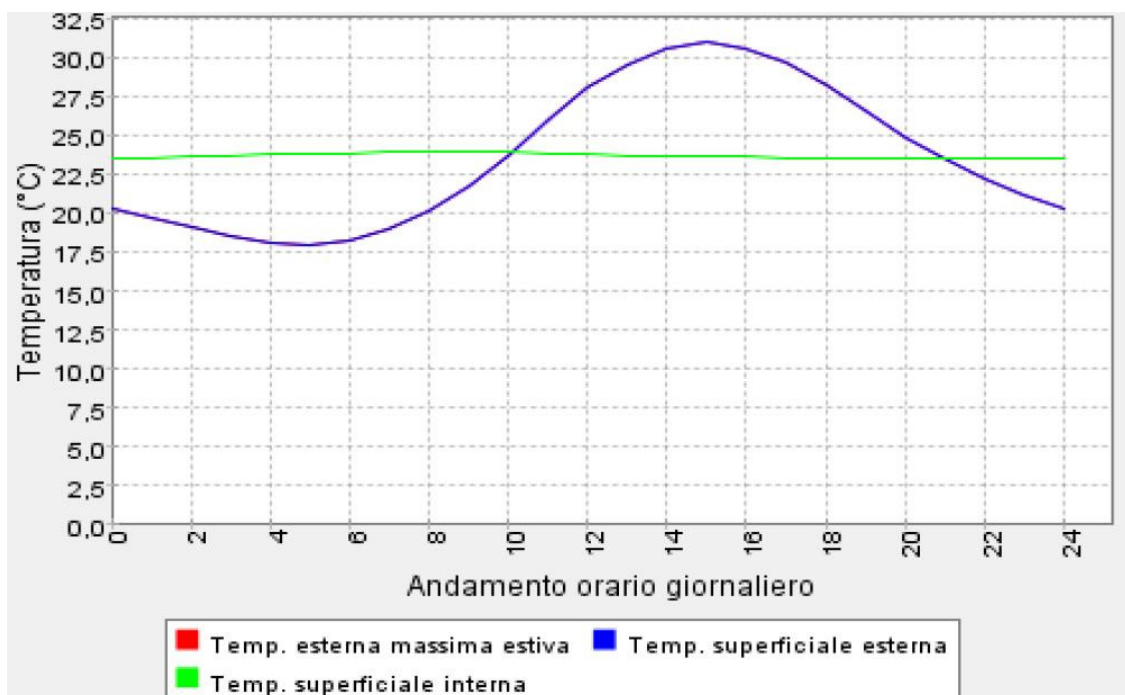


Grafico 11 : Andamento giornaliero della temperatura

C.O. 03 a - Solaio predalles con lastre prefabbricate a vista

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	SOL	Predalle PSE 10 kg sp.20 cm.rif.2.4.03	0,20	0,51	10,00	836,80
	CLS	CLS generico – densità 500 kg/m ³	0,05	0,2273	500,00	836,80
	MAS	Massetto	0,05	0,5376	1620,00	836,80
	ROC	Granito	0,20	0,0625	2500,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 51 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CO PREDALLES
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Pavimento, solaio su porticato cantinato
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	4
Spessore totale	0,50 m
Resistenza termica totale	1,5365 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,6508 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,38 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,33 W/(m ² K)
Attenuazione	0,0299
Sfasamento	17 h 57'

Tabella 52 : Proprietà della struttura

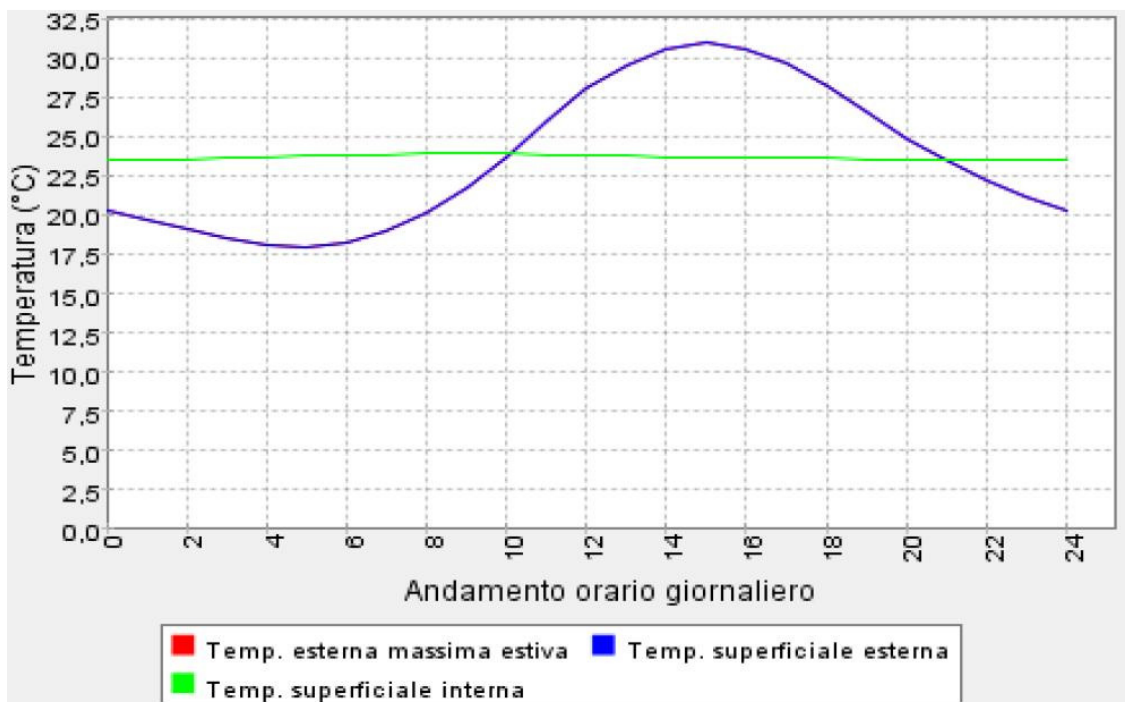


Grafico 12 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 01 a - Parete in materiale misto

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,02	0,0286	1400,00	836,80
	ROC	Porfido	0,23	0,0793	2200,00	836,80
	INT	Malta di cemento	0,10	0,0714	2000,00	836,80
	ROC	Porfido	0,23	0,0793	2200,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,02	0,0286	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 53 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV MISTO
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	5
Spessore totale	0,60 m
Resistenza termica totale	0,4863 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	2,0564 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,061
Sfasamento	13 h 8'

Tabella 54 : Proprietà della struttura

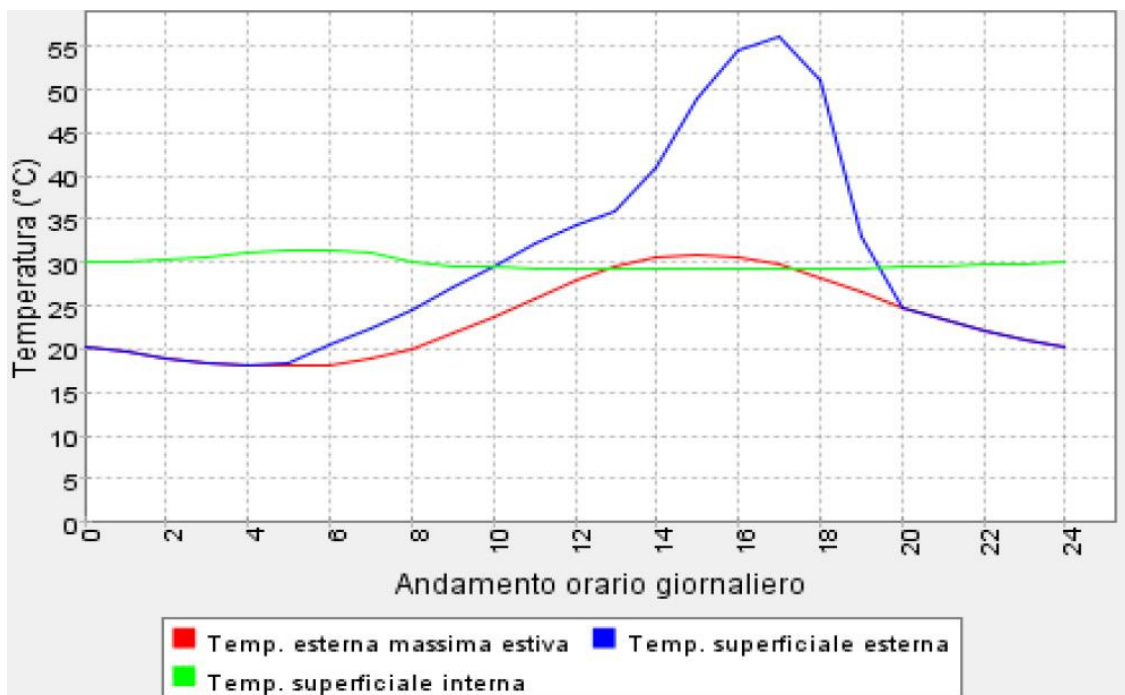


Grafico 13 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 02 a - Parete in mattoni pieni 600 mm

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
	LAT	pieno 230x110x55	0,58	0,40	700,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 55 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV MATTONE 60
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	3
Spessore totale	0,60 m
Resistenza termica totale	0,6277 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	1,5932 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,2437
Sfasamento	9 h 6'

Tabella 56 : Proprietà della struttura

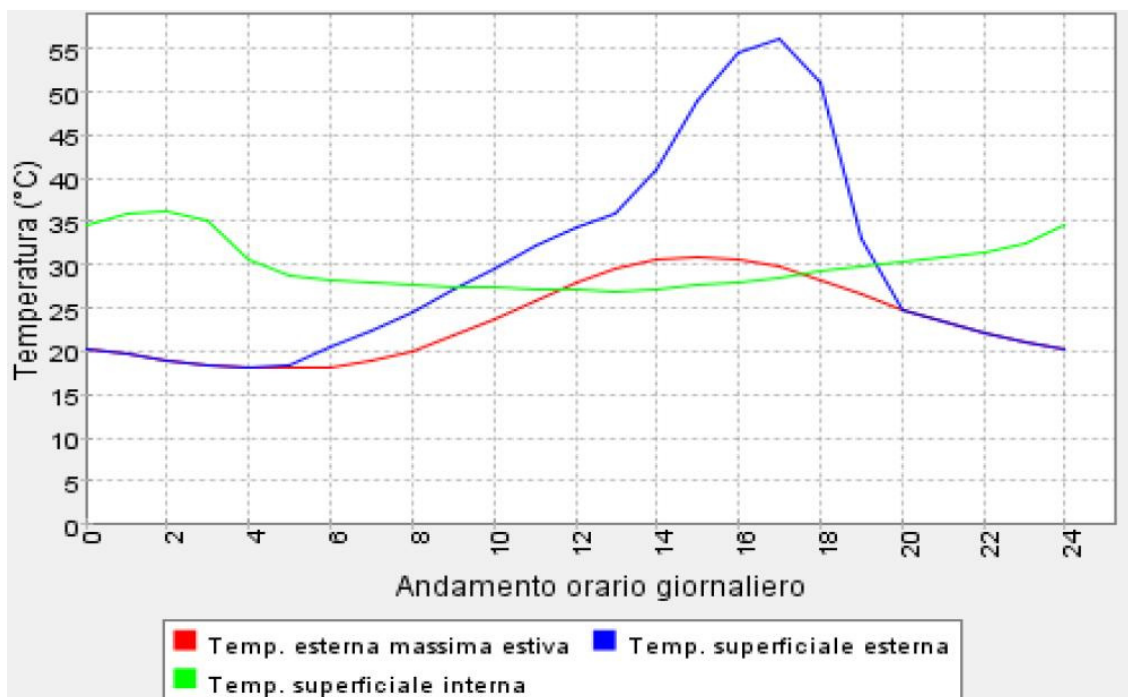


Grafico 14 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 03 a - Parete in mattoni pieni 380 mm

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
	LAT	pieno 230x110x55 36	0,36	0,40	700,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 57 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV MATTONE 38
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	3
Spessore totale	0,38 m
Resistenza termica totale	0,6277 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	1,5932 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,3921
Sfasamento	7 h 0'

Tabella 58 : Proprietà della struttura

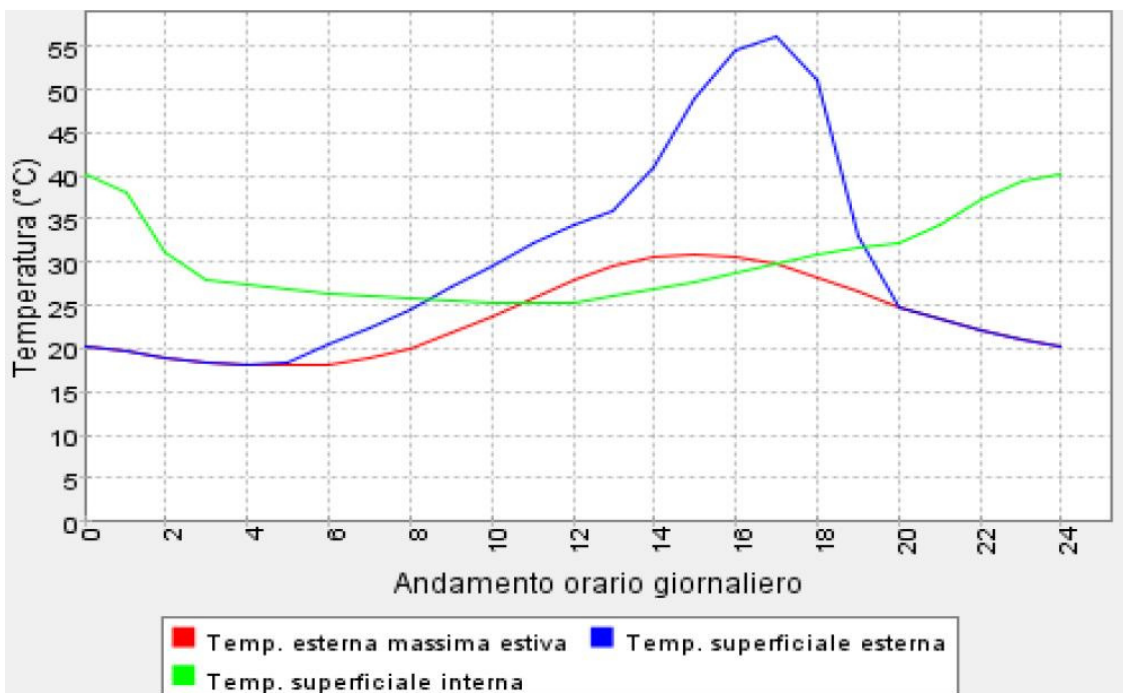


Grafico 15 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 04 a - Parete in getto di calcestruzzo

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
	CLS	CLS generico – densità 900 kg/m ³	0,25	0,7353	900,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 59 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV ALLOGGI
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	3
Spessore totale	0,27 m
Resistenza termica totale	0,963 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	1,0385 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,3461
Sfasamento	8 h 27'

Tabella 60 : Proprietà della struttura

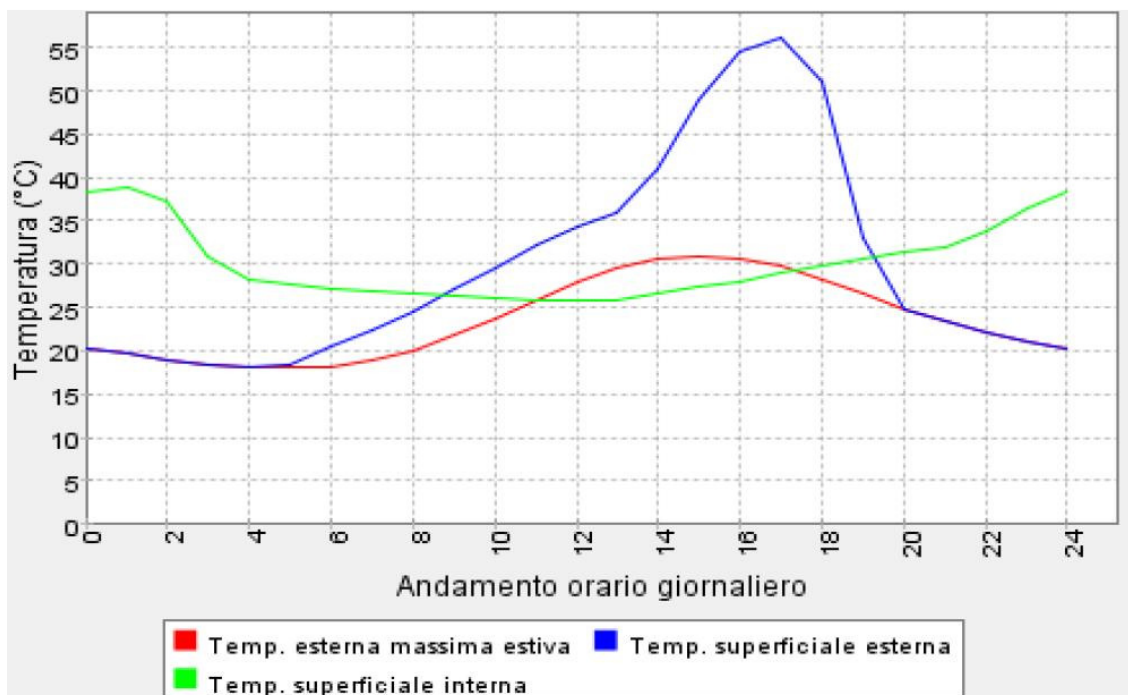


Grafico 16 : Andamento giornaliero della temperatura

A questo punto, avendo accertato l'effettiva inadempienza prestazionale dei pacchetti tecnologici esistenti, si propongono i risultati ottenuti con l'aggiunta di solo materiale isolante, in grado di coprire gli standard di trasmittanza richiesti da normativa; per la copertura invece si rivaluta una soluzione ex novo.

Per le chiusure verticali si riporta un solo esempio, corrispondente all'unica tipologia di parete conservata, poiché per le altre è prevista la demolizione.

C.O. 02 a1 - Solaio pavimentato con isolamento e massetto impianti

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	ROC	Basalto	0,20	0,0571	2800,00	836,80
	CLS	CLS per sottofondi non aerati - densità 500	0,10	0,3571	500,00	920,48
	POL	pol 8	0,08	2,2222	35,00	1715,4399
	MAS	Massetto	0,05	0,5376	1620,00	836,80
	MAS	Massetto	0,05	0,5376	1620,00	836,80
	ROC	Granito	0,20	0,0625	2500,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 61 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CO CONTROTERRA
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Pavimento, solaio su porticato cantinato
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	6
Spessore totale	0,68 m
Resistenza termica totale	3,9733 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,2517 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,38 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,33 W/(m ² K)
Attenuazione	0,0075
Sfasamento	23 h 48'

Tabella 62 : Proprietà della struttura

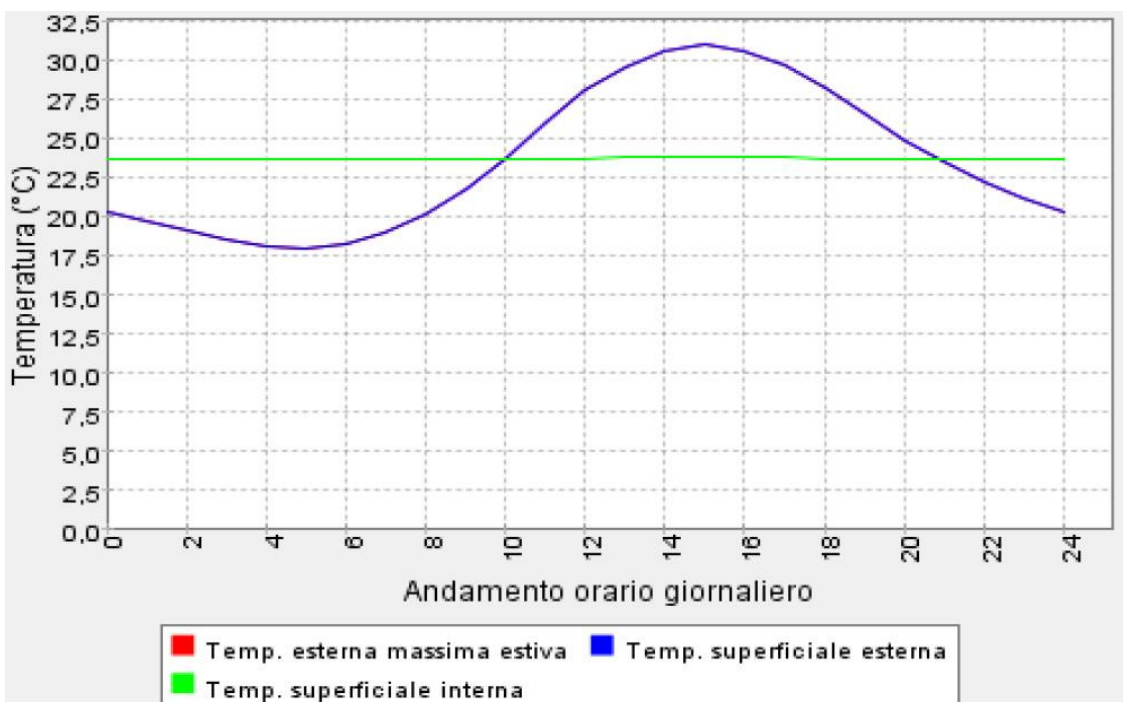


Grafico 17 : Andamento giornaliero della temperatura

C.O. 04 a1 - Copertura ventilata inclinata con rivestimento in coppi

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Strato di copertura discontinua (tegole)		0,125		
	IMP	Foglio di Alluminio 0.025 mm	0,002	0,00	2700,00	962,32
	LEG	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,025	0,1736	800,00	2092,00
	INA	Camera debolmente ventilata sp. mm 50	0,05	0,09	1,00	1004,16
	POL	pol 6	0,06	1,66	20,00	1029,264
	ALI	CELENIT FL/150 60	0,06	1,50	160,00	2099,9497
	FRV	DuPont™ Tyvek® SD2	0,0003	0,0015	360,00	2099,9497
	LEG	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,022	0,1528	800,00	2092,00
		Superficie interna		0,125		

Tabella 63 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CO TEGOLA
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Copertura, tetto, soffitto
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	7
Spessore totale	0,2193 m
Resistenza termica totale	3,8279 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,2612 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,32 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,30 W/(m ² K)
Attenuazione	0,537
Sfasamento	7 h 45'

Tabella 64 : Proprietà della struttura

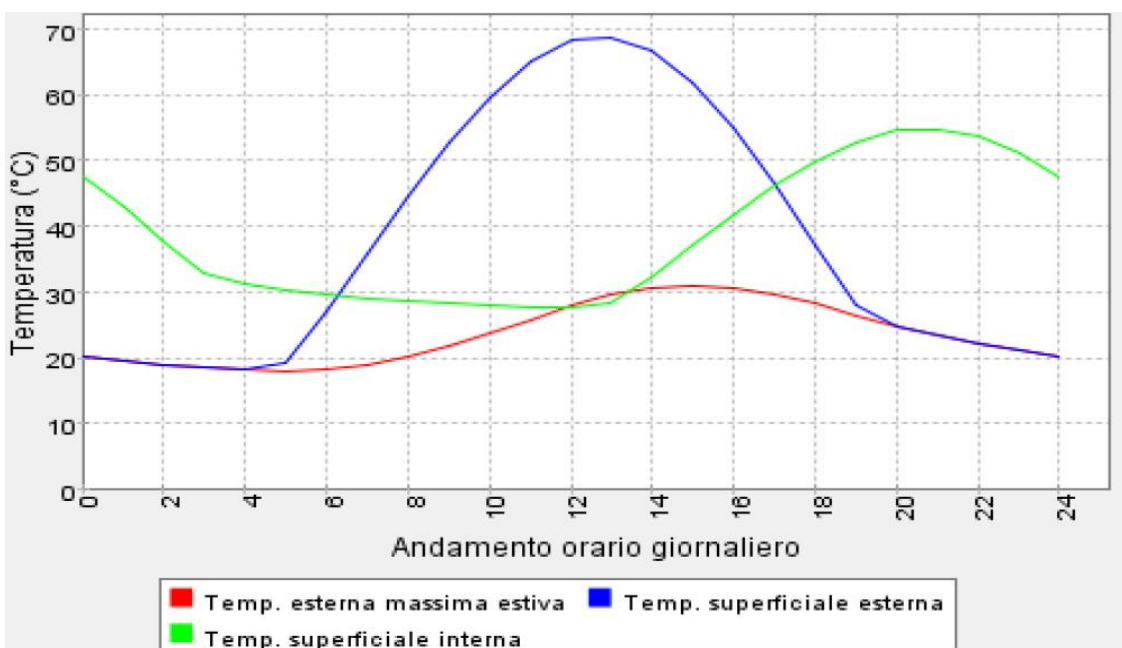


Grafico 18 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 02 a1 - Parete in mattoni pieni con isolamento a cappotto

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,002	0,0029	1400,00	836,80
	INT	Malta di cemento	0,002	0,0014	2000,00	836,80
	POL	Polistirene espanso	0,10	2,60	150,00	1029,264
	LAT	pieno 230x110x55	0,58	0,40	700,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,01	0,0143	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 65 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV MATTONE 60
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	5
Spessore totale	0,694 m
Resistenza termica totale	3,2177 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,3108 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,0836
Sfasamento	12 h 43'

Tabella 66 : Proprietà della struttura

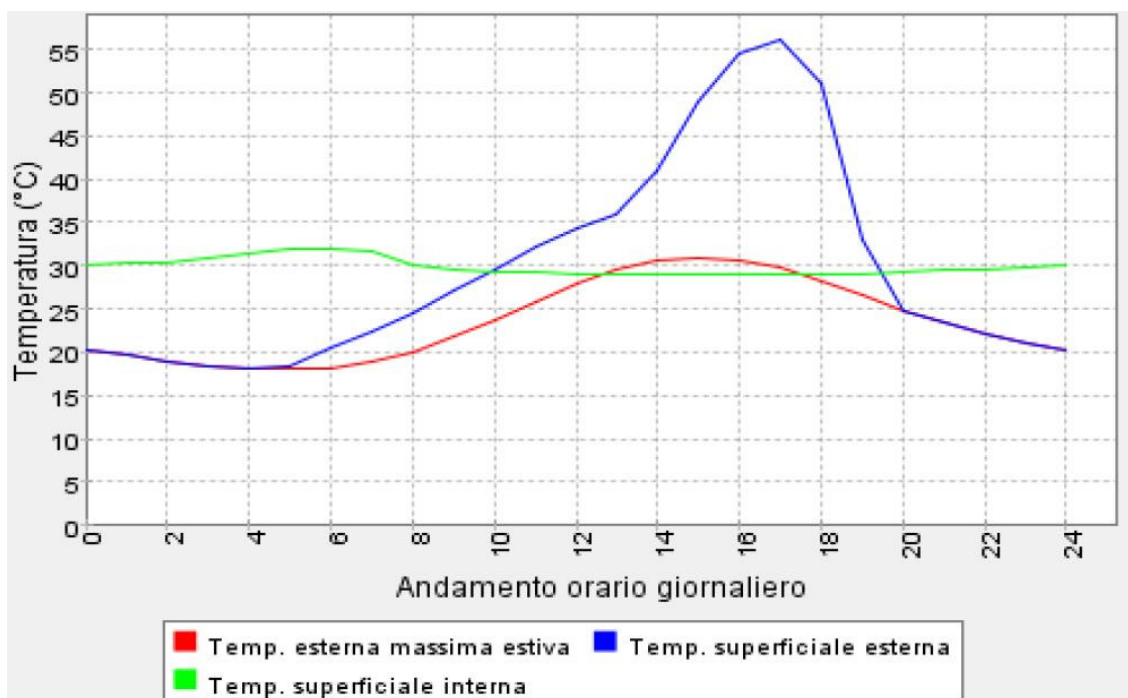


Grafico 19 : Andamento giornaliero della temperatura

6.2.2. Tecnologia B

Il nuovo involucro in vetro e policarbonato rappresenta, tra le nuove costruzioni del progetto, quella principale, e come tale viene analizzata nel dettaglio : così come l'analisi strutturale, anche l'aspetto tecnologico è riferito soprattutto a questa struttura, anche se, in questo caso, non si può prescindere dallo studio dei blocchi interni, essendo la tecnologia, a differenza della struttura, strettamente legata a questi ultimi. Trattandosi di una realizzazione ex novo, non ci sono vincoli alla progettazione e le scelte vengono orientate da diversi criteri, quali esigenze architettoniche, prestazionali, ambientali, di costo, etc. che verranno poi di seguito analizzate nel dettaglio.

Innanzitutto si giustifica la scelta dei principali materiali componenti : le facciate sud-ovest, sud-est e nord-est vengono realizzate in vetro, per il quale è necessario scegliere un elemento che da un lato garantisca il benessere termico all'interno dell'involucro (limitando le dispersioni), dall'altro generi ombreggiamento interno limitando allo stesso tempo il surriscaldamento; si decide di utilizzare un particolare prodotto, **Okawood**, composto da doppio vetro integrato con listelli di legno frangisole fissi; le prestazioni, fornite dalla ditta produttrice, vengono analizzate con la struttura metallica su cui sono montate, e si riportano di seguito le caratteristiche energetiche. Bisogna tuttavia sottolineare che per l'involucro viene fatta una particolare scelta energetica, che consiste nella volontà di riscaldare l'interno della struttura, pur garantendone la limitazione delle dispersioni; questo significa non verificarne il rispetto termico entro limiti normativi, ma limitare comunque il raffreddamento invernale.

Allo stesso modo viene studiato il policarbonato, per il quale si richiedono le stesse prestazioni, sebbene, trattandosi di facciata posta a nord-ovest, sulla parete più fredda, si debba porre maggiore considerazione sull'isolamento termico piuttosto che sulla schermatura solare; si sceglie in questo caso il prodotto **Makrolon UV**, elemento in tripla lastra di policarbonato alveolare, con finitura liscia, scelto, nella vasta gamma dei prodotti di tale ditta, per le prestazioni garantite.

Le stesse considerazioni sull'isolamento termico, effettuate per il vetro, valgono per il policarbonato; di seguito si riporta la scheda tecnica con le prestazioni del prodotto.

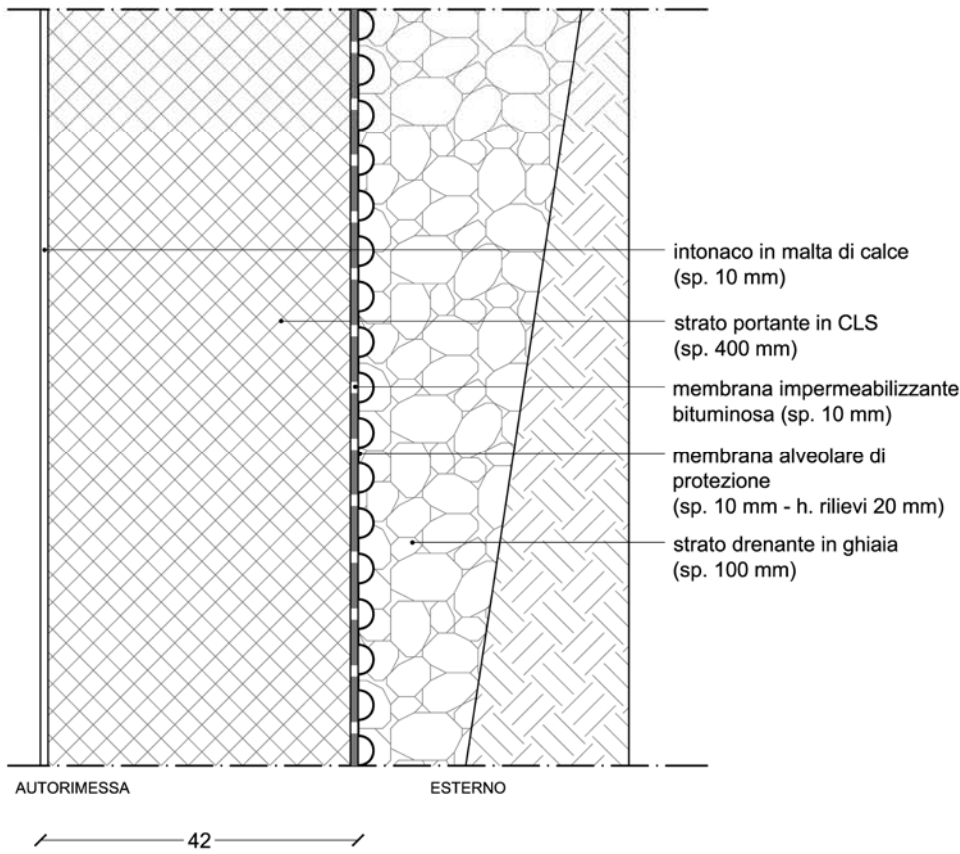
Si passa successivamente all'analisi della copertura, elemento conclusivo dell'involucro: la scelta ricade su particolari pannelli metallici in zinco-titanio, tipo **Rheinzink**, con la caratteristica di essere schermanti e riflettenti per limitare le infiltrazioni solari che provocherebbero il surriscaldamento interno in estate.

Tali pannelli vengono montati su struttura metallica, ma solamente sulle falde di copertura con orientamento nord, mentre su quelle sud lo stesso prodotto viene montato nella variante **Rheinzink Solar FV**, con integrazione fotovoltaica.

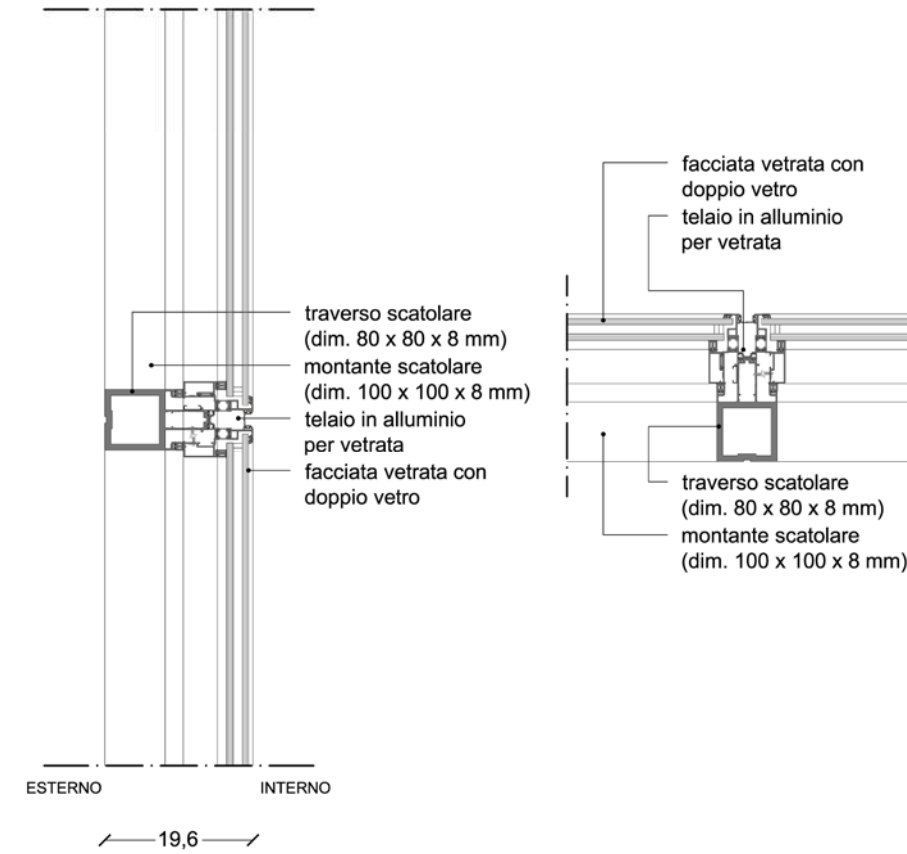
Nella tecnologia in esame devono essere compresi anche componenti “minori”, a cui l’analisi progettuale si riferisce in modo meno dettagliato: si tratta della tecnologia costruttiva degli spazi destinati a parcheggi, che si estendono, a piano interrato, per gran parte del lotto. Le chiusure e le partizioni, si riferiscono in questo caso ad una semplice struttura in calcestruzzo armato, con rivestimento ad intonaco; l’isolamento è presente soltanto nel solaio di separazione con il piano terra, sempre secondo la volontà di evitare che un ulteriore diminuzione della temperatura interna dell’involucro sia prodotta da aria fredda proveniente dall’interrato.

In questo caso non viene effettuata l’analisi energetica dei vari prodotti, non volendo garantire il riscaldamento dell’involucro ma limitarne soltanto le dispersioni.

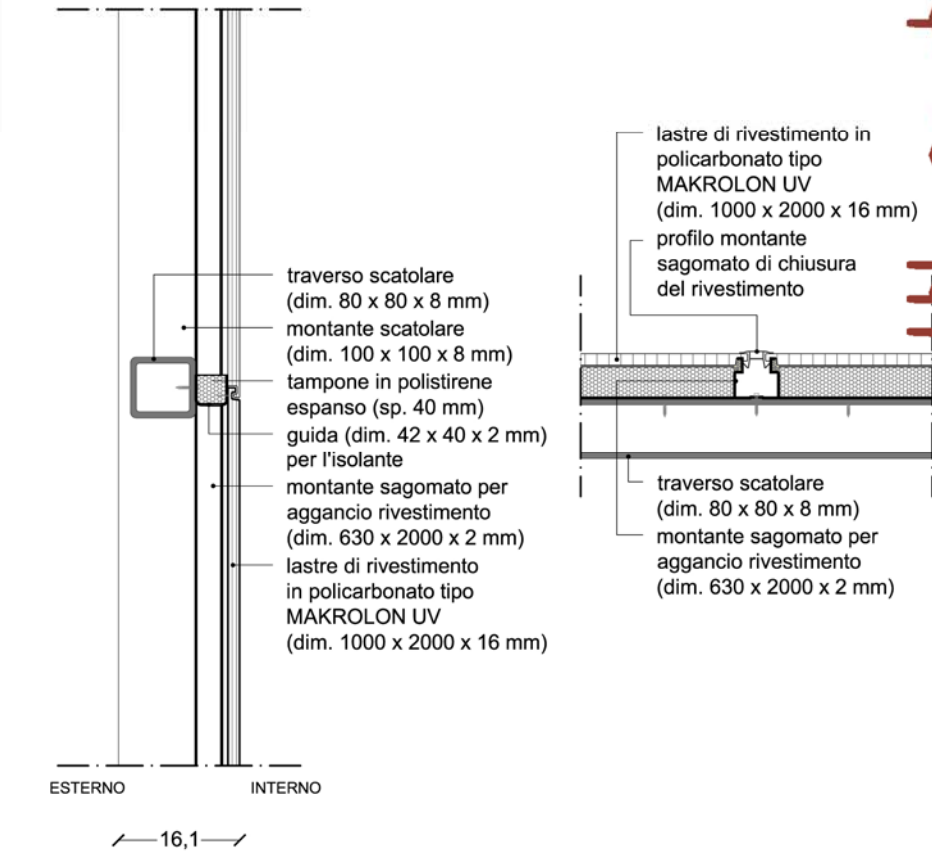
C.V. 01 b : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 01 b - Parete controterra



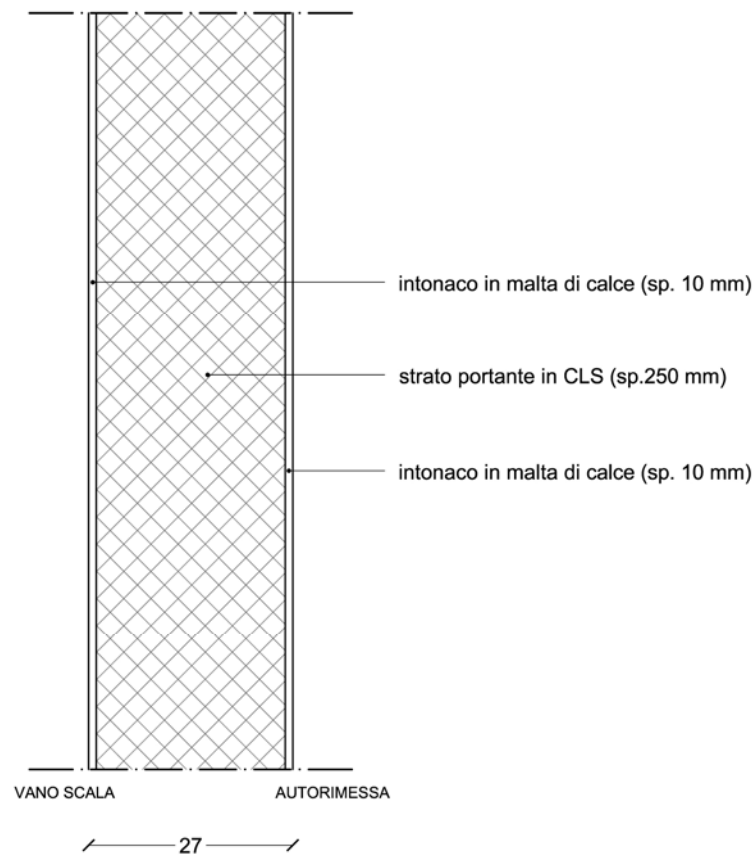
C.V. 02 b : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 01 b - Facciata vetrata



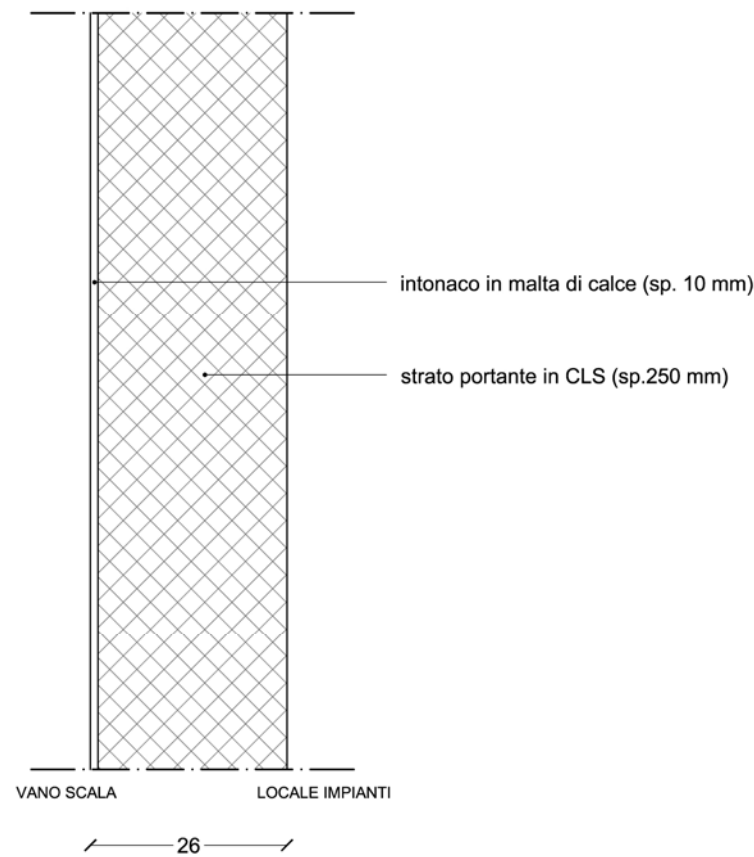
C.V. 03 b : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 01 b - Facciata in policarbonato



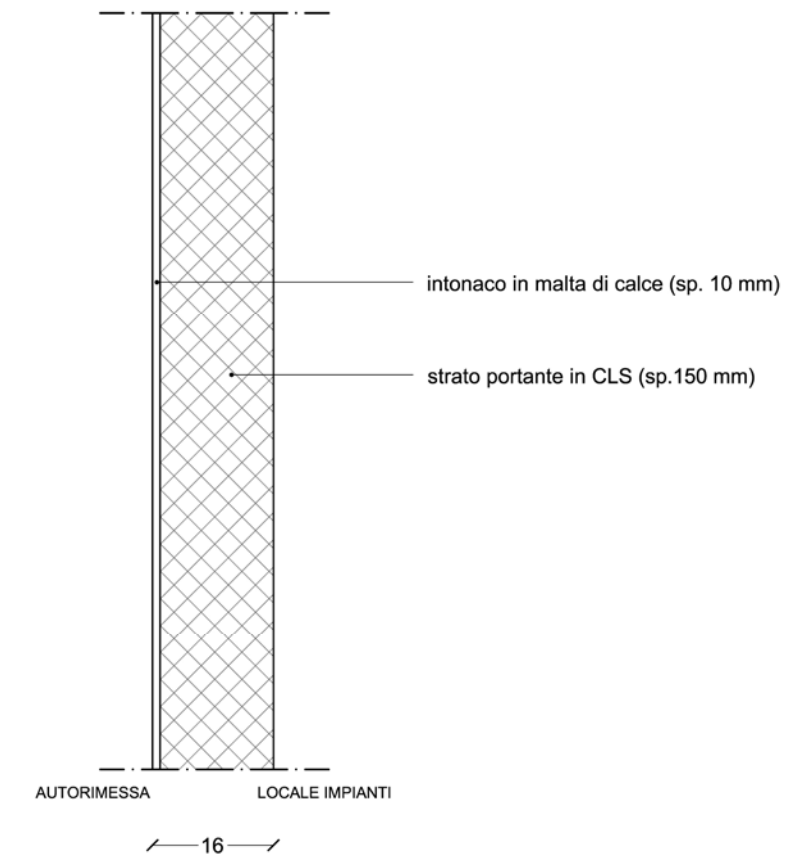
P.I.V. 01 b : PARETE INTERNA VERTICALE 01 b - Parete vano scala - autorimessa



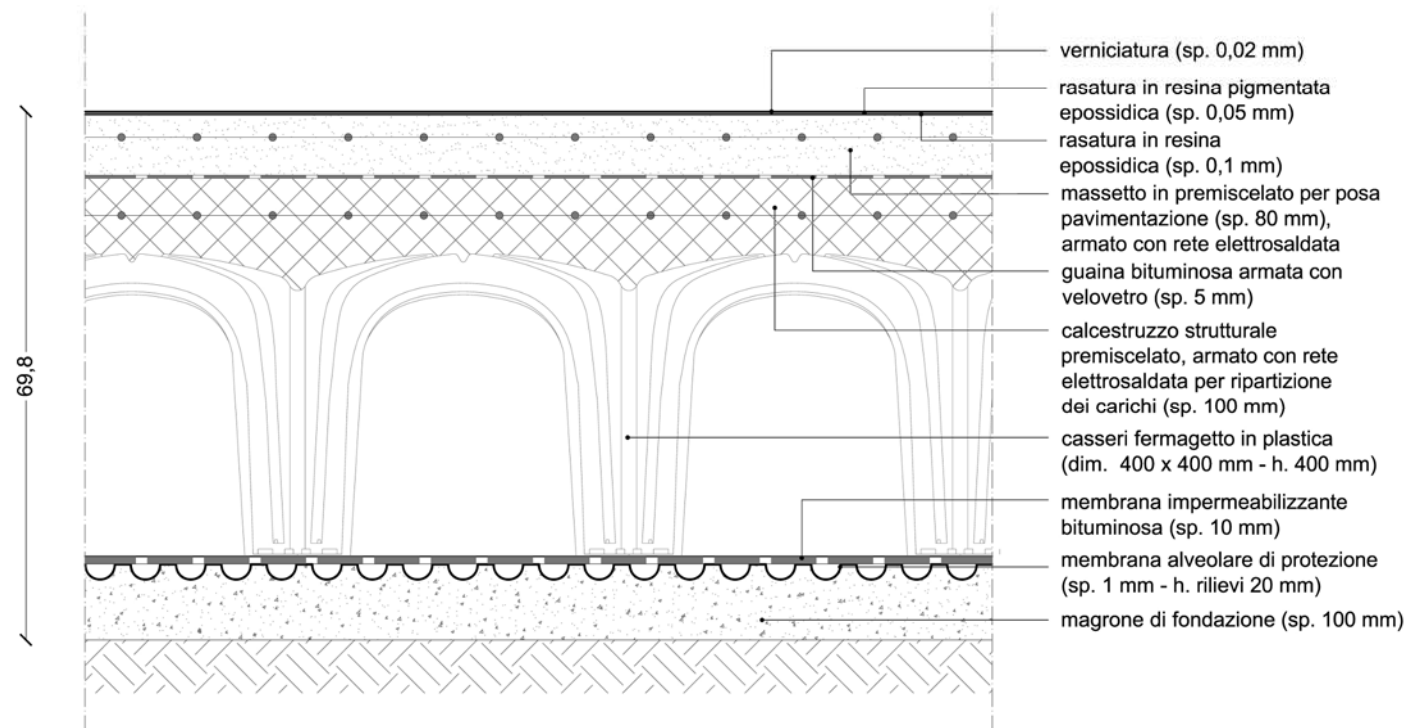
P.I.V. 02 b : PARETE INTERNA VERTICALE 02 b - Parete vano scala - locale impianti



P.I.V. 03 b : PARETE INTERNA VERTICALE 03 b - Parete tra locali impianti e autorimessa

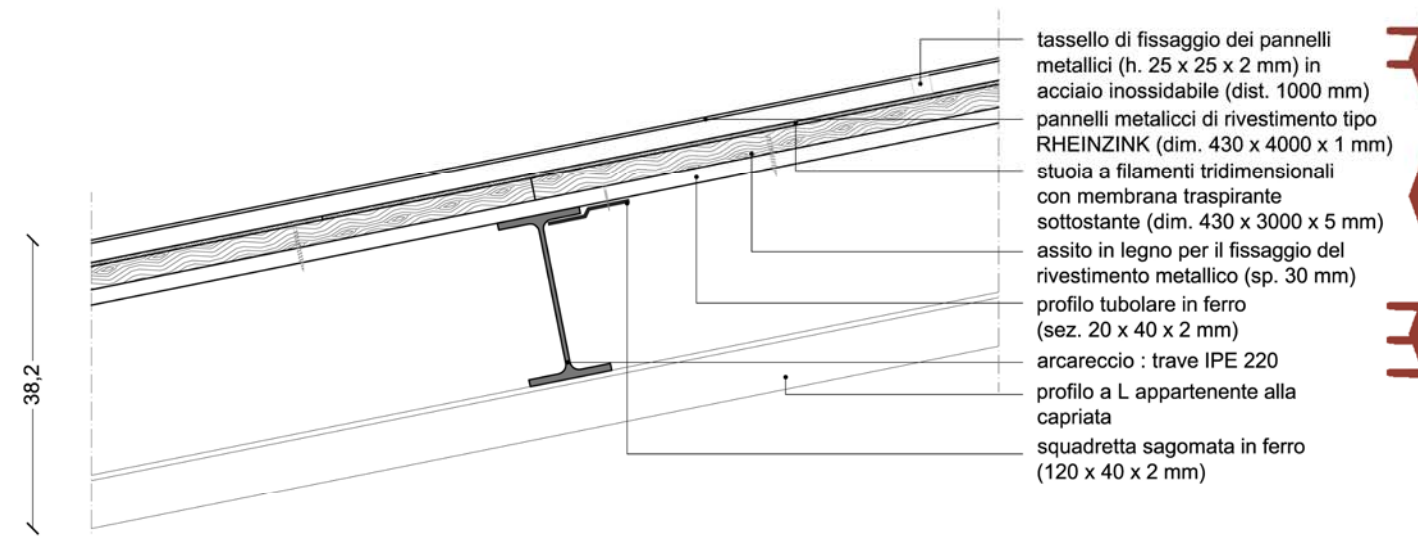


C.O. 01 b : SOLAIO CONTROTERRA 01 b - Esterno - Interrato
Solaio su igloo con pavimentazione resina epossidica multistrato



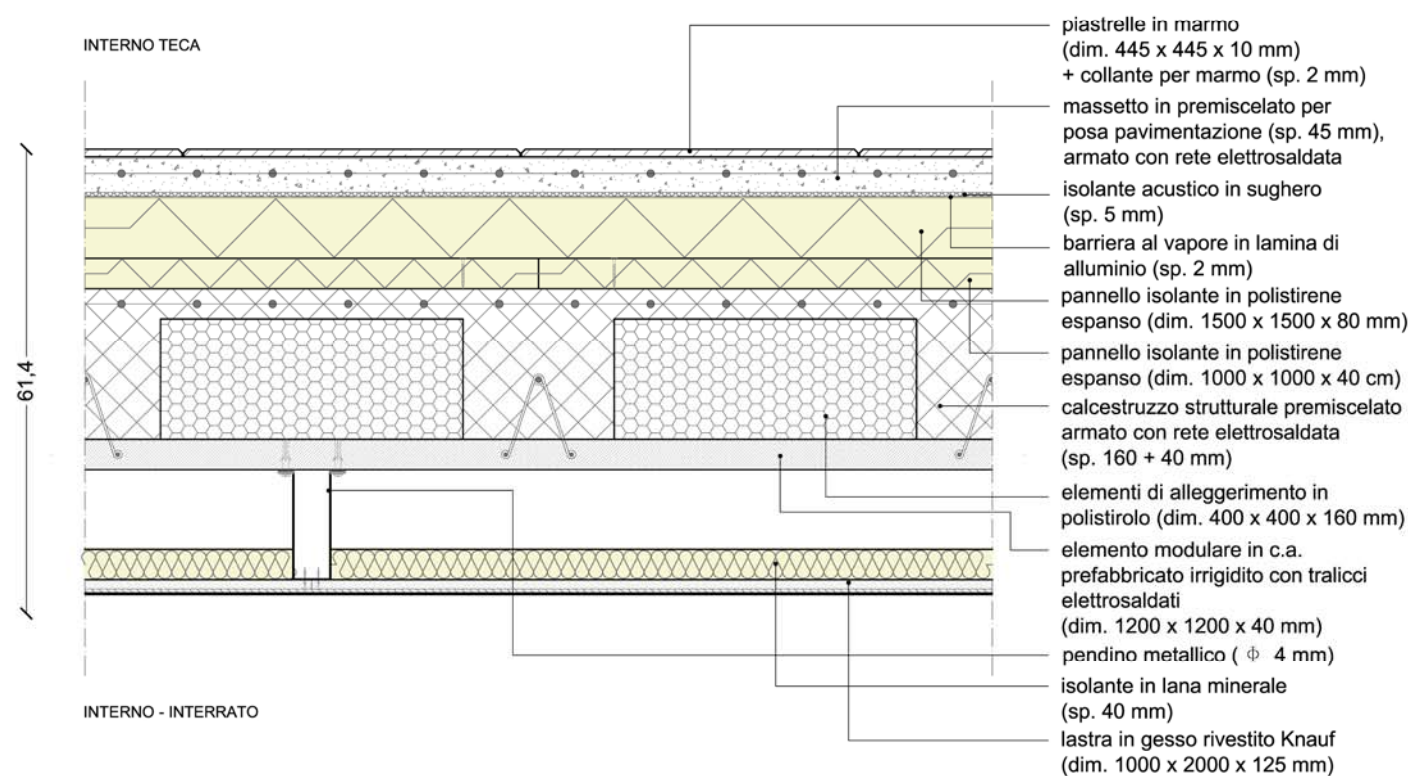
- verniciatura (sp. 0,02 mm)
- rasatura in resina pigmentata epossidica (sp. 0,05 mm)
- rasatura in resina epossidica (sp. 0,1 mm)
- massetto in premiscelato per posa pavimentazione (sp. 80 mm), armato con rete elettrosaldata
- guaina bituminosa armata con velovetro (sp. 5 mm)
- calcestruzzo strutturale premiscelato, armato con rete elettrosaldata per ripartizione dei carichi (sp. 100 mm)
- casseri fermagetto in plastica (dim. 400 x 400 mm - h. 400 mm)
- membrana impermeabilizzante bituminosa (sp. 10 mm)
- membrana alveolare di protezione (sp. 1 mm - h. rilievi 20 mm)
- magrone di fondazione (sp. 100 mm)

C.O. 02 b : COPERTURA 02 b - Esterno - Interno Teca - Falda nord
Copertura su struttura metallica con rivestimento in pannelli di zinco-titanio



- tassello di fissaggio dei pannelli metallici (h. 25 x 25 x 2 mm) in acciaio inossidabile (dist. 1000 mm)
- pannelli metallici di rivestimento tipo RHEINZINK (dim. 430 x 4000 x 1 mm)
- stuoia a filamenti tridimensionali con membrana traspirante sottostante (dim. 430 x 3000 x 5 mm)
- assito in legno per il fissaggio del rivestimento metallico (sp. 30 mm)
- profilo tubolare in ferro (sez. 20 x 40 x 2 mm)
- arcareccio : trave IPE 220
- profilo a L appartenente alla capriata
- squadretta sagomata in ferro (120 x 40 x 2 mm)

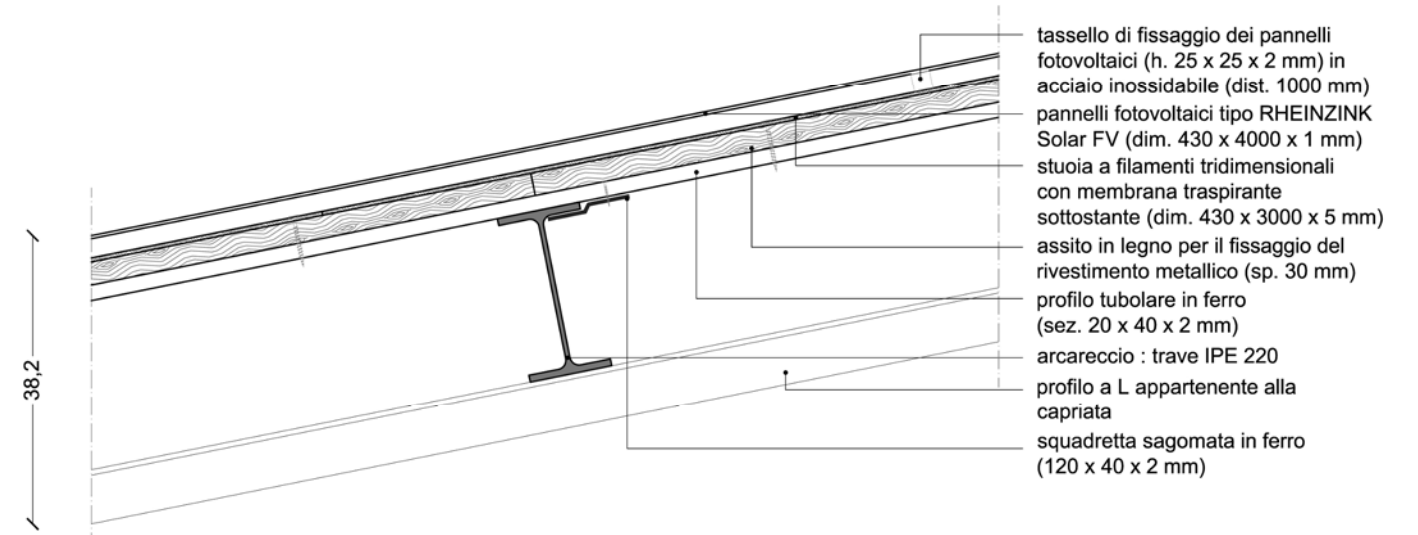
P.I.O. 01 b : SOLAIO INTERPIANO 01 b - Interrato - Piano Terra
Solaio predalles con pavimentazione in marmo e rivestimento in cartongesso tinteggiato



- piastrelle in marmo (dim. 445 x 445 x 10 mm) + collante per marmo (sp. 2 mm)
- massetto in premiscelato per posa pavimentazione (sp. 45 mm), armato con rete elettrosaldata
- isolante acustico in sughero (sp. 5 mm)
- barriera al vapore in lamina di alluminio (sp. 2 mm)
- pannello isolante in polistirene espanso (dim. 1500 x 1500 x 80 mm)
- pannello isolante in polistirene espanso (dim. 1000 x 1000 x 40 cm)
- calcestruzzo strutturale premiscelato armato con rete elettrosaldata (sp. 160 + 40 mm)
- elementi di alleggerimento in polistirolo (dim. 400 x 400 x 160 mm)
- elemento modulare in c.a. prefabbricato irrigidito con tralicci elettrosaldati (dim. 1200 x 1200 x 40 mm)
- pendino metallico (ϕ 4 mm)
- isolante in lana minerale (sp. 40 mm)
- lastra in gesso rivestito Knauf (dim. 1000 x 2000 x 125 mm)

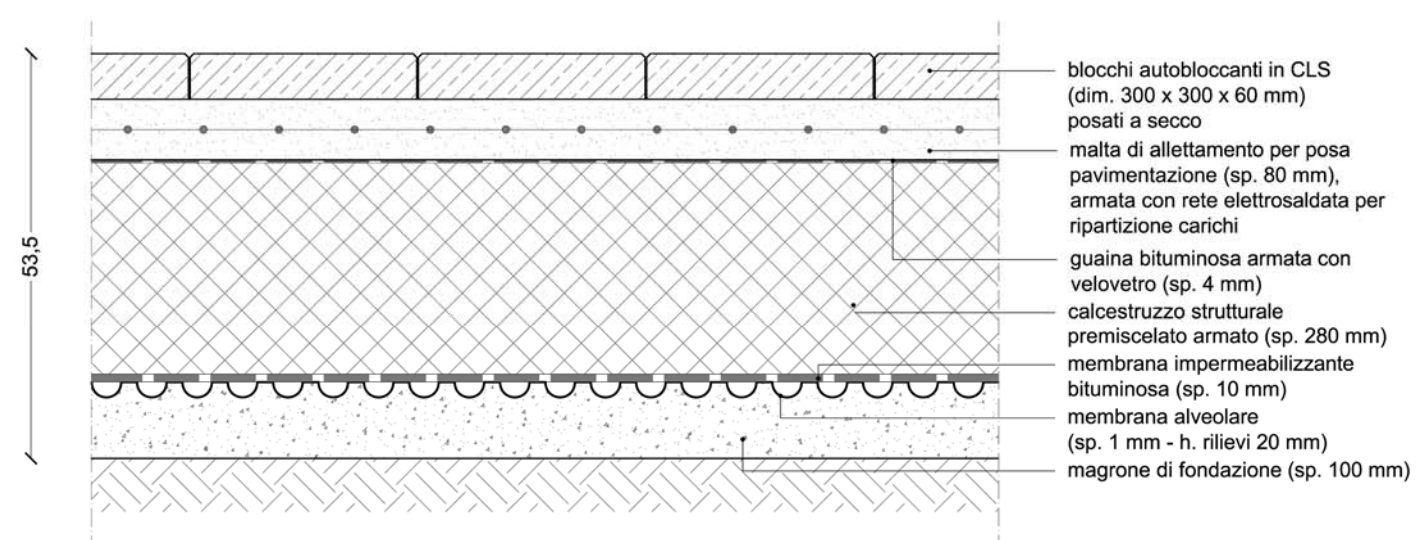
TRASMITTANZA : 0,151 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,0033
 SFASAMENTO : 27h 00'

C.O. 03 b : COPERTURA 03 b - Esterno - Interno Teca - Falda sud
Copertura su struttura metallica con rivestimento in pannelli fotovoltaici



- tassello di fissaggio dei pannelli fotovoltaici (h. 25 x 25 x 2 mm) in acciaio inossidabile (dist. 1000 mm)
- pannelli fotovoltaici tipo RHEINZINK Solar FV (dim. 430 x 4000 x 1 mm)
- stuoia a filamenti tridimensionali con membrana traspirante sottostante (dim. 430 x 3000 x 5 mm)
- assito in legno per il fissaggio del rivestimento metallico (sp. 30 mm)
- profilo tubolare in ferro (sez. 20 x 40 x 2 mm)
- arcareccio : trave IPE 220
- profilo a L appartenente alla capriata
- squadretta sagomata in ferro (120 x 40 x 2 mm)

C.O. 04 b : SOLAIO CONTROTERRA 02 b - Esterno - Esterno
Solaio in cemento con rivestimento in autobloccanti



- blocchi autobloccanti in CLS (dim. 300 x 300 x 60 mm) posati a secco
- malta di allettamento per posa pavimentazione (sp. 80 mm), armata con rete elettrosaldata per ripartizione carichi
- guaina bituminosa armata con velovetro (sp. 4 mm)
- calcestruzzo strutturale premiscelato armato (sp. 280 mm)
- membrana impermeabilizzante bituminosa (sp. 10 mm)
- membrana alveolare (sp. 1 mm - h. rilievi 20 mm)
- magrone di fondazione (sp. 100 mm)

6.2.3. Tecnologia C

Gli edifici interni all'involucro in vetro e polycarbonato costituiscono le componenti spaziali principalmente dedicate alle attività che il progetto richiede in termini di destinazioni d'uso; in questo caso particolare l'uso della tecnologia a secco risulta evidente, trattandosi di veri e propri edifici e non più di un semplice involucro.

Si osserva innanzitutto che le scelte architettoniche² vincolano la tecnologia, dati i particolari temi e colori scelti per le facciate dei vari blocchi : si ricorda innanzitutto che ad ognuna delle campate della struttura viene associato un colore, in particolare **giallo per il centro anziani, arancio per il centro giovanile, rosso per lo spazio bambini**, e che tali colori vengono riproposti sulle chiusure verticali dei blocchi, secondo due modalità, con il colore "pieno" predisposto su tutti i lati dell'edificio o con particolari trame; è evidente che i materiali di rivestimento devono associarsi a tali necessità.

Le stratigrafie a secco, in sottostruttura metallica con isolamento, hanno perciò il loro fulcro nel rivestimento esterno, e vengono perciò rivestite, nel primo caso, con semplici pannelli di **Aquapanel intonacati e tinteggiati**, nel secondo con particolari **pannelli plastici in HPL**, opportunamente serigrafati e colorati; il rivestimento interno è invece in cartongesso tinteggiato.

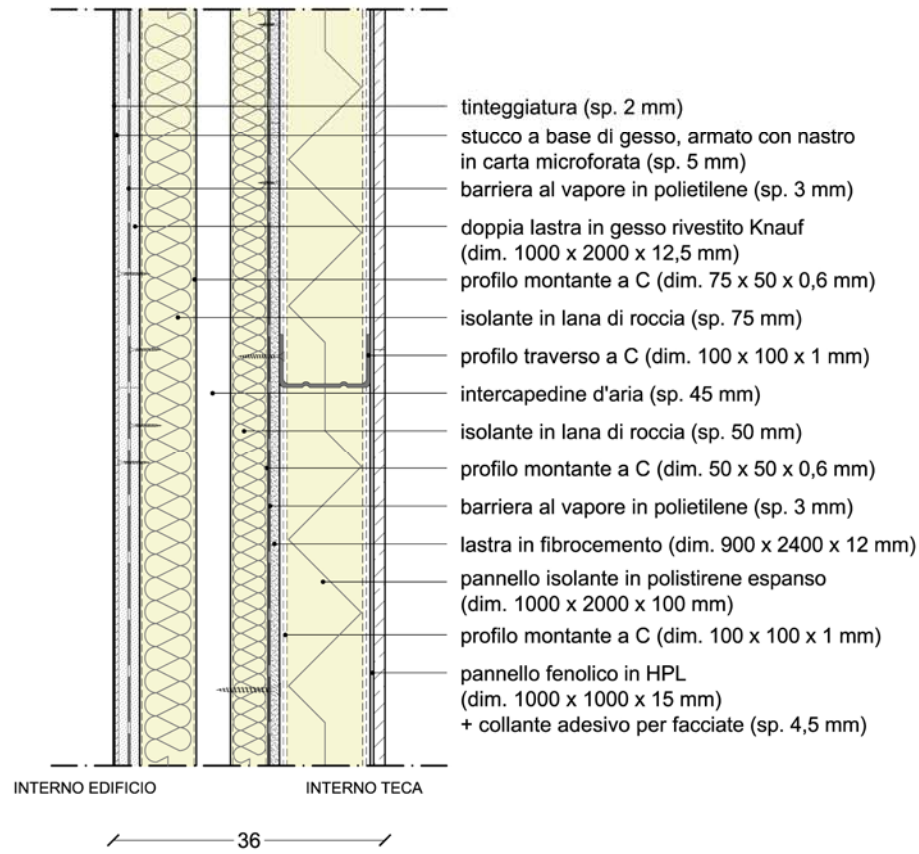
Secondo le stesse modalità a secco vengono realizzate le partizioni interne.

Per quanto riguarda invece i solai, gli unici accorgimenti riguardano l'isolamento termico e acustico (con riscaldamento a pavimento) e la previsione di particolari sistemi di rivestimento a seconda delle destinazioni d'uso.

In questo caso l'analisi energetica viene eseguita, trattandosi di edifici, in cui il riscaldamento deve essere garantito, e con la facilitazione che l'ambiente esterno è in questo caso rappresentato in realtà da un altro ambiente interno (l'involucro) che limita perciò lo sbalzo termico.

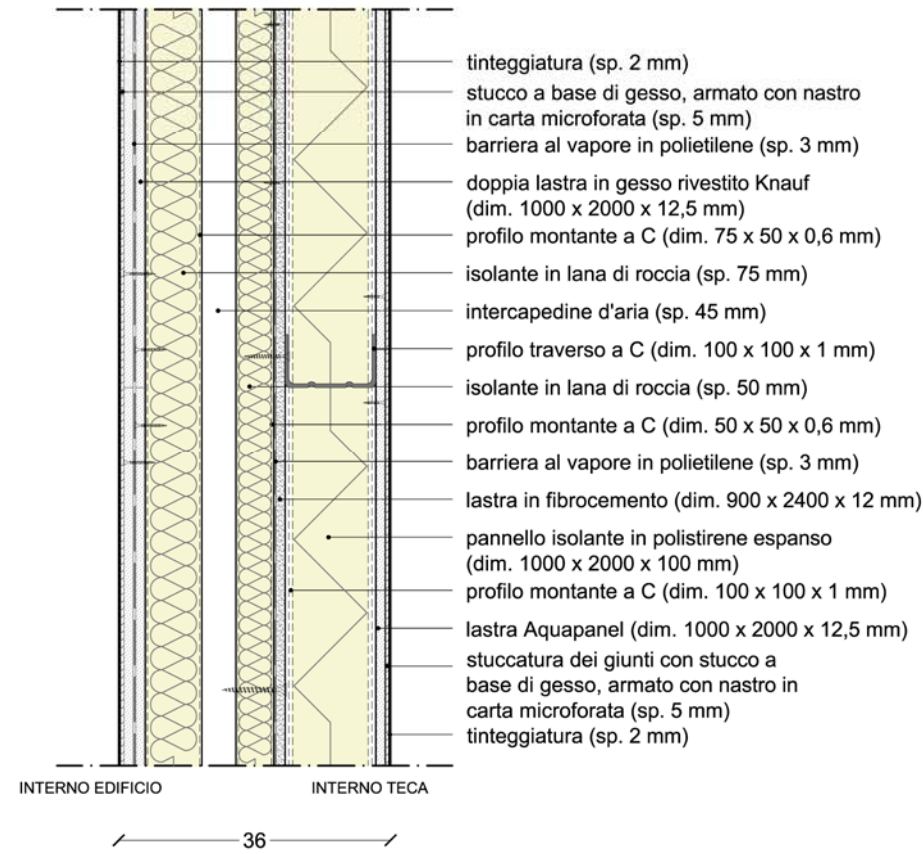
² C.f.r. " Capitolo 04 : PROGETTO ARCHITETTONICO "

C.V. 01 c : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 01 c -
Parete tra edificio e involucro con rivestimento in HPL



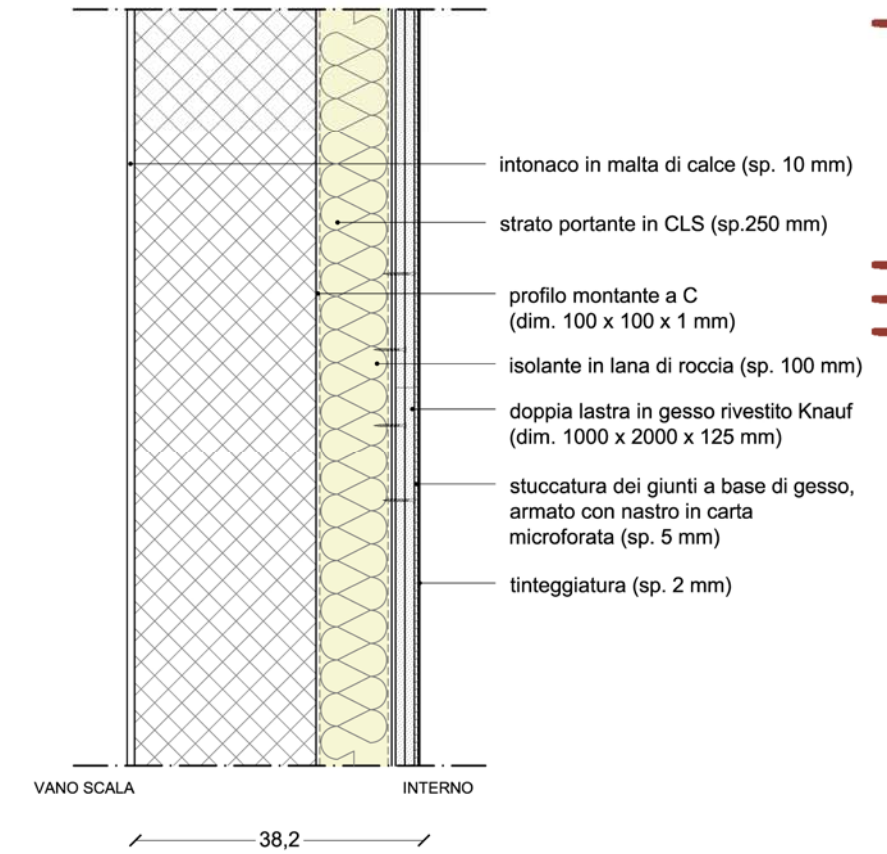
TRASMITTANZA : 0,1535 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,2704
 SFASAMENTO : 9h 48'

C.V. 02 c : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 02 c -
Parete tra edificio e involucro in Aquapanel tinteggiato



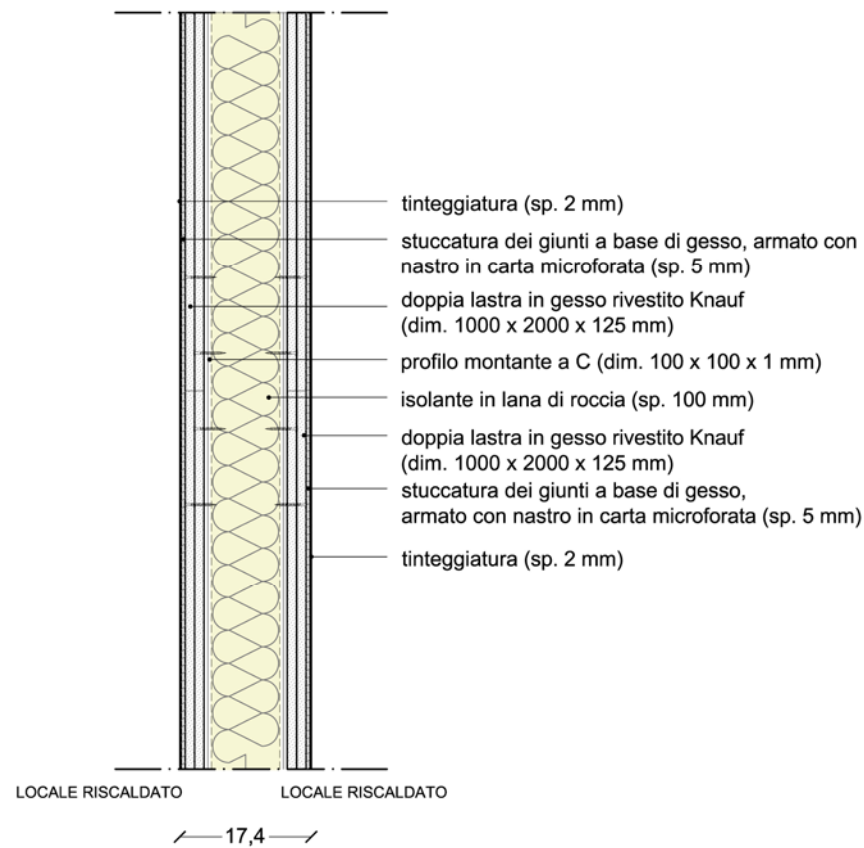
TRASMITTANZA : 0,1535 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,2696
 SFASAMENTO : 9h 38'

C.V. 03 c : PARETE PERIMETRALE VERTICALE 03 c -
Parete tra vano scala e ambiente interno



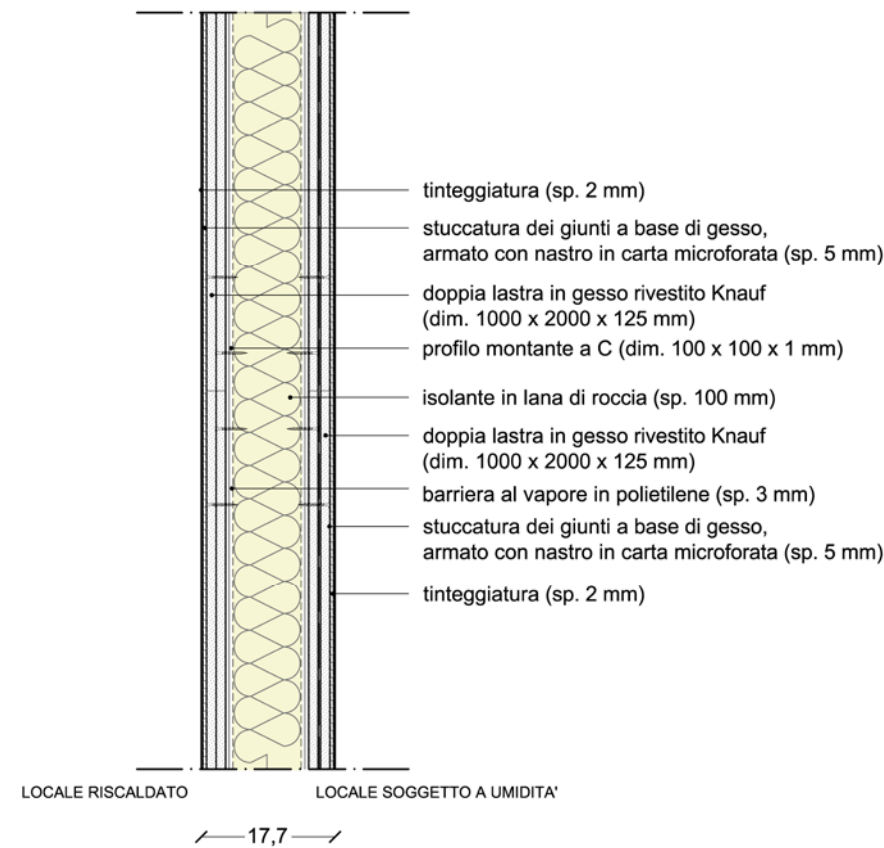
TRASMITTANZA : 0,2787 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,1489
 SFASAMENTO : 13h 06'

P.V. 01 c : PARTIZIONE INTERNA VERTICALE 01 c -
Partizione tra locali riscaldati



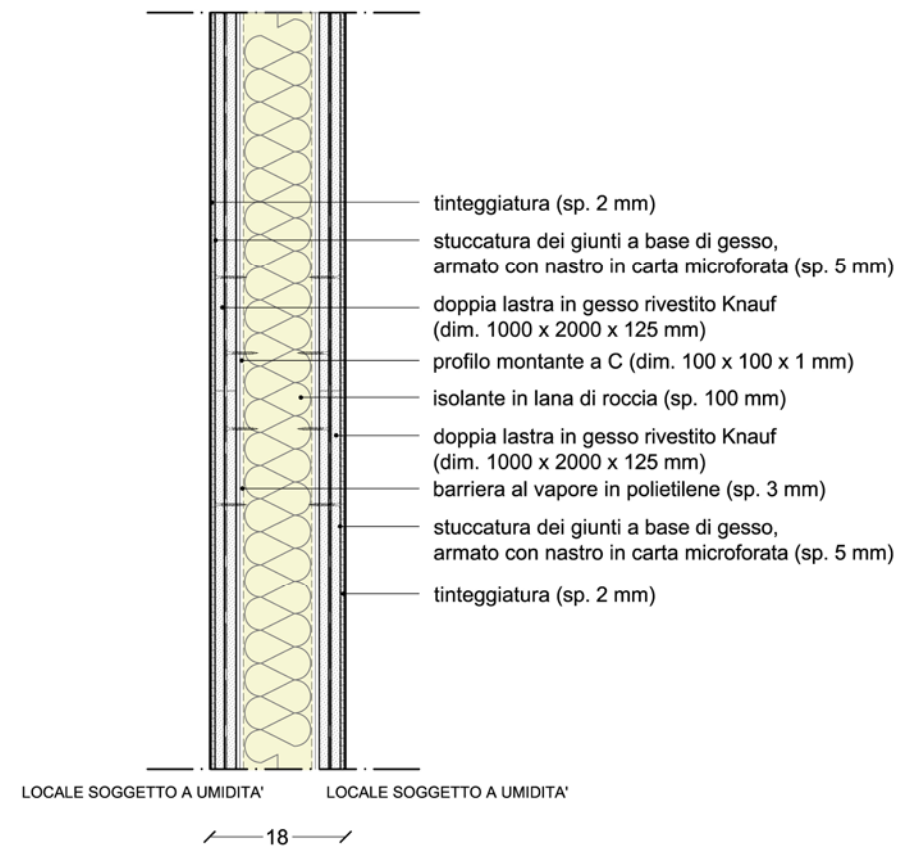
LOCALE RISCALDATO LOCALE RISCALDATO
 17,4

P.V. 02 c : PARTIZIONE INTERNA VERTICALE 02 c -
Partizione tra locale riscaldato e locale soggetto a umidità



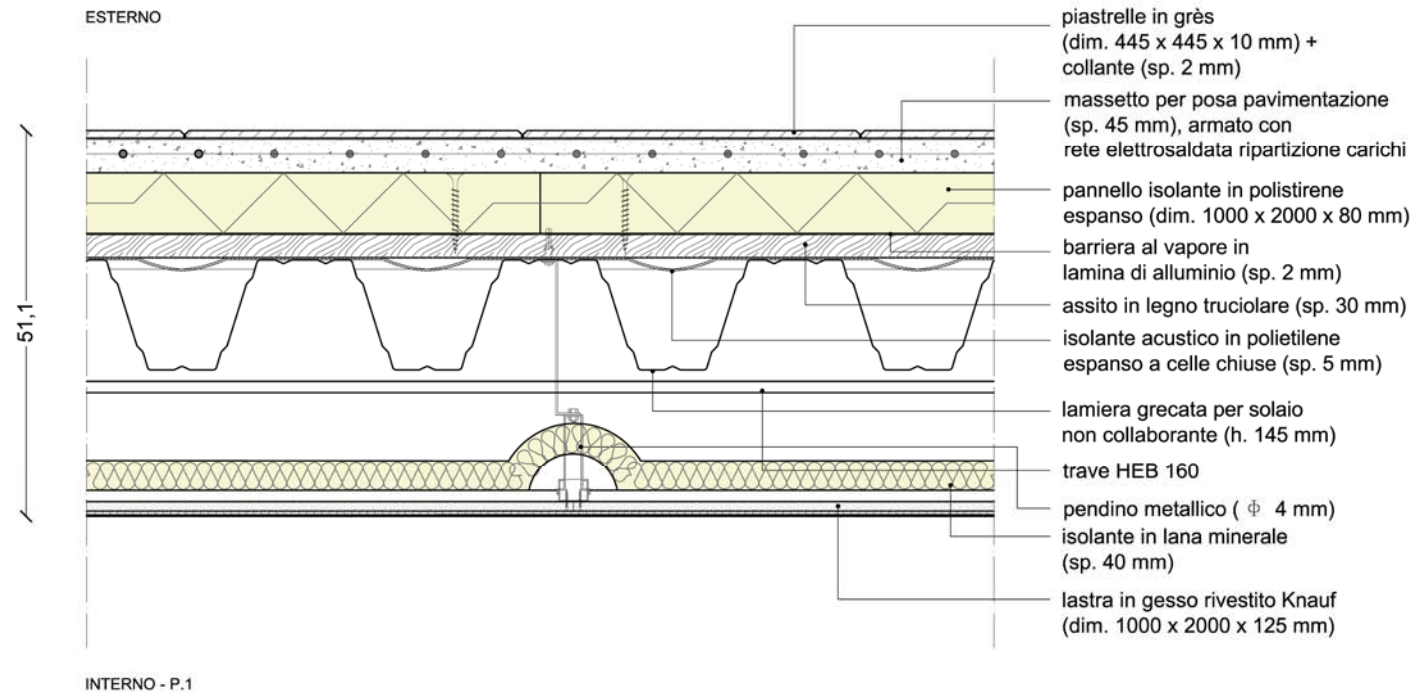
LOCALE RISCALDATO LOCALE SOGGETTO A UMIDITA'
 17,7

P.V. 03 c : PARTIZIONE INTERNA VERTICALE 03 c -
Partizione tra locali soggetti a umidità



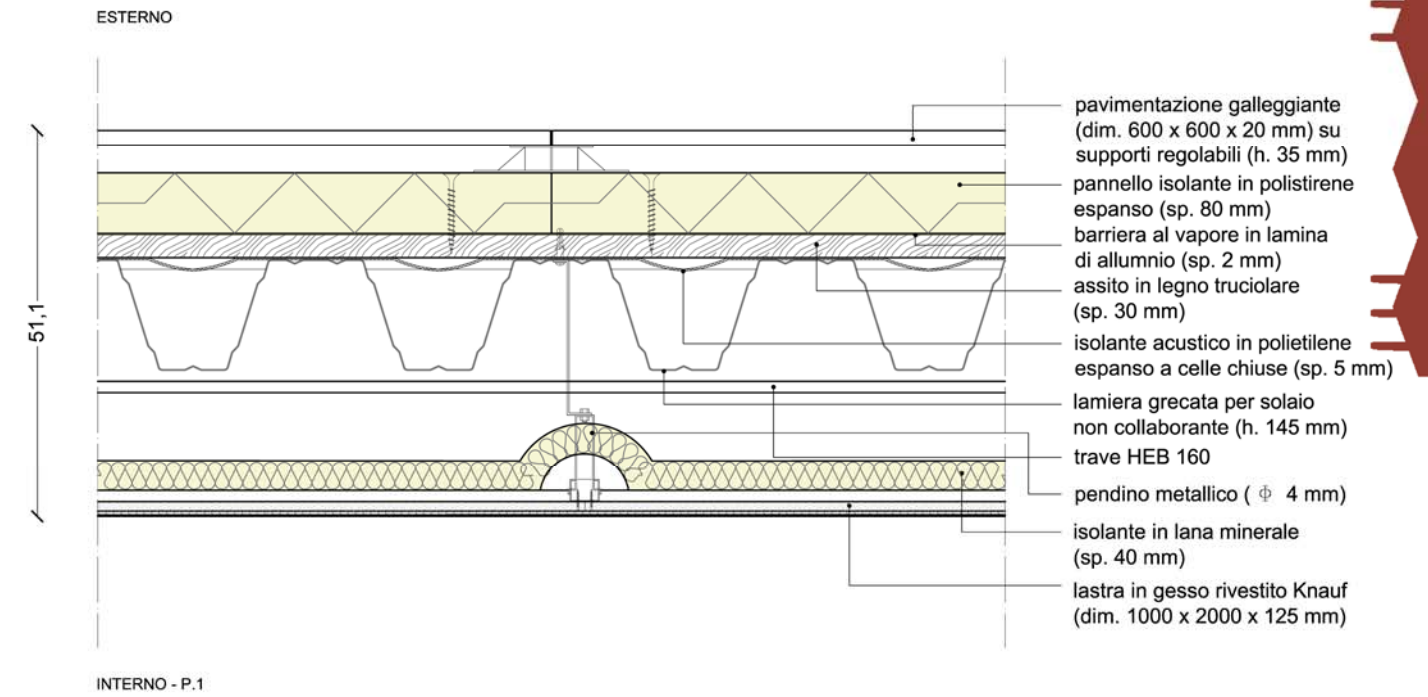
LOCALE SOGGETTO A UMIDITA' LOCALE SOGGETTO A UMIDITA'
 18

C.O. 01 c : COPERTURA PRATICABILE 01 c - Piano Primo - Esterno
Solaio su grecata con pavimentazione in gres e rivestimento in cartongesso tinteggiato



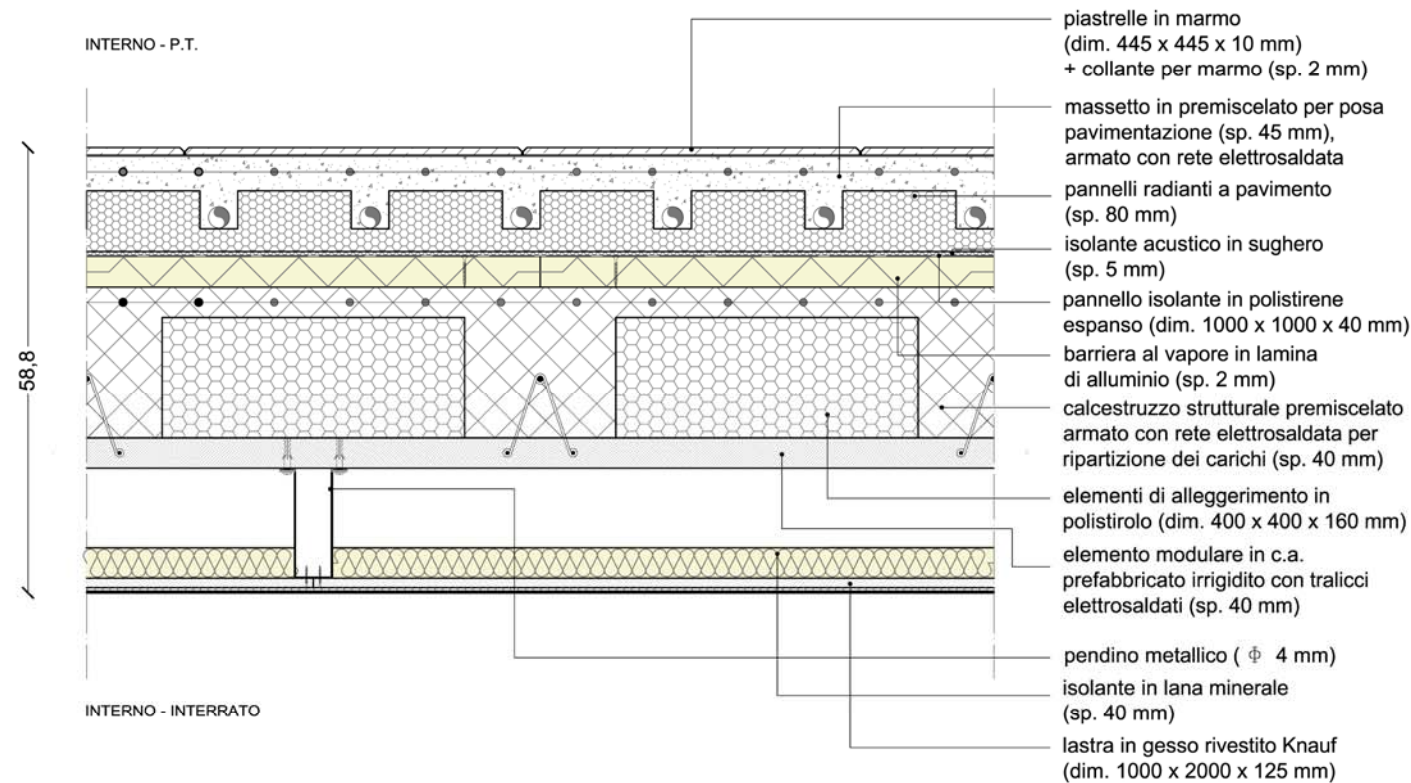
TRASMITTANZA : 0,2306 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,1507
 SFASAMENTO : 11h 36'

C.O. 02 c : COPERTURA CALPESTABILE 02 c - Piano Primo - Esterno
Solaio su grecata con pavimentazione in autobloccanti e rivestimento in cartongesso tinteggiato



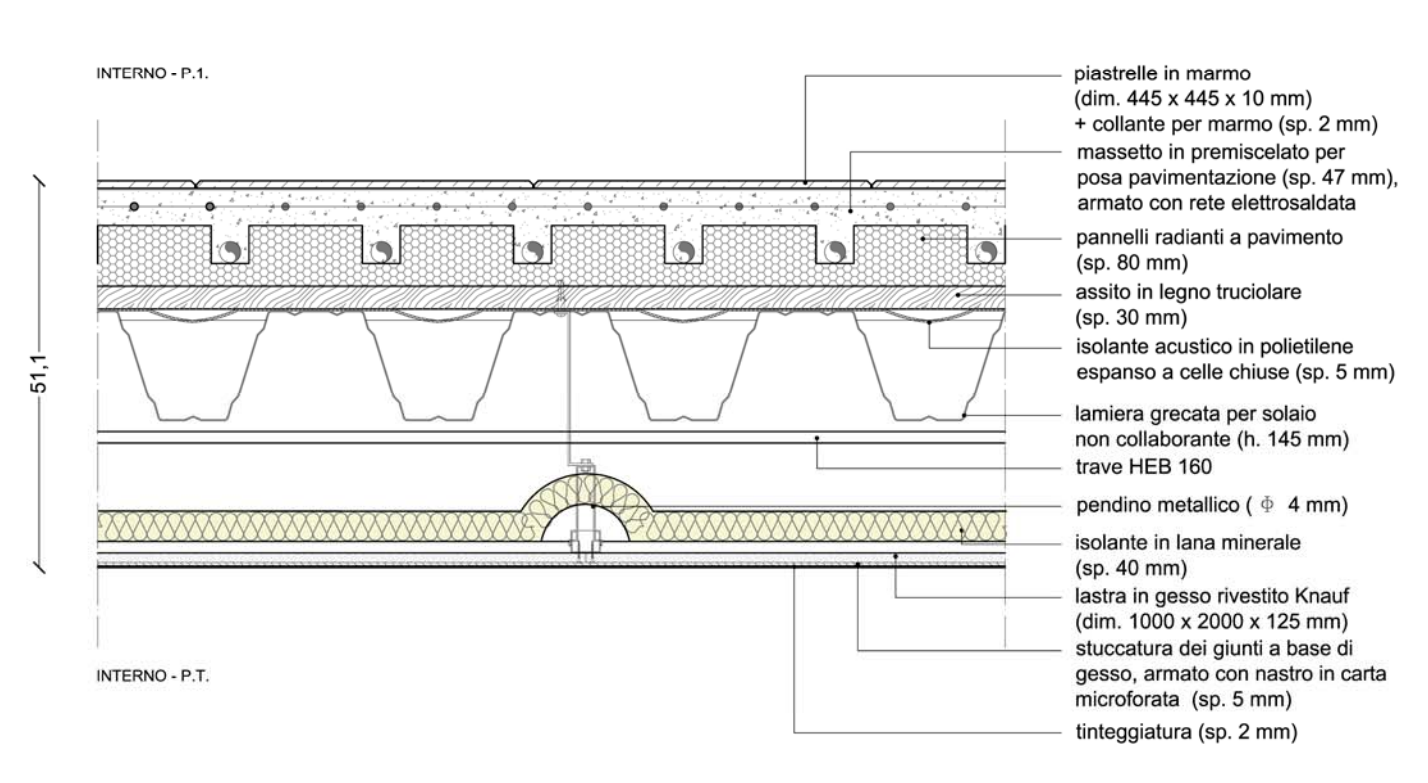
TRASMITTANZA : 0,2632 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,267
 SFASAMENTO : 7h 04'

P.I.O. 01 c : SOLAIO INTERPIANO 01 c - Interrato - Piano Terra
Solaio predalles con pavimentazione in marmo e rivestimento in cartongesso tinteggiato



TRASMITTANZA : 0,1894 W/m²K
 ATTENUAZIONE : 0,0005
 SFASAMENTO : 34h 38'

P.I.O. 02 c : SOLAIO INTERPIANO 02 c - Piano Terra - Piano Primo
Solaio predalles con pavimentazione in marmo e rivestimento in cartongesso tinteggiato



6.2.3.1. Analisi e risultati prestazionali

Anche in questo caso si riportano i risultati ottenuti dalle analisi prestazionali dei pacchetti relativi ai blocchi interni alla teca vetrata, poiché a differenza di quest'ultima, gli edifici sono riscaldati e vanno valutati in quanto inseriti in un contesto non esterno ma comunque freddo.

Come prima, ci si serve del software di calcolo **JTEMPEST**.

P.I.O. 01 c - Solaio predalles interrato - piano terra

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	LAN	lana di roccia 4	0,04	1,10	60,00	1029,264
	SOL	Predalle PSE 10 kg sp.20 cm.rif.2.4.03	0,20	0,51	10,00	836,80
	MAS	massetto 4	0,04	0,4301	1620,00	836,80
	POL	pol 4	0,04	1,66	20,00	83680,00
	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,00	0,00	2700,00	962,32
	RAD	pannello 8	0,08	0,88	35,00	83680,00
	MAS	massetto 4	0,04	0,4301	1620,00	836,80
	VAR	Piastrelle in ceramica	0,01	0,01	2300,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 67 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CO INTERRATO
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Pavimento, solaio su porticato cantinato
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	9
Spessore totale	0,4625 m
Resistenza termica totale	5,2788 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,1894 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,38 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,33 W/(m ² K)
Attenuazione	0,0005
Sfasamento	34 h 38'

Tabella 68 : Proprietà della struttura

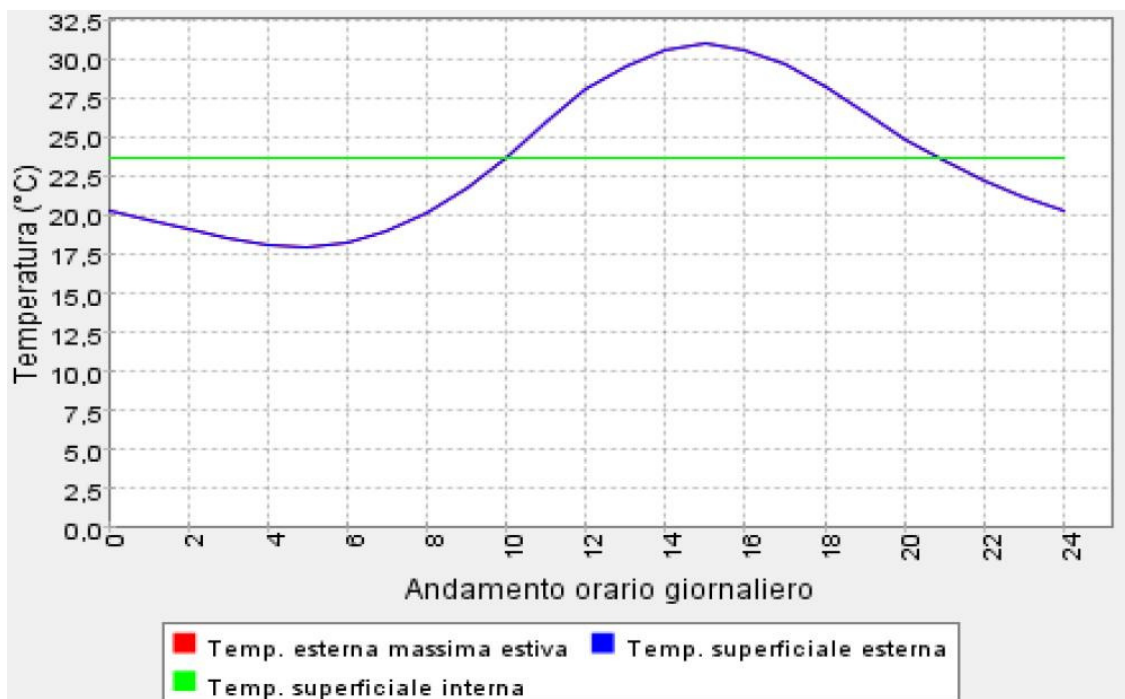


Grafico 20 : Andamento giornaliero della temperatura

C.O. 01 c - Copertura praticabile

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Piastrelle in ceramica	0,01	0,01	2300,00	836,80
	MAS	Massetto	0,05	0,5376	1620,00	836,80
	POL	pol 8	0,08	2,2222	35,00	1715,4399
	LEG	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,03	0,2083	800,00	2092,00
	LAN	lana di roccia 4	0,04	1,10	60,00	1029,264
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 69 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	COPERTURA PIANA
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Copertura, tetto, soffitto
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	6
Spessore totale	0,2225 m
Resistenza termica totale	4,3368 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,2306 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,32 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,30 W/(m ² K)
Attenuazione	0,1507
Sfasamento	11 h 36'

Tabella 70 : Proprietà della struttura

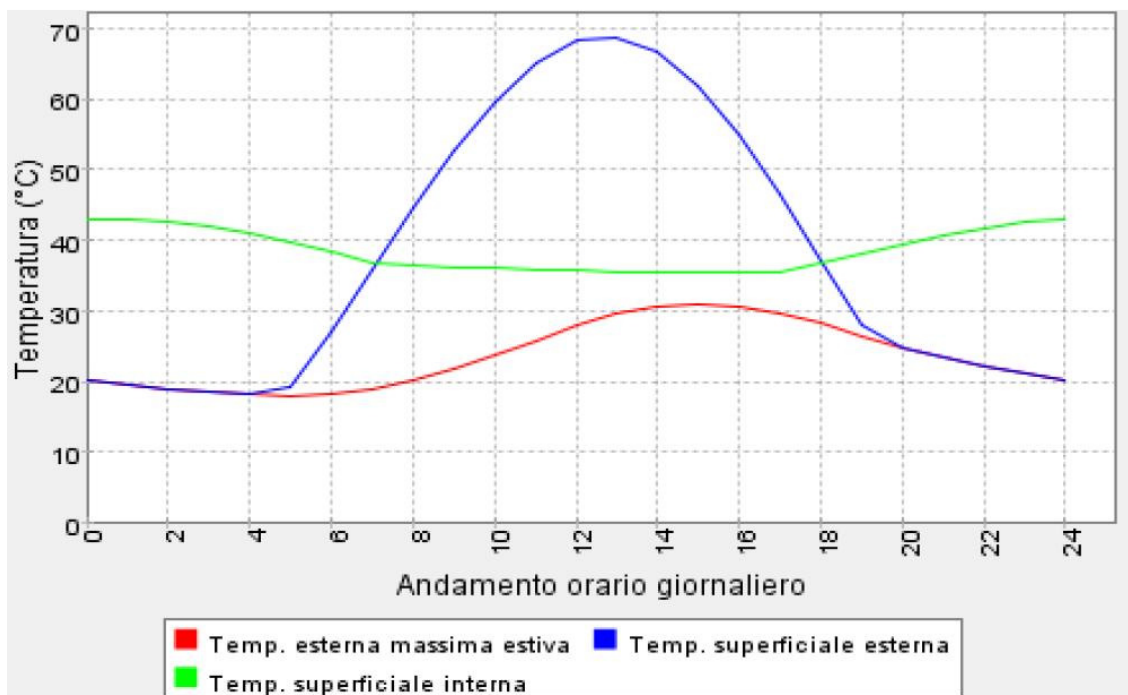


Grafico 21 : Andamento giornaliero della temperatura

C.O. 02 c - Copertura calpestabile

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Piastrelle in ceramica	0,01	0,01	2300,00	836,80
	POL	pol 8	0,08	2,2222	35,00	1715,4399
	LEG	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,03	0,2083	800,00	2092,00
	LAN	lana di roccia 4	0,04	1,10	60,00	1029,264
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 71 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	COPERTURA PIANA
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Copertura, tetto, soffitto
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	5
Spessore totale	0,1725 m
Resistenza termica totale	3,7992 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,2632 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,32 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,30 W/(m ² K)
Attenuazione	0,267
Sfasamento	7 h 4'

Tabella 72 : Proprietà della struttura

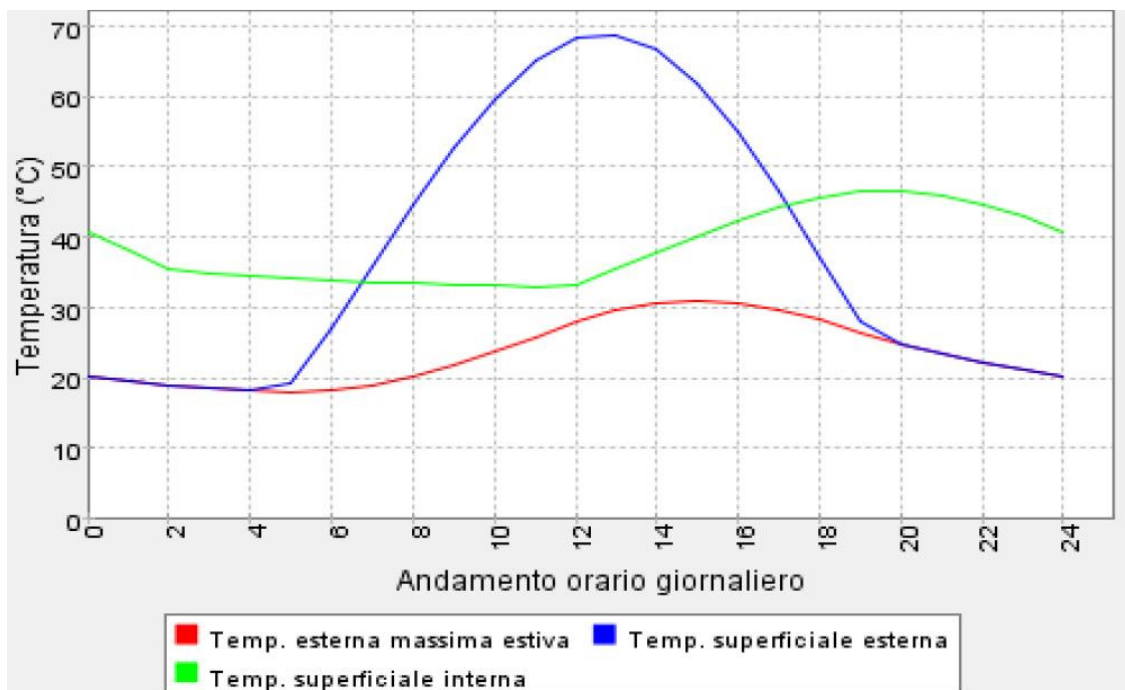


Grafico 22 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 01 c - Parete tra blocchi interni e teca, rivestimento HPL

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	PLA	Resine fenoliche con cariche organiche	0,01	0,0333	1400,00	1255,2001
	POL	Polistirene espanso	0,10	2,60	150,00	1029,264
	PAN	Aquapanel	0,0125	0,0357	1050,00	836,80
	PLA	Polietilene (PE)	0,003	0,0086	950,00	2092,00
	LAN	lana di roccia 8	0,08	2,25	60,00	836,80
	INA	Camera non ventilata sp. mm 50	0,05	0,16	1,00	1004,16
	LAN	lana di roccia 4	0,04	1,10	60,00	1029,264
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	FRV	DuPont™ Tyvek® SD2	0,0003	0,0015	360,00	2099,9497
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,005	0,0071	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 73 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV HPL
Localizzazione	BERGAMO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	11
Spessore totale	0,3258 m
Resistenza termica totale	6,5144 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,1535 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,2704
Sfasamento	9 h 48'

Tabella 74 : Proprietà della struttura

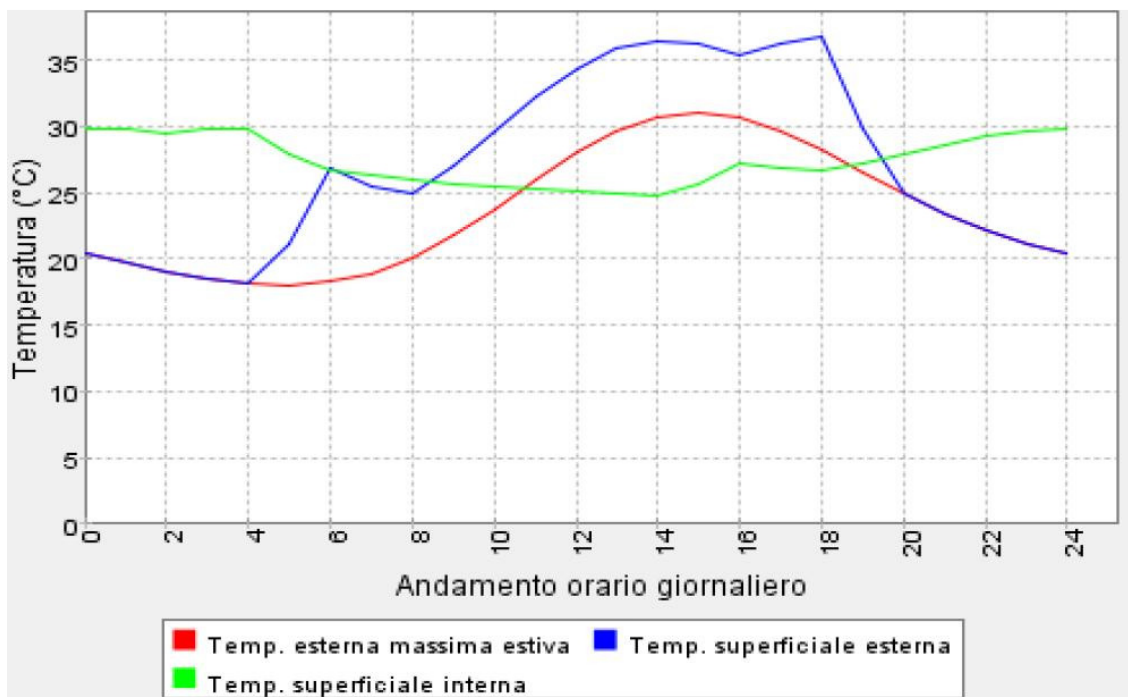


Grafico 23 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 02 c - Parete tra blocchi interni e teca, rivestimento Aquapanel

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m²K/W]	Densità [kg/m³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	PAN	Aquapanel	0,0125	0,0357	1050,00	836,80
	POL	Polistirene espanso	0,10	2,60	150,00	1029,264
	PAN	Aquapanel	0,0125	0,0357	1050,00	836,80
	PLA	Polietilene (PE)	0,003	0,0086	950,00	2092,00
	LAN	lana di roccia 4	0,04	1,10	60,00	1029,264
	INA	Camera non ventilata sp. mm 50	0,05	0,16	1,00	1004,16
	LAN	lana di roccia 8	0,08	2,25	60,00	836,80
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	FRV	DuPont™ Tyvek® SD2	0,0003	0,0015	360,00	2099,9497
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	INT	Intonaco di calce e gesso	0,005	0,0071	1400,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 75 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	CV AQUAPANEL
Localizzazione	PRESEZZO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	11
Spessore totale	0,3283 m
Resistenza termica totale	6,5168 m²K/W
Trasmittanza termica totale	0,1535 W/(m²K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m²K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m²K)
Attenuazione	0,2696
Sfasamento	9 h 38'

Tabella 76 : Proprietà della struttura

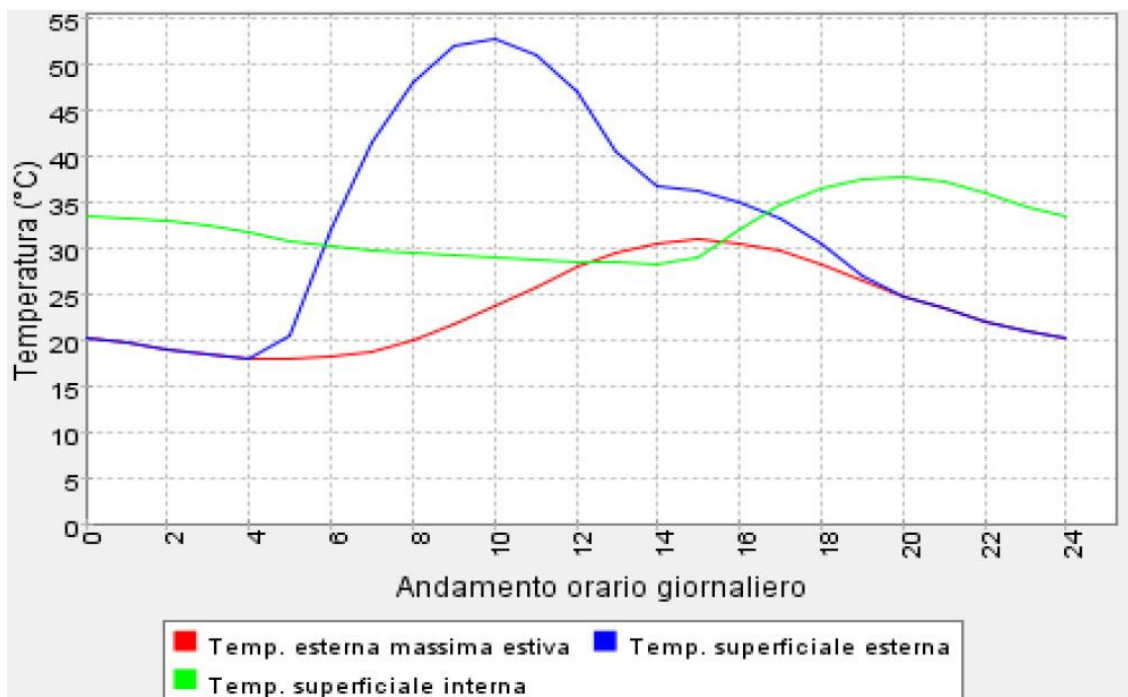


Grafico 24 : Andamento giornaliero della temperatura

C.V. 03 c - Parete tra vano scala e ambienti interni

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Densità [kg/m ³]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0,01	0,0111	1800,00	836,80
	CLS	CLS per pareti interne o esterne protette -	0,25	0,6579	1000,00	836,80
	LAN	lana di roccia 10	0,10	2,60	150,00	1029,264
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	FRV	DuPont™ Tyvek® SD2	0,0003	0,0015	360,00	2099,9497
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 77 : Composizione degli strati della struttura

Nome struttura	VANO SCALA
Localizzazione	BERGAMO (BG)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	6
Spessore totale	0,3853 m
Resistenza termica totale	3,5887 m ² K/W
Trasmittanza termica totale	0,2787 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,37 W/(m ² K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,34 W/(m ² K)
Attenuazione	0,1489
Sfasamento	13 h 6'

Tabella 78 : Proprietà della struttura

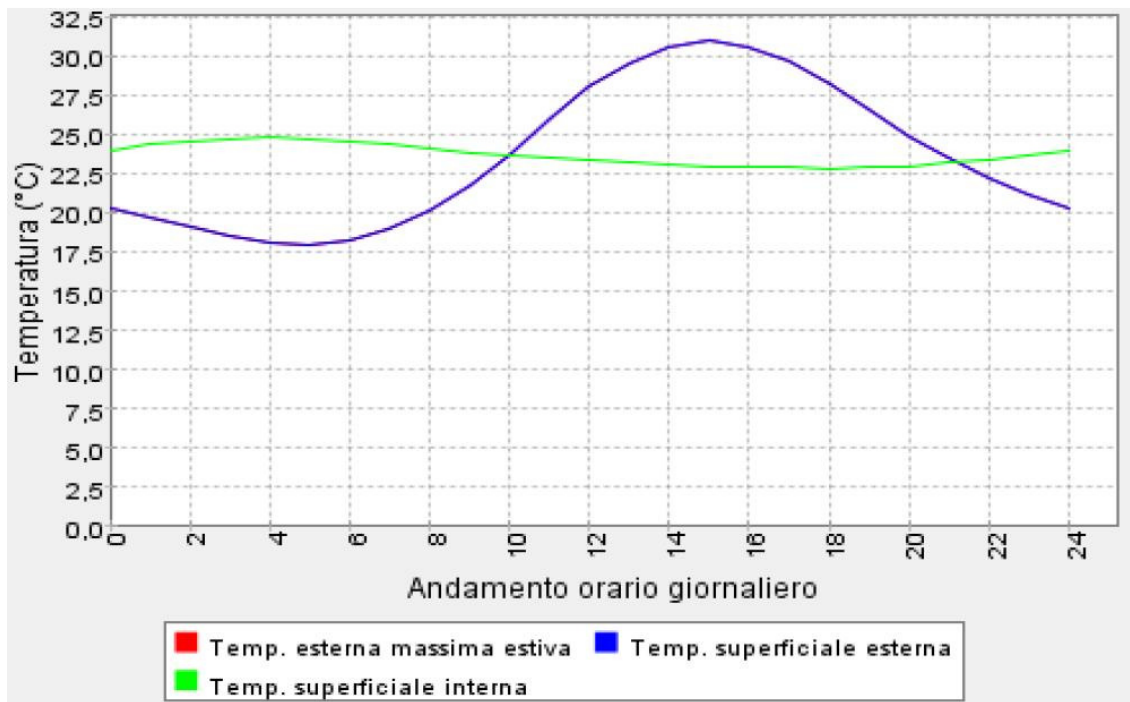


Grafico 25 : Andamento giornaliero della temperatura

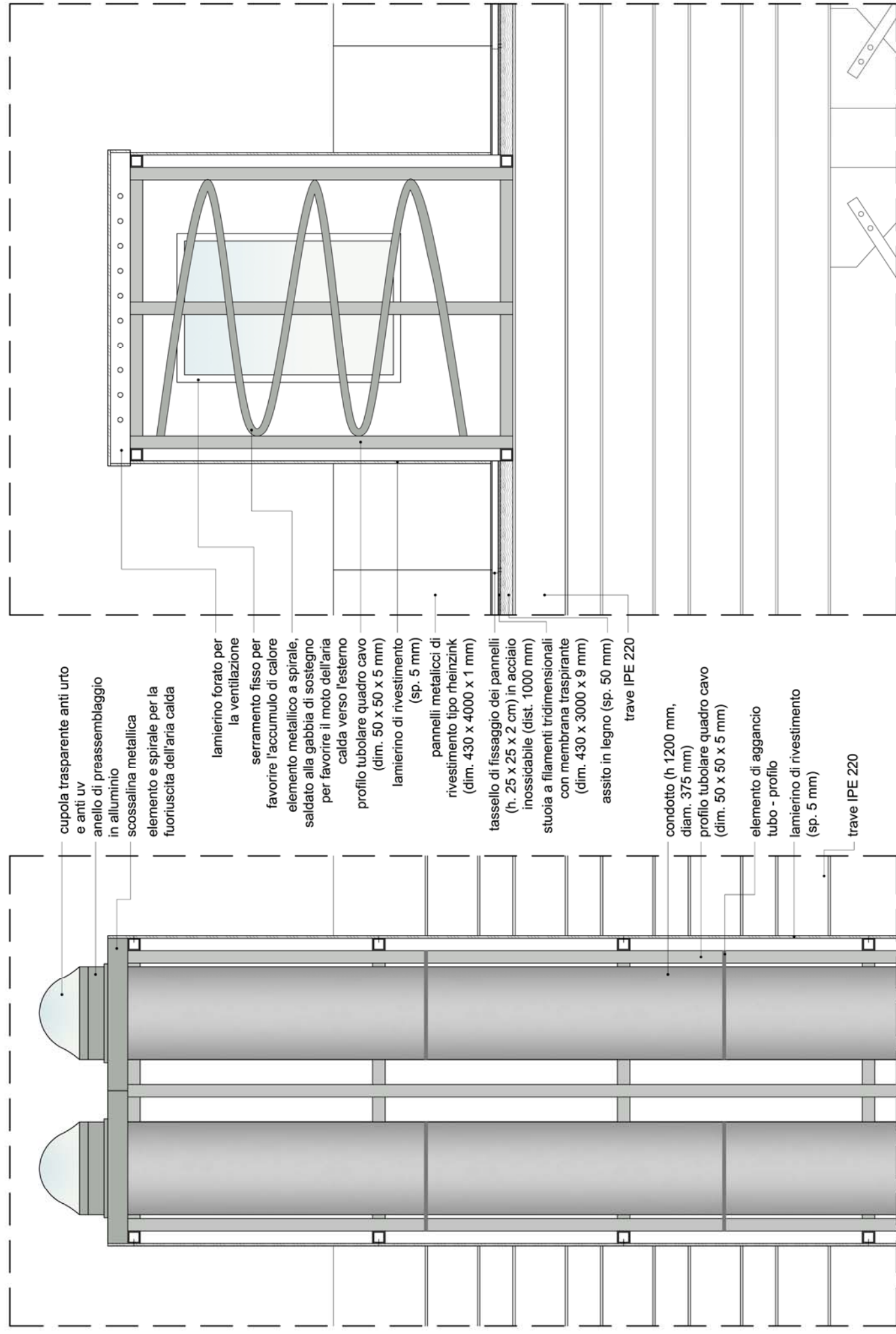
6.3. STUDI DI DETTAGLIO

6.3.1. Sezioni verticali e spaccato assonometrico

Una volta definiti i pacchetti tecnologici dei tre moduli presi in esame, si effettuano degli studi più approfonditi attraverso la realizzazioni di sezioni verticali in scala 1:20, con il fine di mettere in evidenza i nodi più critici, e dimostrare l'assenza di ponti termici. In particolare si analizza l'intersezione tra le chiusure orizzontali e la ciminiera solare, mettendo in evidenza la struttura di sostegno della stessa e il suo aggancio con il solaio. Allo stesso modo si mostrano le intersezioni tra i camini di luce e di ventilazione con la copertura a falda dell'involucro esterno. Vista l'importanza dei due elementi camino, si esegue anche una vista tridimensionale (spaccato assonometrico) che metta in evidenza la loro composizione e quindi capirne meglio la funzionalità.

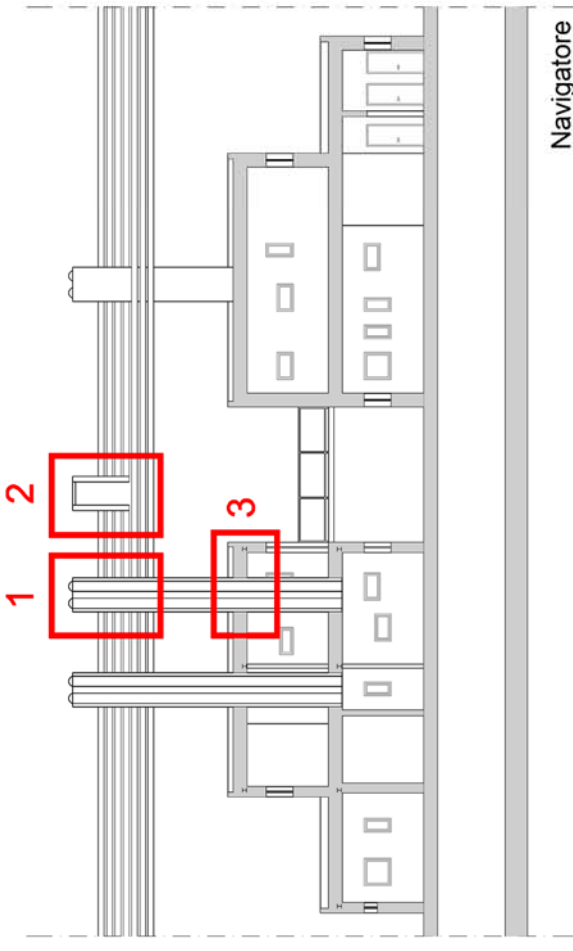
Il camino di luce è costituito al suo interno da doppio tunnel solare **VELUX**, chiusi in sommità da un cupolino agganciato a sua volta da una scossalina di chiusura; sono stati inseriti dei "lacci" di raccordo tra i tunnel e la gabbia strutturale del camino, al fine di garantire resistenza e solidità per degli elementi particolarmente alti e lunghi.

Invece il camino di ventilazione è costituito dalla medesima gabbia metallica di sostegno che si aggancia alla struttura stessa della teca vetrata; è costituito al suo interno da una spirale saldata alla struttura stessa, da un serramento fisso rivolto a sud e da un "cappello" metallico forato per la ventilazione. Entrambe le tipologie di camino sono rivestite da una sottile lamiera metallica, fissata alla struttura sottostante con delle viti. Le gabbie metalliche di sostegno dei due elementi sono state studiate e dimensionate al fine di garantire una certa solidità e resistenza alle sollecitazioni; si è posta particolare attenzione ai camini di luce che sono particolarmente alti.

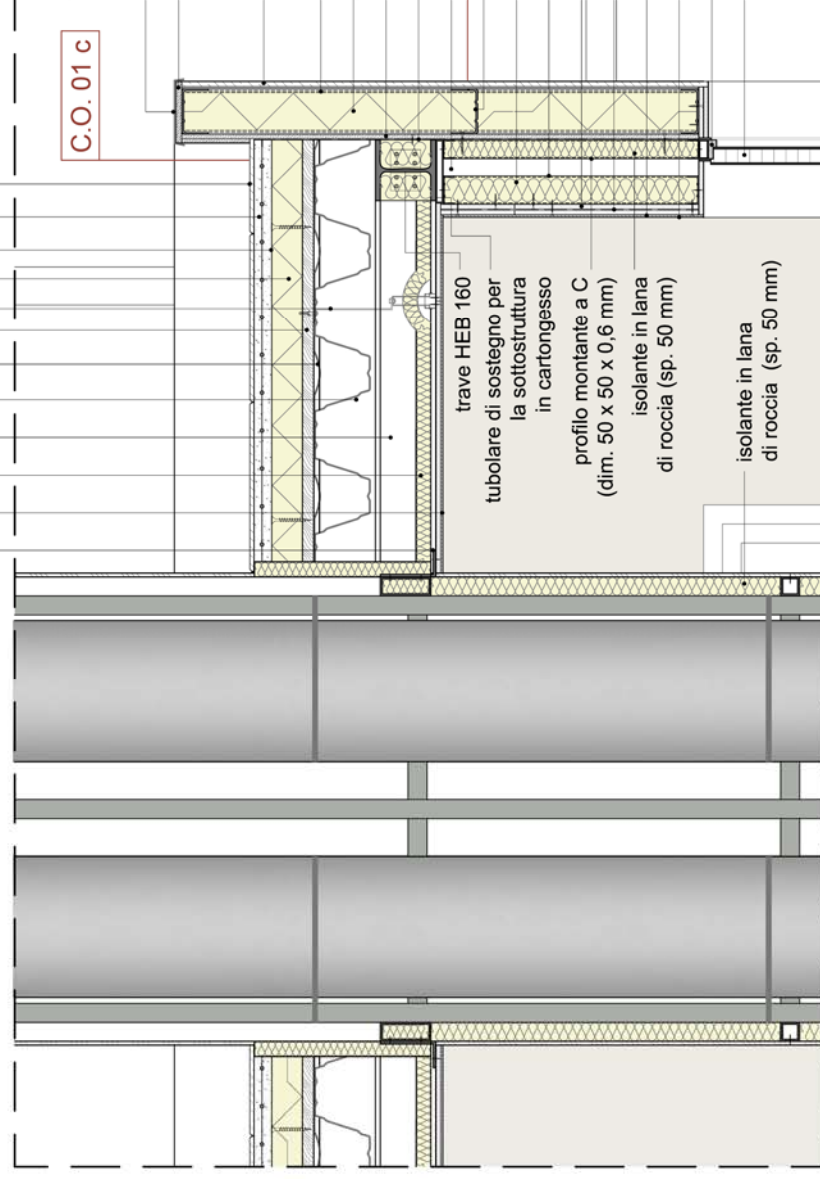


Particolare 1

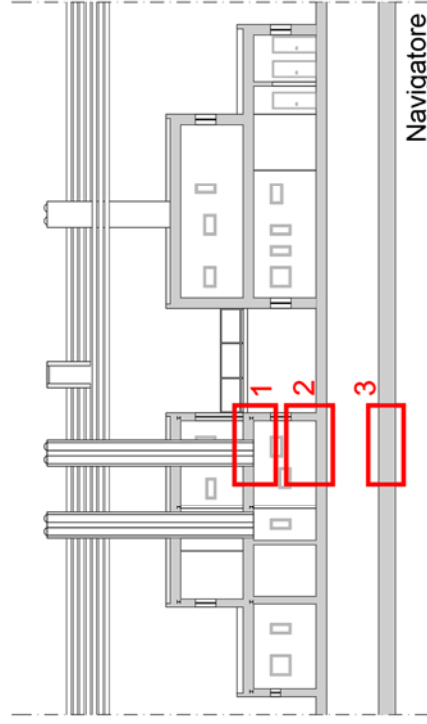
Particolare 2



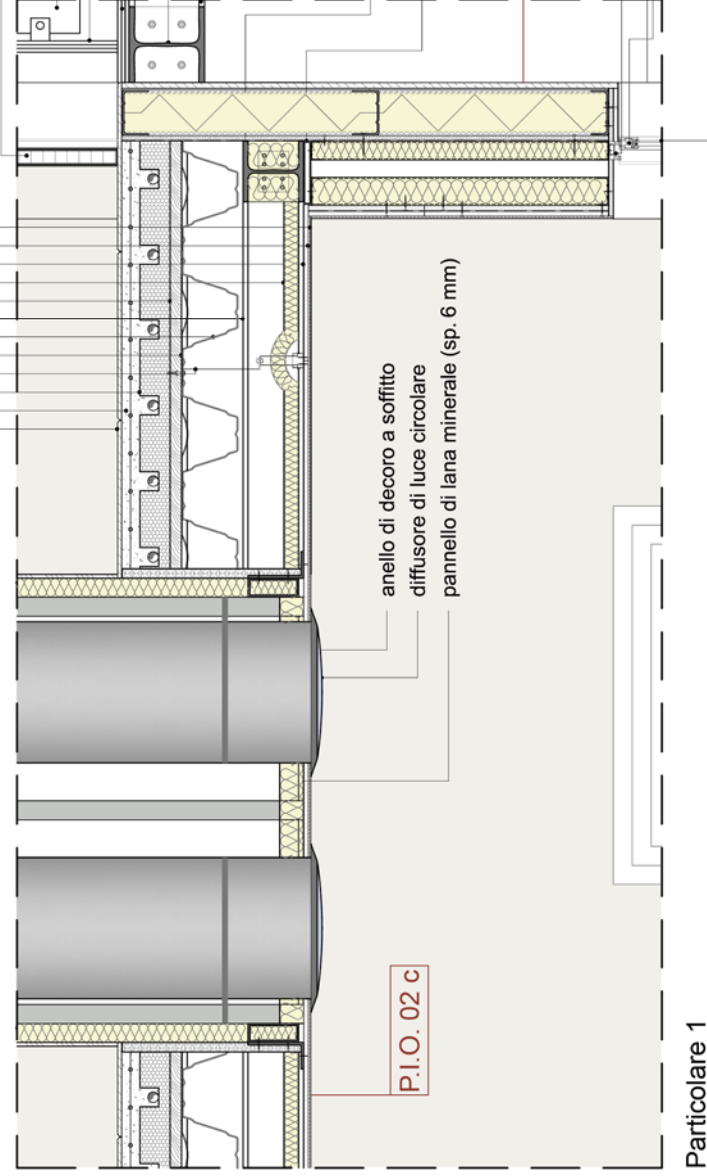
piastrelle in gres (dim. 445 x 445 x 10 mm) + collante (sp. 2 mm), massetto in premiscelato per posa pavimentazione (sp. 45 mm), armato con rete elettrosaldata per ripartizione carichi
barriera al vapore in lamina di alluminio (sp. 2 mm)
pannello in polistirene espanso (dim. 1000 x 2000 x 80 mm)
pendino metallico (Ø 4 mm)
assito in legno truciolare (sp. 30 mm)
isolante acustico in polietilene espanso a celle chiuse (sp. 5 mm)
lamiera grecata per solaio non collaborante (h. 145 mm)
trave HEB 160
isolante in lana minerale (sp. 40 mm)
lastra in gesso rivestito Knauf (dim. 1000 x 2000 x 125 mm)
profilo sagomato a L, a sostegno delle lastre di gesso



Particolare 3



Navigatore

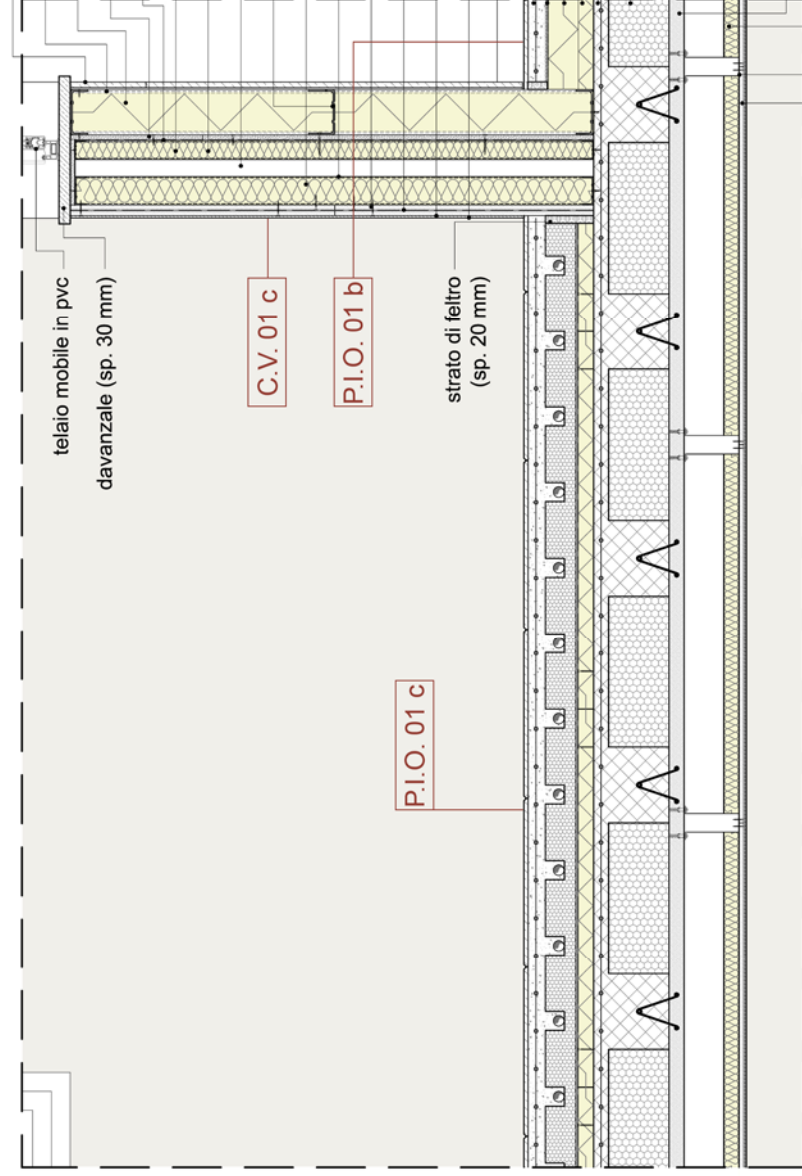


Particolare 1

- piastrelle in marmo bianco (dim. 445 x 445 x 10 mm) + colla per marmo (sp. 2 mm)
- massetto premiscelato posa pavimentazione (sp. 47 mm), armato con rete elettros.
- pannelli radianti a pavimento (sp. 80 mm)
- pendino metallico (Φ 4 mm)
- isolante acustico in polietilene espanso a celle chiuse (sp. 5 mm)
- lamiera grecata per solaio non collaborante (h. 145 mm)
- trave HEB 160
- assito in legno truciolare (sp. 30 mm)
- isolante in lana minerale (sp. 40 mm)
- lastra in gesso rivestito Knauf (dim. 1000 x 2000 x 125 mm)
- stuccatura a base di gesso, armato con nastro in carta microforata (sp. 5 mm)
- tinteggiatura (sp. 2 mm)
- porta in legno (sp. 45 mm)
- parapetto in lastre di vetro (sp. 10 mm)
- elemento in acciaio a sostegno del parapetto
- passerella costituita da tripla lastra di vetro (sp. 30 mm)
- trave HEB 200
- trave HEB 200
- trave HEB 160
- tubolare di sostegno per la sottostruttura in cartongesso

C.V. 01 c

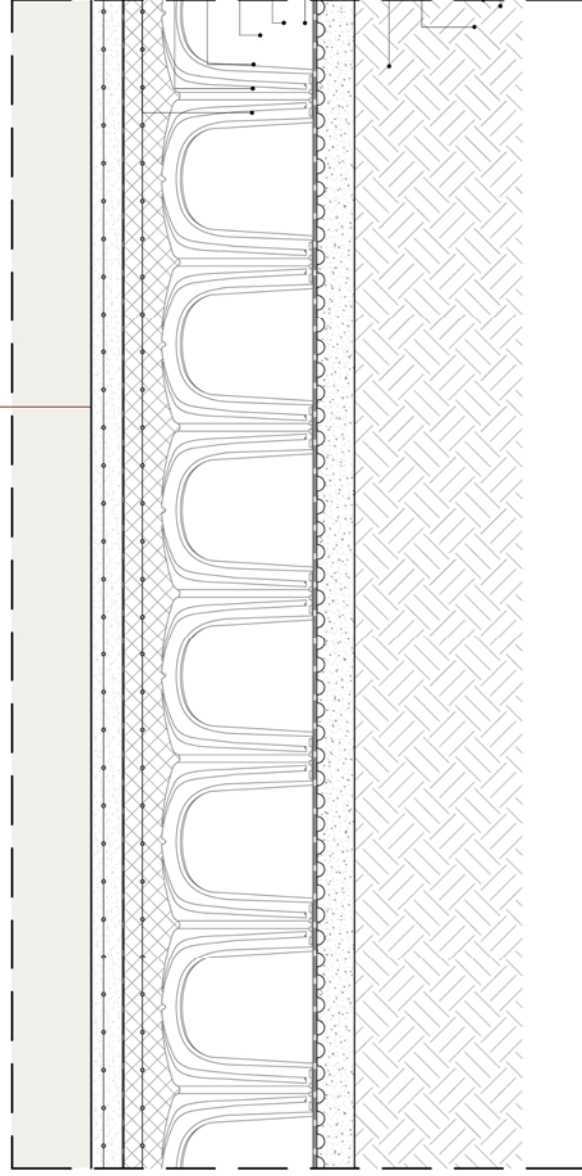
- telaio fisso in pvc
- telaio mobile in pvc
- vetrocamera



Particolare 2

- pannello fenolico in HPL (dim. 1000 x 1000 x 15 mm) + colla adesiva (sp. 4,5 mm)
- profilo montante a C (dim. 100 x 100 x 1 mm)
- pannello isolante in polistirene espanso (dim. 1000 x 2000 x 100 mm)
- lastra in fibrocemento (dim. 900 x 2400 x 12 mm)
- barriera al vapore in polietilene (sp. 3 mm)
- profilo montante a C (dim. 50 x 50 x 0,6 mm)
- isolante in lana di roccia (sp. 50 mm)
- intercapedine d'aria (sp. 45 mm)
- profilo traverso a C (dim. 100 x 100 x 1 mm)
- isolante in lana di roccia (sp. 75 mm)
- profilo montante a C (dim. 75 x 50 x 0,6 mm)
- doppia lastra in gesso rivestito Knauf (dim. 1000 x 2000 x 12,5 mm)
- barriera al vapore in polietilene (sp. 3 mm)
- stucco a base di gesso, armato con nastro in carta microforata (sp. 5 mm)
- tinteggiatura (sp. 2 mm)
- piastrelle in marmo (dim. 445 x 445 x 10 mm) + colla per marmo (sp. 2 mm)
- massetto premiscelato posa pavimentazione (sp. 45 mm), armato con rete elettros.
- isolante acustico in sughero (sp. 5 mm)
- barriera al vapore in lamina di alluminio (sp. 2 mm)
- pannello isolante in polistirene espanso (dim. 1500 x 1500 x 80 mm)
- pannello isolante in polistirene espanso (dim. 1000 x 1000 x 40 cm)
- calcestruzzo strutturale premiscelato, armato con rete elettrosald. (sp. 160 + 40 mm)
- elementi di alleggerimento in polistirolo (dim. 40 x 40 x 16 cm)
- lastra in c.a. prefabbricato irrigidito con tralici elettrosald. (dim. 1200 x 1200 x 40 mm)
- isolante in lana minerale (sp. 40 mm)
- pendino metallico (Φ 4 mm)
- lastra in gesso rivestito Knauf (dim. 1000 x 2000 x 125 mm)

C.O. 01 b



Particolare 3

- verniciatura (sp. 0,02 mm)
- rasatura in resina pigmentata epossidica (sp. 0,05 mm)
- rasatura in resina epossidica (sp. 0,1 mm)
- massetto premiscelato posa pavimentazione (sp. 80 mm), armato con rete elettros.
- guaina bituminosa armata con velovetro (sp. 5 mm)
- calcestruzzo strutturale premiscelato, armato con rete elettrosaldata (sp. 100 mm)
- casseri fermagetto in plastica: igloo (dim. 400 x 400 mm - h. 400 mm) per vespaio aerato
- membrana impermeabilizzante bituminosa (sp. 10 mm)
- membrana alveolare di protezione (sp. 1 mm - h. rilievi 20 mm)
- magrone di fondazione (sp. 100 mm)



cupola di chiusura in alluminio colorato, microforata, con apertura meccanizzata (h. 80 mm)

lamiera in alluminio colorato, per surriscaldare l'interno della camera di ventilazione tramite captazione della luce (h. 50 mm)

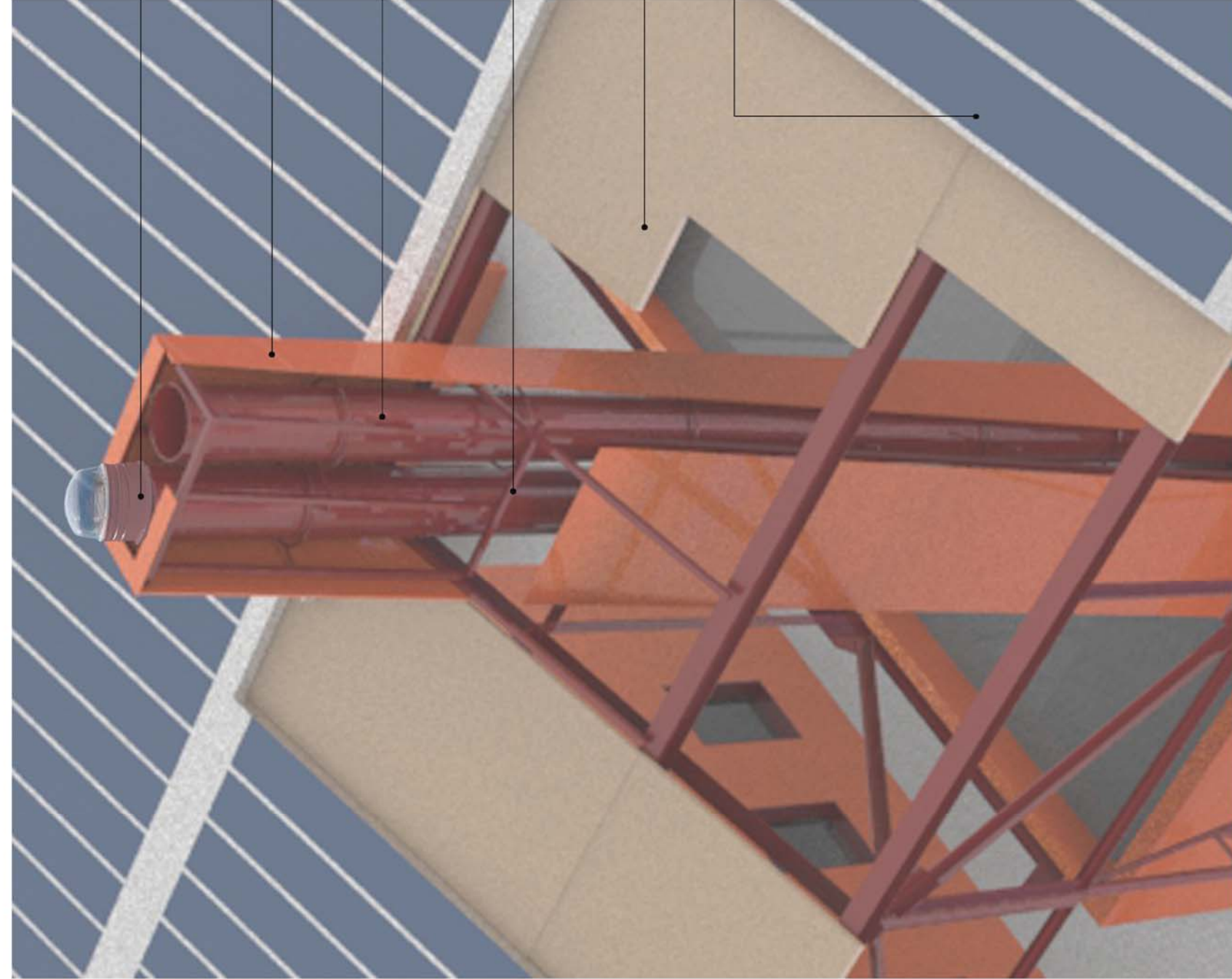
spirale metallica in profili tondi cavi (diam. 30 mm) per favorire l'espulsione dell'aria tramite formazione di un vortice

serramento in alluminio (dim. 800 x 800 mm) per favorire l'espulsione dell'aria tramite surriscaldamento della camera interna di ventilazione

struttura in acciaio Cor-Ten (dim. 1500 x 625 mm) in profili quadrati cavi (sp. 100 mm) saldata agli arcarecci di copertura

assito in legno (dim. 2000 x 1000 x 50 mm) per il supporto del rivestimento di copertura

rivestimento di copertura in zinco-titanio con modulo fotovoltaico integrato, tipo RHEINZINK Solar FV (dim. 4000 x 430 x 10 mm)



cupola di acrilico, materiale trasparente e resistente ai raggi UV per non trasmettere calore, ma captare la luce solare diretta (in condizioni di cielo sereno) e diffusa (in condizioni di cielo coperto)

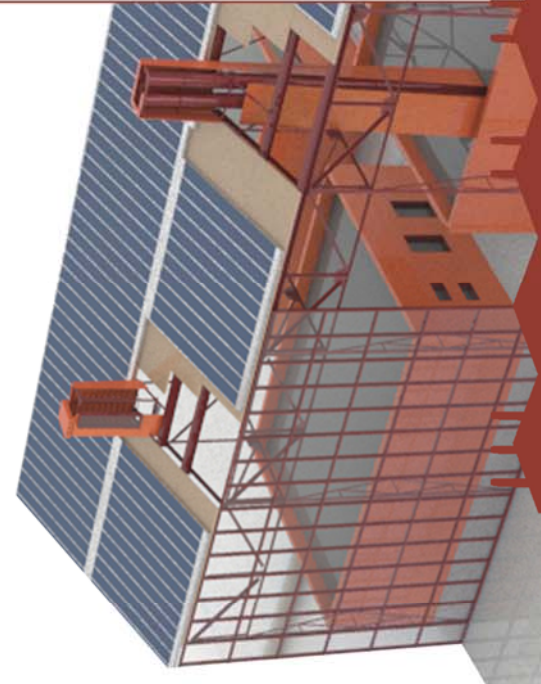
lamiera in alluminio colorato, riflettente, per evitare il surriscaldamento interno della camera di ventilazione (sp. 50 mm)

tunnel solare tipo VELUX in tubi di alluminio (diam. 600 mm, h. 10000 mm) rivestiti internamente da membrana termo-riflettente per convogliare la luce zenitale agli ambienti interni

struttura in acciaio Cor-Ten (dim. 1500 x 625 mm) in profili quadrati cavi (sp. 100 mm) saldata agli arcarecci di copertura e alla struttura dell'edificio (h. 10000 mm)

assito in legno (dim. 2000 x 1000 x 50 mm) per il supporto del rivestimento di copertura

rivestimento di copertura in zinco-titanio con modulo fotovoltaico integrato, tipo RHEINZINK Solar FV (dim. 4000 x 430 x 10 mm)



7

**PROGETTO
ENERGETICO**

7.1. STRATEGIE ENERGETICHE

La progettazione di un edificio, deve sempre tenere in considerazione tutte quelle strategie e soluzioni che possano ottimizzare i consumi dello stesso. Pertanto, è necessario effettuare delle scelte che favoriscano l'efficienza dell'edificio, come l'orientamento, le dimensioni, le aperture finestrate (per illuminazione e ventilazione) e i materiali di involucro.

7.1.1. Modulo B

Per quanto riguarda l'involucro esterno si esclude la necessità di dotarlo di un apposito sistema impiantistico, adottando delle misure strategiche che possano garantire condizioni di comfort durante tutte le stagioni, contando solo ed esclusivamente sulle caratteristiche della struttura stessa. Si ricorda l'orientamento della teca, con i due lati più lunghi rivolti uno a nord ovest e l'altro a sud est.

7.1.1.1. Funzionamento invernale e estivo

Si studiano i due comportamenti energetici invernale ed estivo: nel primo caso, ipotizzando un'inclinazione solare pari a 21 gradi, l'inclinazione degli elementi frangisole integrati nelle vetrate consente l'ingresso dei raggi del sole, che durante questa stagione sono particolarmente bassi, riuscendo a filtrare per scaldare gli ambienti interni; la facciata a nord, in pannelli di policarbonato, è caratterizzata in alcuni punti anche da aperture vetrate a taglio termico che, opportunamente chiuse, impediscono all'aria fredda proveniente da nord di penetrare; in generale tutte le aperture vetrate apribili previste, garantiscono non solo un buon isolamento che minimizza le perdite di calore, ma anche protezione dalle precipitazioni. La copertura, realizzata con pannelli in zinco titanio è anch'essa dotata di alcuni serramenti sulle falde a nord che, opportunamente chiusi, disattivano la ventilazione; e a proposito di ventilazione, i camini disposti in copertura, rimangono chiusi per limitare le perdite di calore.

Per quanto riguarda invece il comportamento estivo, la situazione cambia: ipotizzando un'inclinazione dei raggi solari pari a 67 gradi, questa volta la particolare inclinazione dei listelli frangisole integrati nelle vetrate, limita l'ingresso della radiazione solare, e quindi della calura estiva. La copertura, che sporge di tre metri (in corrispondenza dei due lati lunghi), garantisce ulteriore protezione dai raggi solari. I serramenti apribili disposti in corrispondenza dei vari lati della vetrata, vengono aperti, in particolare a nord, dove è consentito l'accesso all'aria più fresca; quando l'aria, all'interno della teca, si è riscaldata, tende a salire verso l'alto, e i camini di ventilazione, opportunamente aperti, ne consentono la fuoriuscita, attivando così un meccanismo di ventilazione naturale; questi elementi sono dotati di un vetro orientato a sud e da una spirale saldata alla struttura di sostegno: il primo favorisce l'accumulo di aria calda, mentre la seconda favorisce la naturale tendenza dell'aria calda a salire verso l'alto, garantendone così la completa fuoriuscita dal camino. La copertura in zinco titanio è a falde inclinate, e in corrispondenza di quella a sud, i pannelli sono costituiti da fotovoltaico integrato che contribuisce al rifornimento di energia elettrica; inoltre i pannelli, opportunamente trattati, sono riflettenti, e quindi in grado di respingere la calura estiva, che al contrario, trasformerebbe l'intera struttura in una serra.

INCLINAZIONE SOLARE:
21 GRADI

copertura a falde inclinate in pannelli di zinco - titanio con serramenti chiusi per disattivare la ventilazione

"ciminieri di luce" per captare e portare la luce zenitale negli ambienti meno esposti ai raggi solari

camino di ventilazione chiuso per limitare le perdite di calore

serra vetrata chiusa per proteggere dalle precipitazioni, e limitare il flusso termico uscente, minimizzando le perdite di calore

chiusura verticale vetrata, con serramenti a taglio termico chiusi per proteggere dai venti freddi

sistema di oscuramento a frangisole fissi integrati nella vetrata, che permette l'ingresso dei raggi solari all'interno degli ambienti



SUD

NORD

COMPARTAMENTO ENERGETICO INVERNALE

INCLINAZIONE SOLARE:
67 GRADI

copertura a falde inclinate in pannelli di zinco - titanio con serramenti aperti a nord per favorire la ventilazione naturale e l'ingresso di luce indiretta

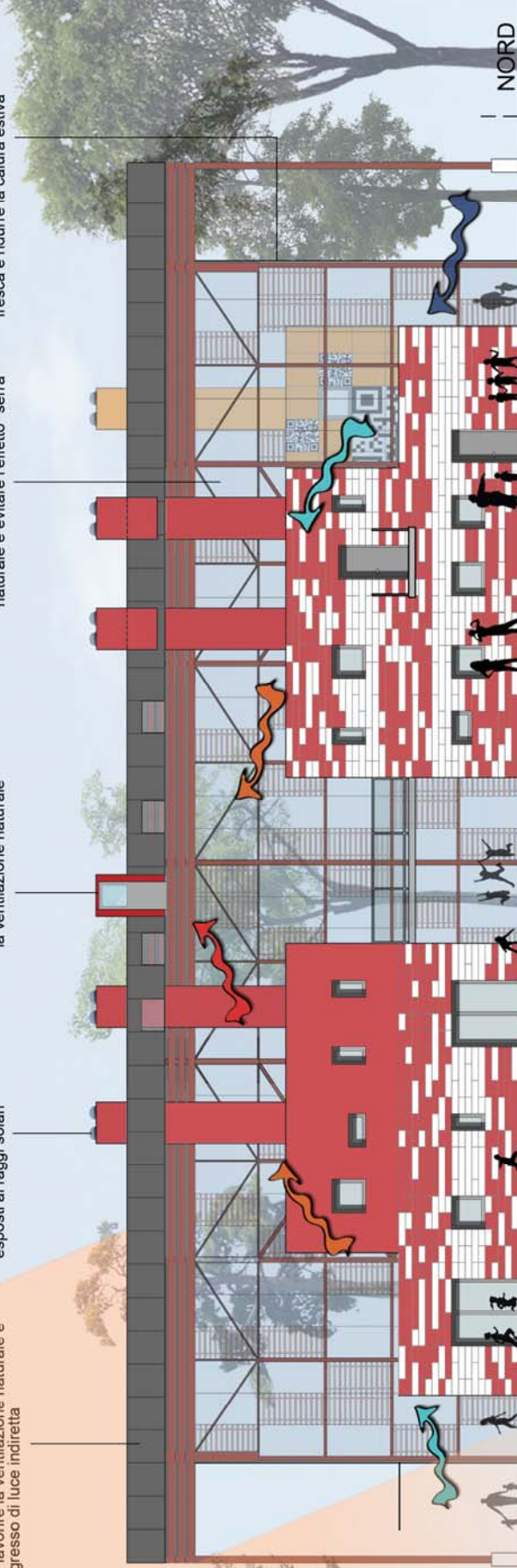
"ciminieri di luce" per captare e portare la luce zenitale negli ambienti meno esposti ai raggi solari

camino di ventilazione aperto per consentire la fuoriuscita dell'aria calda e attivare così la ventilazione naturale

serra vetrata con alcune aperture per favorire il processo di ventilazione naturale e evitare l'effetto "serra"

chiusura verticale vetrata con serramenti aperti per consentire l'ingresso di aria fresca e ridurre la calura estiva

sistema di oscuramento a frangisole fissi integrati nella vetrata, che limita l'ingresso dei raggi solari all'interno degli ambienti



SUD

NORD

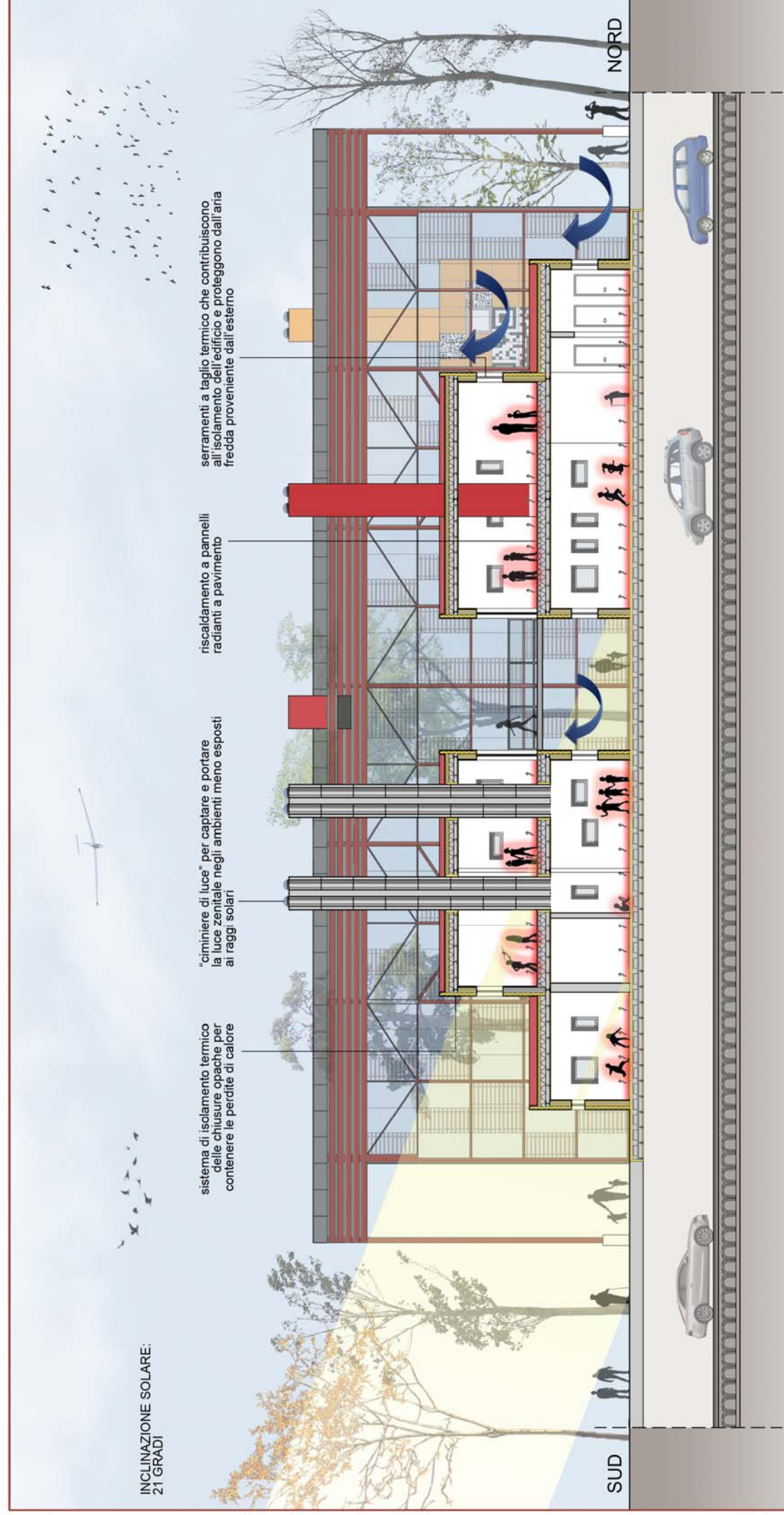
COMPARTAMENTO ENERGETICO ESTIVO

7.1.2. Modulo C

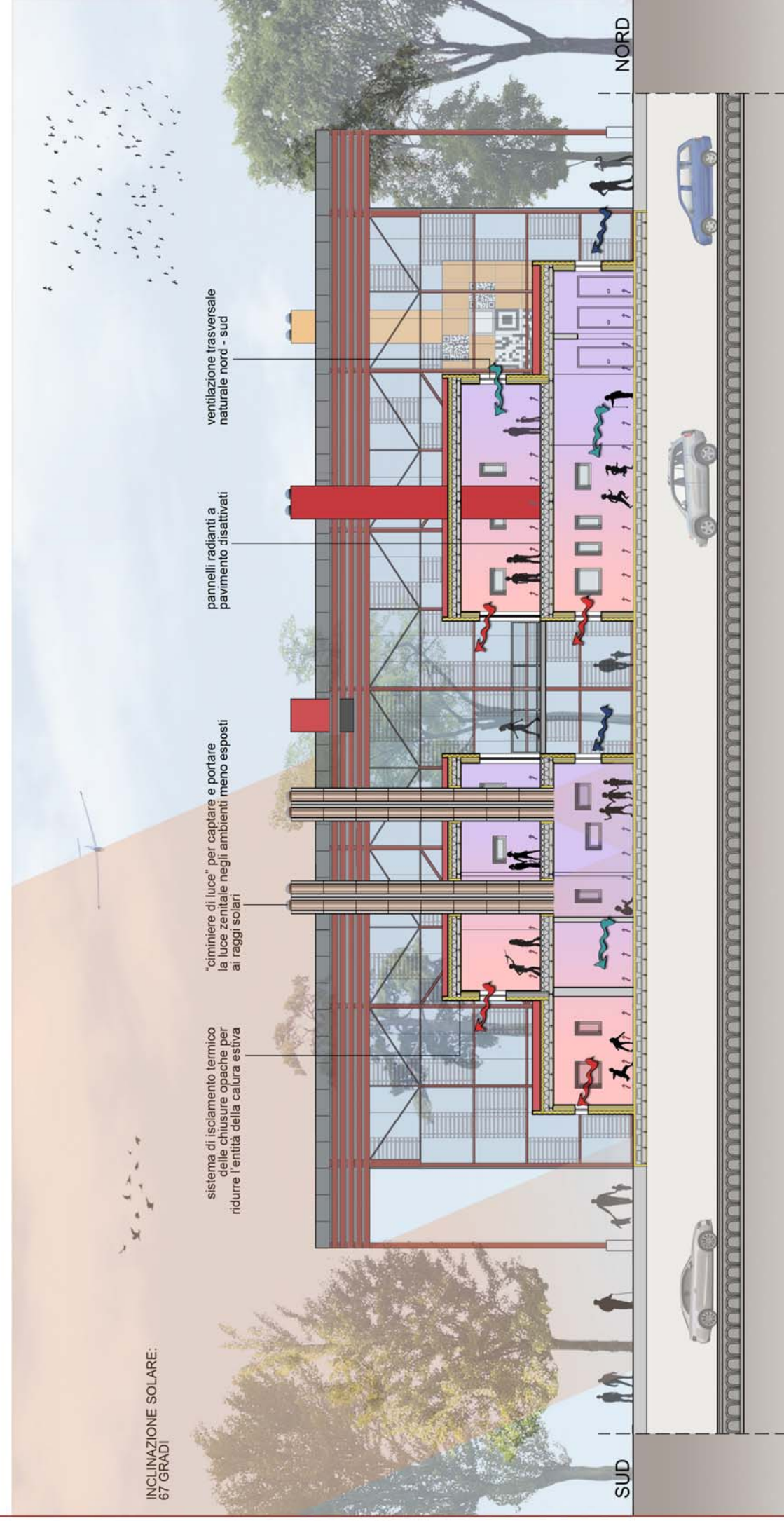
I vari blocchi di edifici situati all'interno dell'involucro vetrato si sviluppano al massimo su due piani, e sono caratterizzati da un sistema tecnologico a secco, con rivestimenti in Aquapanel e HPL. Per ovviare al problema della doppia pelle, che di fatto rappresenta un impedimento (sia per la ventilazione che per l'ingresso di luce), sono stati inseriti numerosi serramenti; ma soprattutto sono stati progettati dei camini di luce zenitale con lo scopo di illuminare gli ambienti più bui.

7.1.2.1. Funzionamento invernale e estivo

Gli edifici interni, analogamente alle considerazioni fatte prima, si studiano in base alle due stagioni inverno ed estate. Si ragiona sostanzialmente sull'involucro esterno (sia la parte opaca che quella trasparente) che, opportunamente isolato termicamente, è in grado di garantire il contenimento delle perdite di calore durante i periodi più freddi e di ridurre l'entità di ingresso della calura estiva durante i mesi più caldi. Il pavimento è caratterizzato da pannelli radianti che, attivati durante l'inverno, garantiscono le giuste condizioni di comfort interne, mentre durante l'estate vengono disattivati. La maggior parte dei blocchi interni è caratterizzata da camini di captazione solare chiamati "ciminiere di luce", in grado di captare e portare luce zenitale negli ambienti meno esposti al sole, specialmente quelli più interni a piano terra. Per quanto concerne la ventilazione invece si pensa a un impianto meccanico, poiché la sola ventilazione trasversale naturale nord – sud, seppure consentita dalle aperture disposte secondo questi due orientamenti, non è in grado di coprire totalmente le effettive esigenze di comfort interno.



COMPARTAMENTO ENERGETICO INVERNALE



COMPARTAMENTO ENERGETICO ESTIVO



7.3. CERTIFICAZIONE ENERGETICA

La certificazione energetica degli edifici permette di assegnare a un edificio una classe energetica (dalla A+ alla G), che restituisce all'utente l'indicazione della qualità energetica dello stesso; indica l'efficienza del sistema edificio-impianto considerato durante il periodo di riscaldamento invernale.



Figura 127 : Le classi energetiche

In particolare, la certificazione energetica **CENED**, a cui abbiamo fatto riferimento, e' stata sviluppata solamente per la Regione Lombardia.

Il software **Cened+**, messo a disposizione dal corrispondente sito internet, ci ha permesso di stabilire la classe energetica del nostro edificio; in particolare si è svolto uno studio sui blocchi interni alla teca vetrata, essendo quest'ultima un ambiente chiuso ma non riscaldato (né climatizzato).

Dopo aver compilato i primi dati generali e climatici, si è posta attenzione nello scegliere con accuratezza la destinazione d'uso dell'edificio, selezionandola tra le varie categorie catastali degli edifici, secondo il DPR 412/93; è importante scegliere con attenzione la destinazione d'uso, poiché in genere, un utilizzo diverso da quello

residenziale (classe E.1), comporta anche una classificazione energetica con valori di riferimento differenti.

Classe	Edifici di classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme		
	Zona E	Zona F1	Zona F2
A+	$EP_H < 14$	$EP_H < 20$	$EP_H < 25$
A	$14 \leq EP_H < 29$	$20 \leq EP_H < 39$	$25 \leq EP_H < 49$
B	$29 \leq EP_H < 58$	$39 \leq EP_H < 78$	$49 \leq EP_H < 98$
C	$58 \leq EP_H < 87$	$78 \leq EP_H < 118$	$98 \leq EP_H < 148$
D	$87 \leq EP_H < 116$	$118 \leq EP_H < 157$	$148 \leq EP_H < 198$
E	$116 \leq EP_H < 145$	$157 \leq EP_H < 197$	$198 \leq EP_H < 248$
F	$145 \leq EP_H < 175$	$197 \leq EP_H < 236$	$248 \leq EP_H < 298$
G	$EP_H \geq 175$	$EP_H \geq 236$	$EP_H \geq 298$

Tabella 79 : Classificazione edifici classe E1 – Lombardia

Classe	Altri edifici		
	Zona E	Zona F1	Zona F2
A+	$EP_H < 3$	$EP_H < 4$	$EP_H < 5$
A	$3 \leq EP_H < 6$	$4 \leq EP_H < 7$	$5 \leq EP_H < 9$
B	$6 \leq EP_H < 11$	$7 \leq EP_H < 15$	$9 \leq EP_H < 19$
C	$11 \leq EP_H < 27$	$15 \leq EP_H < 37$	$19 \leq EP_H < 46$
D	$27 \leq EP_H < 43$	$37 \leq EP_H < 58$	$46 \leq EP_H < 74$
E	$43 \leq EP_H < 54$	$58 \leq EP_H < 73$	$74 \leq EP_H < 92$
F	$54 \leq EP_H < 65$	$73 \leq EP_H < 87$	$92 \leq EP_H < 110$
G	$EP_H \geq 65$	$EP_H \geq 87$	$EP_H \geq 110$

Tabella 80 : Classificazione edifici classe non E1 – Lombardia

Specificate quindi le dimensioni riferite agli ambienti riscaldati in termini di superfici nette e lorde, si riportano tutti gli elementi, opachi e vetrati, che possono contribuire alla dispersione di calore, compresi il pavimento e la copertura.

Il successivo passo da compiere consiste nella specificazione del tipo di impianto termico adottato, con tutte le specifiche del caso, e nell'eventualità di un impianto fotovoltaico, se ne riportano tutte le caratteristiche tecniche e geometriche.

Quando tutti i passaggi richiesti dal sistema vengono soddisfatti e fornite tutte le indicazioni necessarie, il software indica la classe di appartenenza dell'edificio oggetto di studio, sia in termini di **energia termica** che in termini di **energia primaria**; la prima presenta in forma grafica la classificazione energetica in funzione del fabbisogno di energia utile per la climatizzazione estiva. La freccia si posiziona sul settore corrispondente alla classe energetica calcolata e in basso viene riportato il relativo valore di energia termica per la climatizzazione estiva in kWh/m³a, a seconda della destinazione d'uso (infatti si fa riferimento a m² nel caso di edifici residenziali). Il termine **energia termica** indica quindi il fabbisogno di energia termica che permette di mantenere le adeguate condizioni di comfort all'interno dell'ambiente riscaldato in funzione della temperatura dell'aria esterna; è da considerarsi netta poiché non prende in considerazione l'impianto. Per quanto riguarda invece l'energia primaria, si presenta in forma grafica la classificazione energetica dell'edificio in funzione del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento o climatizzazione invernale; la freccia si posiziona in questo caso in corrispondenza della classe energetica di appartenenza, sempre in kWh/m³a per le destinazioni non residenziali. Il termine **energia primaria** indica il consumo di energia dell'edificio espresso in misura dell'approvvigionamento di risorse energetiche presenti in natura e che non derivano dalla trasformazione di nessun'altra forma di energia. Il fabbisogno annuale sarà dato dalla somma dei fabbisogni annuali di energia primaria calcolati per i diversi servizi presenti nell'edificio, quali riscaldamento e climatizzazione invernale con deumidificazione controllata, raffrescamento o climatizzazione estiva con deumidificazione controllata, autoproduzione consumo o esportazione di energia elettrica, esportazione di energia termica generata in eccesso e illuminazione artificiale degli ambienti.

Di seguito sono riportati i risultati relativi allo studio effettuato sul nostro edificio:

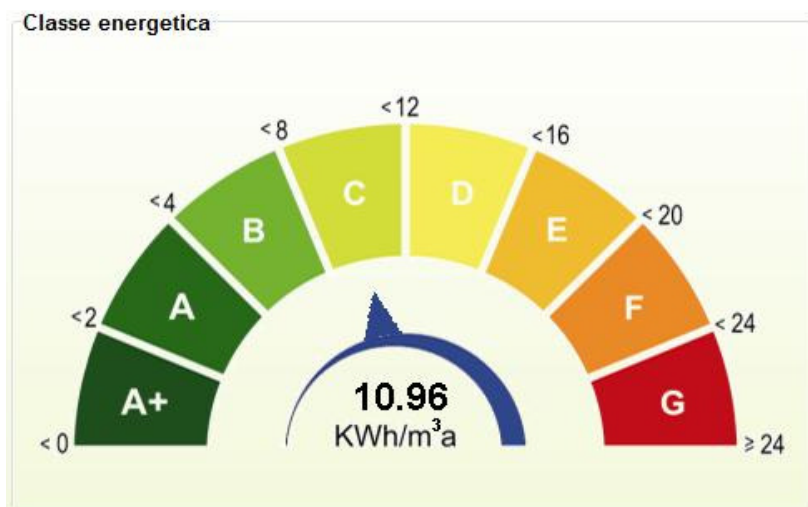


Figura 128 : Classificazione energetica in termini di Energia Termica

Indicatori di prestazione energetica

Riscaldamento o climatizzazione invernale ET_H	52.53	[kWh/m²]
Raffrescamento o climatizzazione estiva ET_c	10.96	[kWh/m²]
Acqua calda sanitaria ET_{vs}	6.09	[kWh/m²]

Figura 129 : Indicatori di prestazione energetica in termini di Energia Termica

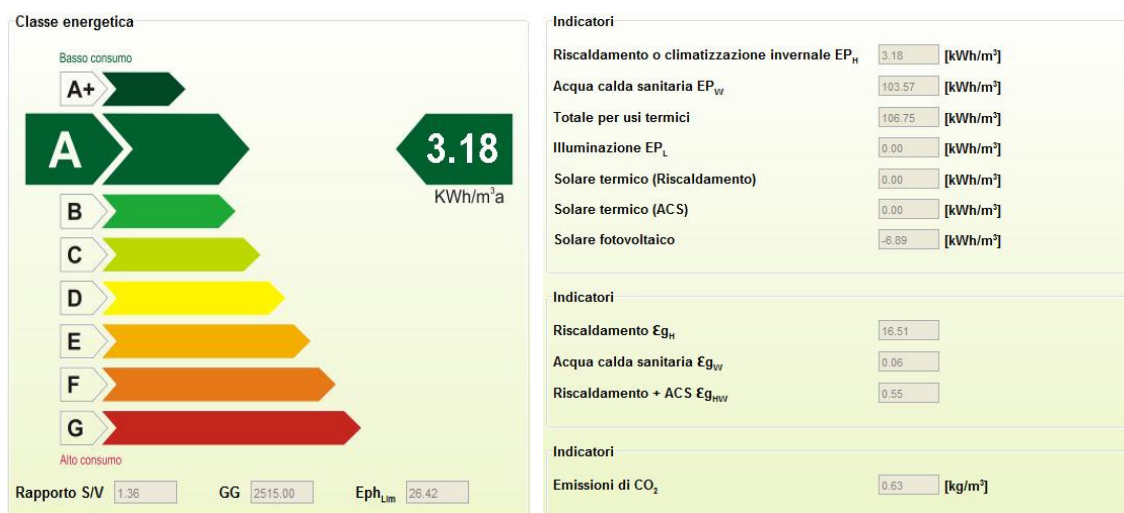


Figura 130 : Classificazione e Indicatori in termini di Energia Primaria

8

ILLUMINOTECNICA

8.1. BENESSERE ILLUMINOTECNICO

8.1.1. Benessere visivo

Il **benessere visivo** e illuminotecnico rappresentano lo stato in cui un individuo può svolgere nel modo migliore i diversi compiti che è chiamato ad assolvere. È importante che il controllo dell'illuminazione naturale sia tale per cui possa garantire il benessere delle persone all'interno di un ambiente, e che sia sfruttato nella maggiore misura possibile per ridurre il consumo energetico; la luce naturale possiede due caratteristiche principali che sono la gradevolezza per l'uomo e il fatto che rappresenti un apporto energetico di tipo gratuito. Quando si progetta un edificio è opportuno scegliere con accuratezza l'orientamento del fabbricato, le dimensioni e le forme delle superfici vetrate; in particolare queste ultime dovrebbero:

- consentire la vista dell'ambiente esterno
- garantire una corretta distribuzione delle luminanze
- permettere il meccanismo della ventilazione naturale

8.1.2. Parametri della luce naturale

8.1.2.1. Fattore solare

La presenza di grandi superfici vetrate, che siano però opportunamente schermate, favorisce il benessere visivo e un notevole risparmio di energia elettrica che sarebbe necessaria qualora si contasse solo sull'illuminazione artificiale. Quando i raggi del sole raggiungono i vetri, una parte dell'irraggiamento viene riflessa all'esterno un'altra parte è ceduta all'interno del locale e un'ultima parte assorbita dal vetro stesso che, riscaldandosi, ritrasmette il calore sia all'esterno che all'interno. La somma degli apporti energetici solari ceduti all'interno del locale (direttamente o indirettamente) viene definita come **fattore solare**, che esprime la percentuale di energia ceduta all'interno, sul totale del flusso energetico solare che ha raggiunto la superficie del vetro; ovviamente, tanto più sarà elevato il valore del FS e tanto più la temperatura dei locali tenderà a innalzarsi; e di conseguenza, se non si controlla in maniera appropriata

l'irraggiamento solare, saranno maggiori anche i consumi energetici necessari per raffrescare l'ambiente.

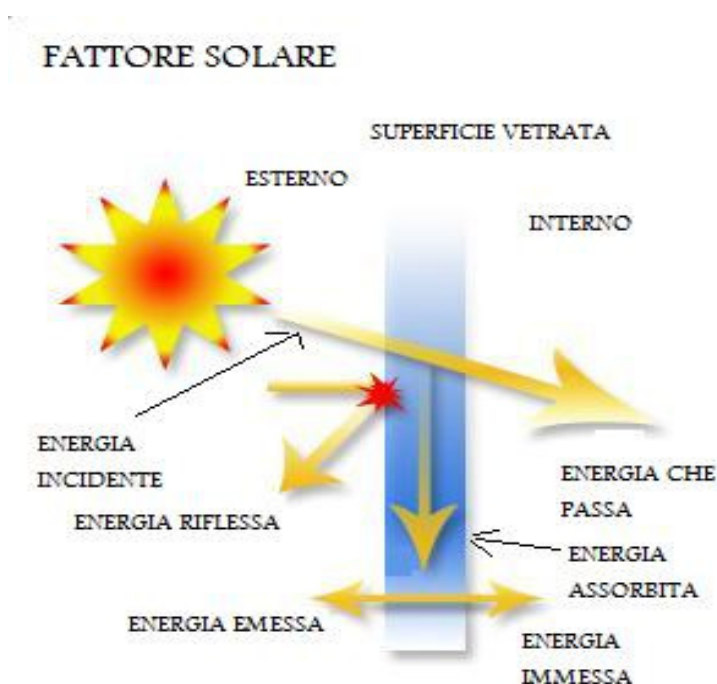


Figura 131 : Rappresentazione grafica delle componenti del fattore solare

All'interno di un ambiente chiuso, l'illuminamento naturale nei diversi punti dello spazio è determinato dal flusso di luce proveniente dalle sorgenti primarie esterne, ovvero la volta celeste, il sole, i diversi elementi del paesaggio urbano prospiciente la finestra (campo diretto); ma anche dal flusso di luce che raggiunge il punto considerato dopo le diverse riflessioni sugli elementi che costituiscono l'involucro edilizio: pareti, soffitto, pavimento, arredamento (campo riflesso); e infine può essere determinato dalla luminanza della porzione di cielo vista attraverso le finestre (campo diffuso).

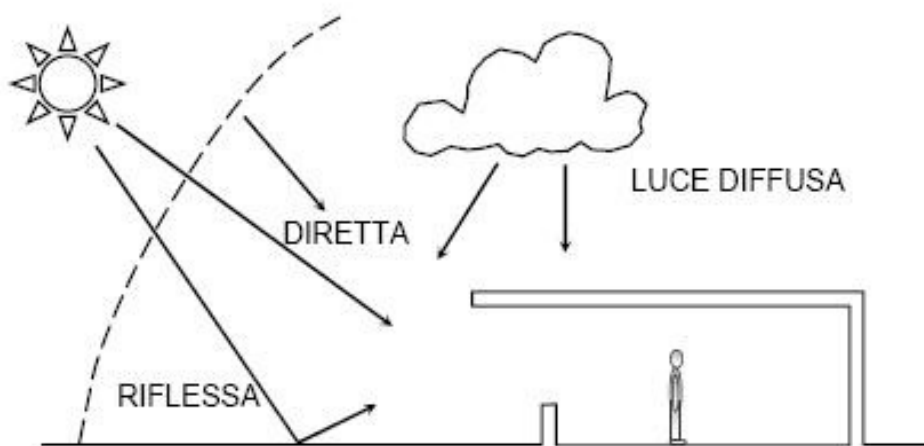


Figura 132 : Tipologie di flussi di luce

Se il controllo dell'illuminazione naturale è gestito in maniera ottimale, allora è facile garantire benefici sia psicologici che emotivi, anche grazie al cambiamento della luce nelle diverse ore della giornata; senza contare agli apporti energetici gratuiti durante l'inverno. È altresì vero che se la luce naturale non viene regolata e schermata opportunamente, allora può portare anche a delle problematiche, soprattutto per ciò che riguarda l'abbagliamento, la radiazione diretta, il surriscaldamento estivo, e quindi di conseguenza gli eccessivi consumi energetici. Ecco perché è fondamentale che il progettista tenga sempre sotto controllo dei parametri, in particolare quelli legati al livello di illuminamento e alla sua uniformità, ai rapporti di luminanza tra le superfici, alla visibilità dall'esterno e alla direzione di provenienza della luce.

8.1.2.2. Fattore di luce diurna

Si chiama **fattore di luce diurna** (FLD) il rapporto fra il livello di illuminamento in un punto posto su un piano orizzontale all'interno di un locale (E_{int}) e il livello di illuminamento in un punto posto su un piano orizzontale sotto l'intero emisfero celeste in assenza di ostruzioni e di irraggiamento solare diretto (E_0), misurati nello stesso momento. Questa grandezza adimensionale descrive sostanzialmente le prestazioni dell'involucro edilizio, e non dipende dal livello di illuminamento esterno, ma solo dalle relazioni geometriche tra il punto considerato nel locale e la volta celeste.

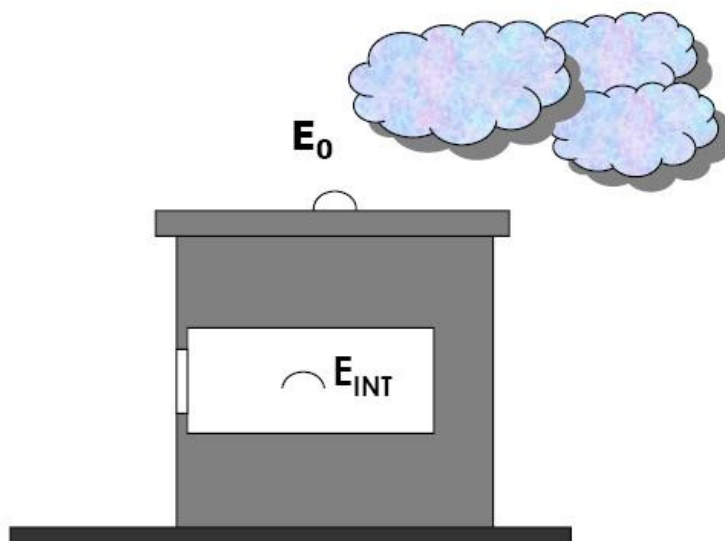


Figura 133 : Parametri di riferimento del fattore di luce diurna

8.1.2.3. Fattore medio di luce diurna

Poiché il fattore di luce diurna varia da punto a punto all'interno di una ambiente, generalmente si considera il **fattore medio di luce diurna**, dove per “medio” si intende il valore mediato su più punti di misura. Questo parametro consente di valutare la capacità delle aperture trasparenti e dell'involucro di uno spazio chiuso, di garantire condizioni di illuminazione naturale confortevoli e un accettabile sfruttamento della luce naturale. Per raggiungere questi obiettivi esso deve essere superiore ad un certo valore, fissato come soglia al di sotto del quale non sono verificate le condizioni di illuminazione naturali sufficienti alle specifiche esigenze di benessere fisico e psicologico:

- $F < 0,3\%$ insufficiente
- $0,3\% < F < 2\%$ discreto
- $2\% < F < 4\%$ buono
- $4\% < F$ ottimo

8.1.2.4. Rapporto di illuminazione

Condizione necessaria ma non sufficiente per il soddisfacimento del benessere visivo è che il cosiddetto **rapporto di illuminazione** sia $\geq 1/8$, ovvero il rapporto fra la

superficie trasparente dell'infisso e la superficie del pavimento, esclusa quella posta a un'altezza compresa tra il pavimento e 80 cm, e al netto di velette, elementi architettonici verticali dello stesso organismo edilizio che riducano l'effettiva superficie illuminante.

Quando si progetta un edificio è sempre opportuno considerare, anche se pure minimo, il contributo fornito dalla luce artificiale, per il quale bisogna prestare attenzione in particolare alla tonalità delle lampade scelte e alla loro resa cromatica, che non deve mai alterare le reali sfumature di colore degli oggetti illuminati.

Per una scelta corretta delle lampade da predisporre per l'illuminazione, è importante considerare le caratteristiche dell'ambiente da illuminare, le attività che si svolgono al suo interno e il tempo di accensione delle luci; da tutto questo ne deriveranno i consumi elettrici e l'impatto ambientale.

Il progetto dell'impianto di illuminazione ha lo scopo di determinare il numero, i tipi e le posizioni degli apparecchi da installare in un ambiente, tenendo conto delle caratteristiche del locale, di ogni specifica esigenza dell'utenza e degli aspetti di economicità, igiene e funzionalità. Una buona progettazione deve prima di tutto prefiggersi lo scopo di garantire in ogni ambiente il giusto livello di **illuminamento**, in relazione al tipo di attività prevista, ed è influenzato dal potere di assorbimento e di riflessione del flusso luminoso da parte dei materiali presenti nell'ambiente e dal loro colore. Attraverso dispositivi elettronici e sistemi computerizzati di controllo è possibile variare il flusso luminoso emesso dai vari tipi di lampade, adattandolo al livello di illuminamento più indicato negli ambienti soggetti a funzioni complesse; altrettanto importante è determinare la tonalità più adatta per le specifiche caratteristiche dell'ambiente.

8.1.2.5. Abbagliamento

Così come è fondamentale contare sul maggiore contributo della luce naturale rispetto a quella artificiale, è altrettanto indispensabile la sua corretta gestione, affinché si possano evitare spiacevoli fenomeni, tipo l'**abbagliamento**; esso può infatti provocare perdita di comfort e riduzione delle performance visive causate dalla diffusione della luce all'interno dell'occhio. L'abbagliamento può essere diretto se è causato dalla presenza di superfici o oggetti con luminanza elevata, tipo sorgenti luminose, vetrate e il sole; oppure può essere riflesso se provocato dalla riflessione di oggetti posti su un

piano di lavoro della luce proveniente da altri corpi. È necessario evitare questa condizione, eliminando luminanze eccessivamente elevate, e assicurando un buon rapporto tra le luminanze relative a elementi presenti all'interno e all'esterno dell'ambiente, ma che ricadono contemporaneamente nel campo visivo dell'osservatore.

8.1.3. Modulo B

L'edificio oggetto di studio è caratterizzato da una doppia pelle, tale per cui ci sono edifici a due piani racchiusi all'interno di una grande teca vetrata: essa è caratterizzata da tre lati completamente vetrati e schermati (est, sud, ovest), su un'altezza complessiva di 10 metri, mentre il lato nord è altrettanto trasparente, ma rivestito da pannelli di polycarbonato bianchi e verdi. Considerando che tre lati su quattro sono interamente vetrati, il fattore di trasmissione (rapporto tra flusso luminoso trasmesso e flusso luminoso incidente) è compreso tra l'80 e il 90%, anche se i valori possono variare in relazione allo spessore del materiale, al tipo di lavorazione e al tipo di composizione dello stesso. La copertura invece è completamente opaca, costituita da pannelli di zinco titanio; essa ha due sporgenze di tre metri rispetto al filo del vetro in corrispondenza dei due lati lunghi, che garantiscono un certo grado di ombreggiamento, integrando così il contributo dato dai listelli di legno frangisole integrati nelle vetrate. Oltre al canonico impianto di illuminazione previsto per gli edifici interni, si pensa di predisporre delle lampade anche per i grandi spazi racchiusi all'interno della vetrata, affinché si possa garantire sempre un buon livello di luminosità, sia nelle parti più buie, che durante i momenti di minore intensità di luce naturale (tardo pomeriggio, sera e giornate piovose).

8.1.3.1. Verifiche illuminotecniche

Sfruttando il software della **VELUX Daylight Visualizer**, è stato possibile valutare il livello di illuminazione all'interno del nostro edificio, e capire quali fossero le zone maggiormente illuminate e quali invece più sfavorite. Esso infatti è in grado di simulare la luce naturale, fornendo poi dei report che permettono di stimare la distribuzione della

luce negli ambienti e valutarla qualitativamente. Il programma fornisce informazioni riguardanti l'illuminamento, la luminanza e il fattore di luce diurna.

Si è potuto constatare come, in condizioni di cielo coperto, il periodo più critico sia quello di dicembre poiché, essendo il sole molto basso, gli edifici si ostacolano vicendevolmente, creando ombra gli uni sugli altri. Sono state eseguite inoltre delle valutazioni sull'andamento e l'intensità della luce nei diversi mesi dell'anno, negli orari ritenuti più significativi, sia per il livello di illuminamento che per l'affluenza di persone.

8.1.4. Modulo C

Gli edifici racchiusi all'interno dell'involucro vetrato, proprio perché "otacolati" dalla presenza di una doppia pelle, non ricevono un'adeguato e sufficiente livello di luce naturale, tale per cui necessitano di un'illuminazione artificiale dei locali, specialmente per i locali destinati ad aule multimediali e di proiezione. Ad ogni modo, per evitare di fare un uso eccessivo di lampade e similari, dalla copertura si innestano dei **tunnel solari** all'interno degli edifici, che vengono letteralmente attraversati da questi elementi; in questo modo i locali a piano terra, evidentemente meno esposti alla luce naturale e quindi più svantaggiati, possono godere del contributo della luce naturale zenitale.

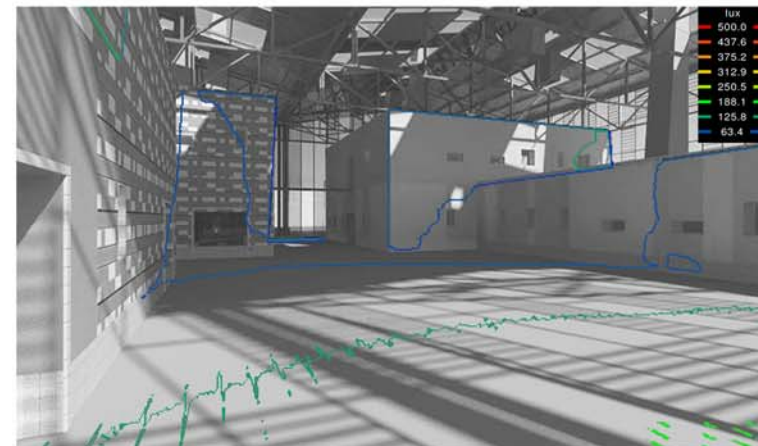
8.1.4.1. Verifiche illuminotecniche

Come per il Modulo B, anche in questo caso ci si serve del software della **VELUX Daylight Visualizer**, per valutare il livello di illuminazione all'interno degli edifici.

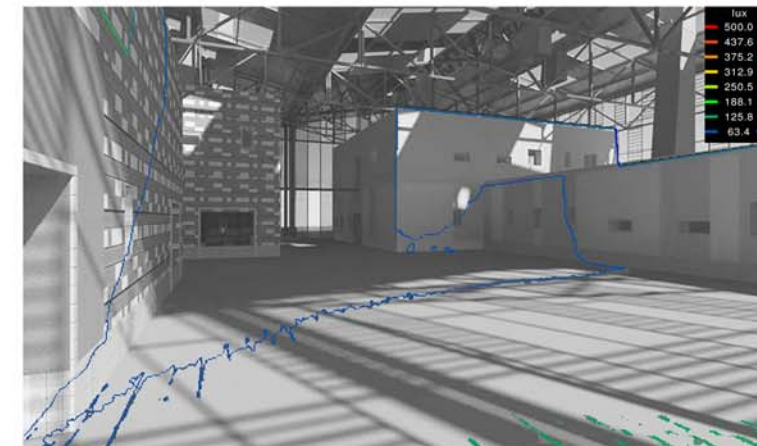
Si è potuto constatare come, in condizioni di cielo coperto, il periodo più critico sia nuovamente quello di dicembre poiché, essendo il sole molto basso, non è possibile contare sulla completa efficienza dei camini di luce. Sono state eseguite delle valutazioni sull'andamento e l'intensità della luce nei diversi mesi dell'anno, negli orari ritenuti più significativi, sia per il livello di illuminamento che per l'affluenza di persone.



RENDER INTERNO DELLA TECA VETRATA



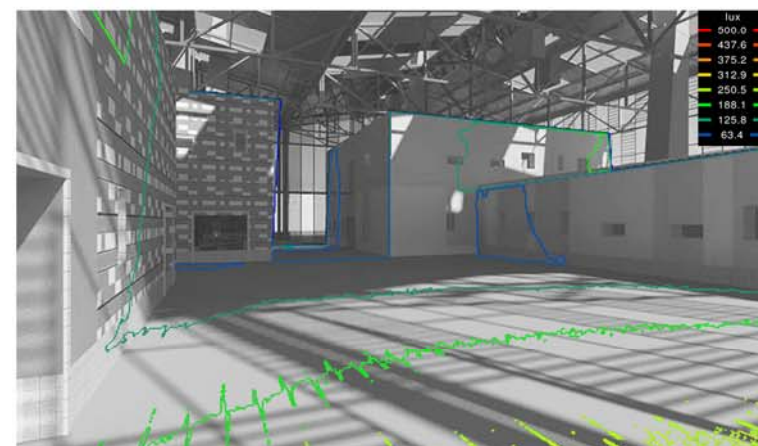
21 dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



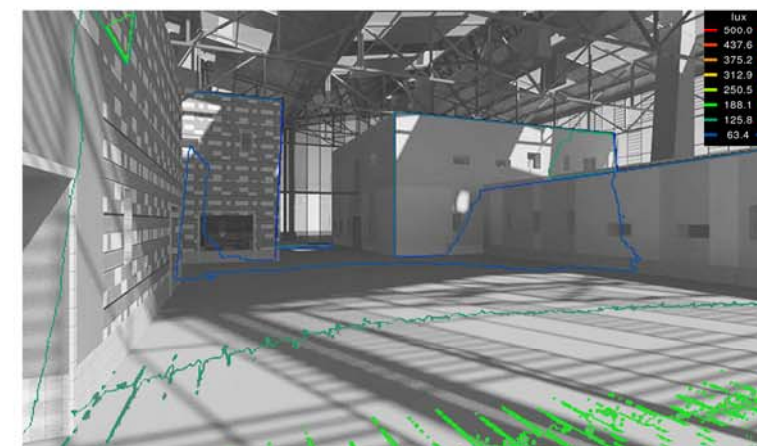
21 dicembre ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



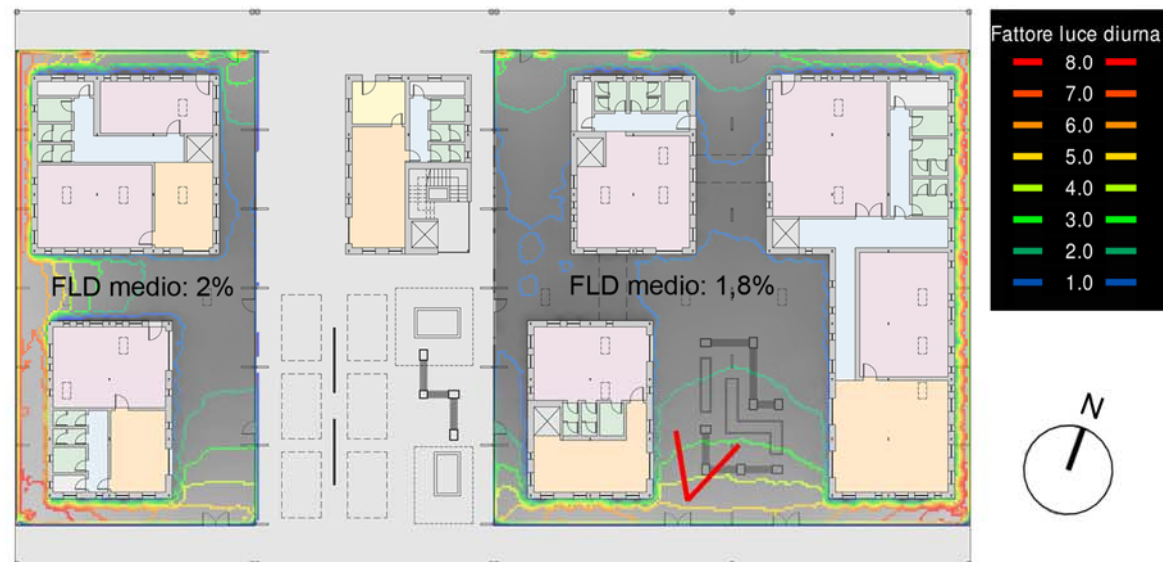
ILLUMINAMENTO: 21 dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



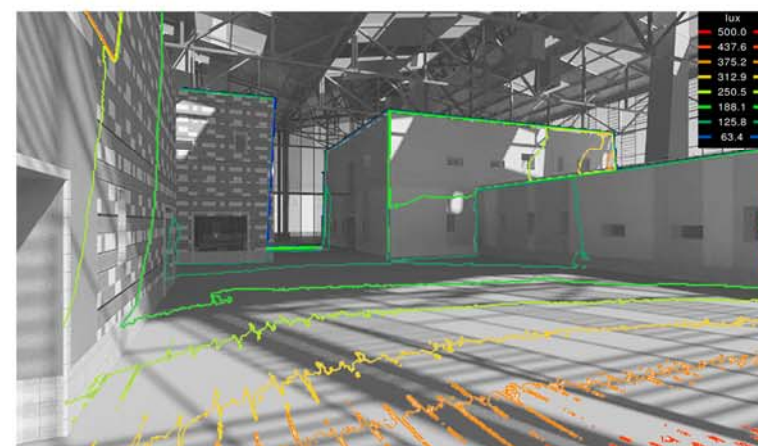
21 marzo ore 10.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



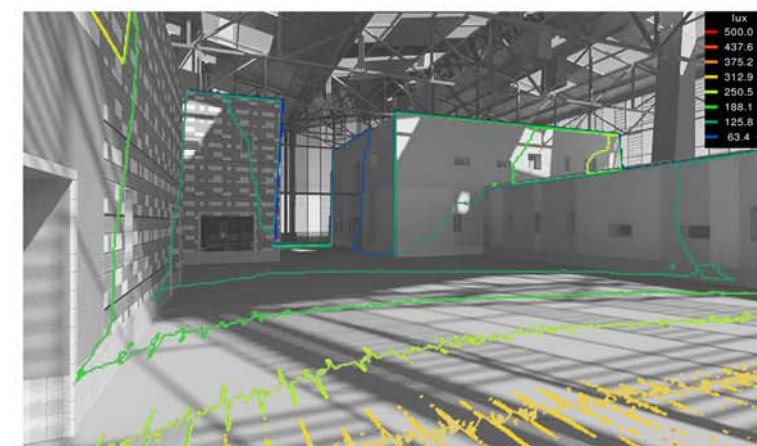
21 marzo ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



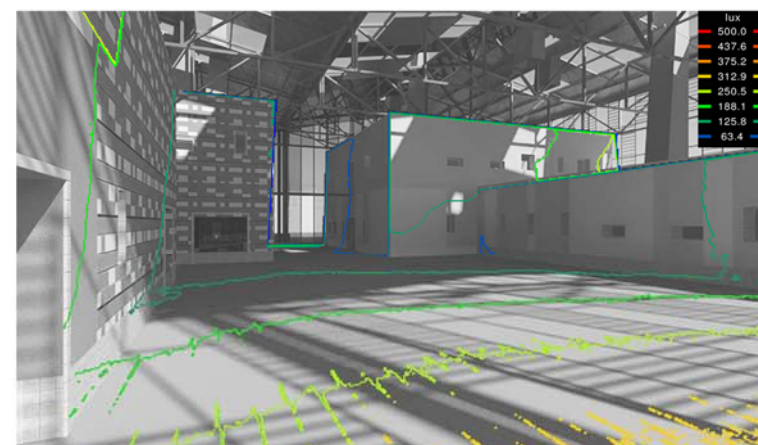
FLD in condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



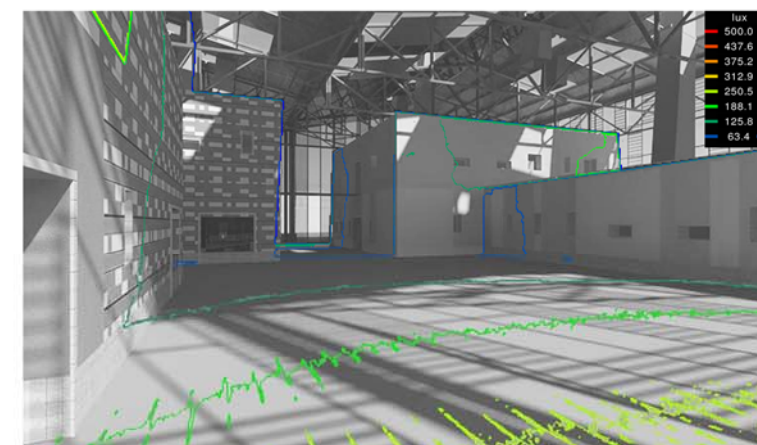
21 giugno ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 giugno ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



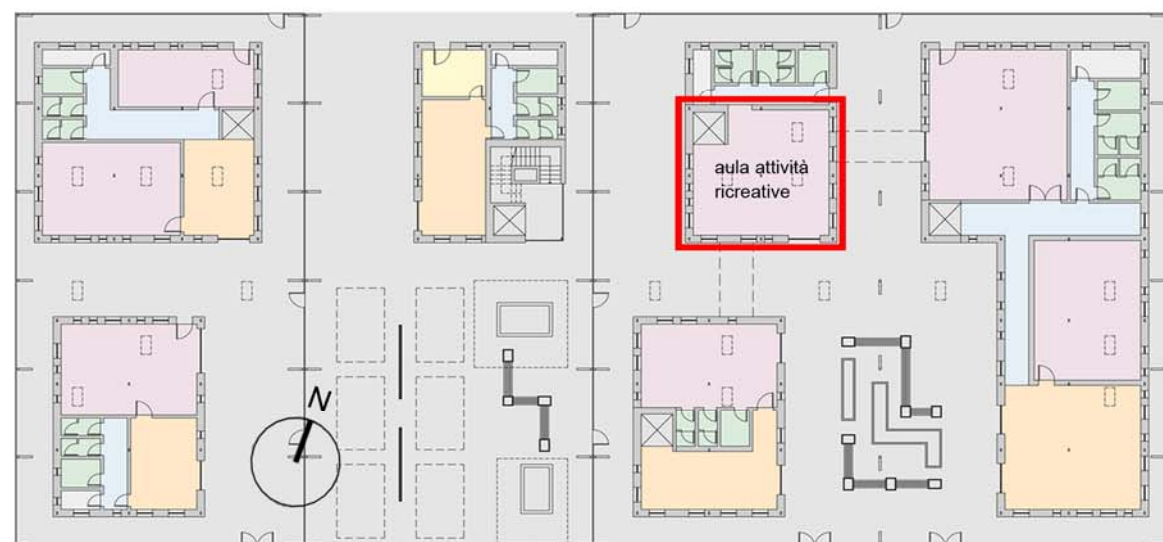
21 settembre ore 10.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



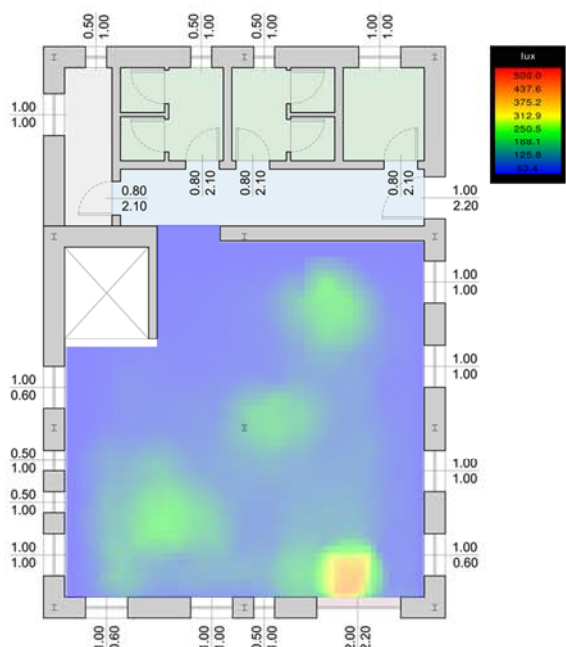
21 settembre ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



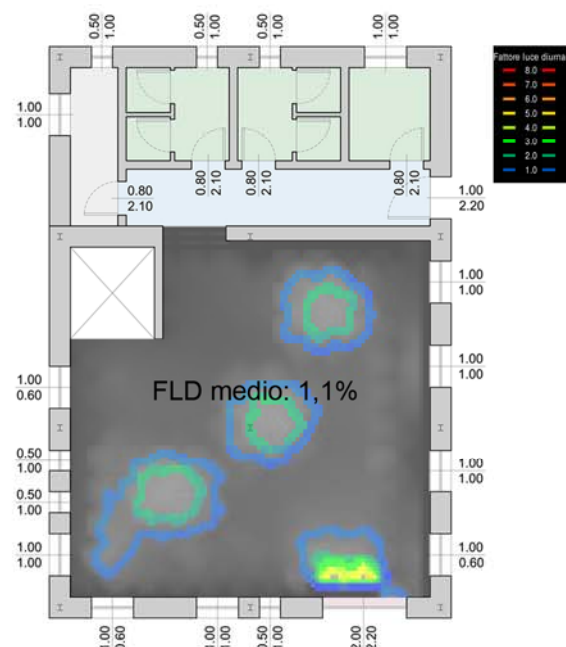
RENDER DELL'AMBIENTE INTERNO - BLOCCO BAMBINI



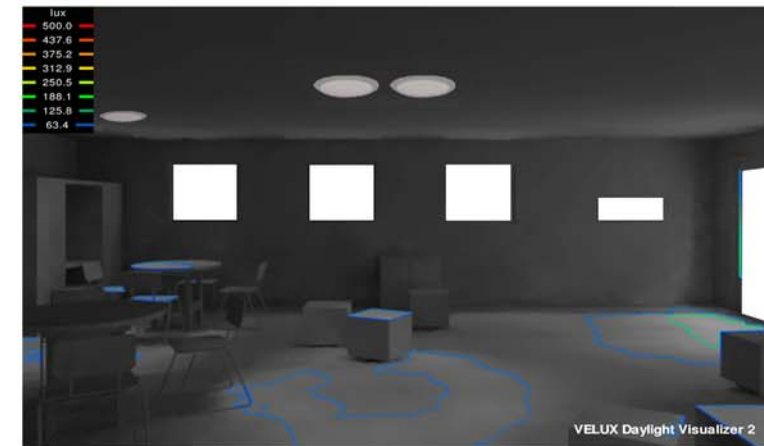
navigatore



ILLUMINAMENTO: 21 dicembre ore 12, cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



FLD in condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 dicembre ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 marzo ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 marzo ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 giugno ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 giugno ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 settembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



21 settembre ore 15.00, condizioni di cielo coperto
fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

9

PROGETTO IMPIANTISTICO

9.1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

Il progetto impiantistico rappresenta il passo successivo all'analisi strutturale e tecnologica nella realizzazione di un edificio : la predisposizione degli impianti è infatti vincolata dalla configurazione definitiva del progetto.

In particolare nel caso in esame non si può però prescindere da uno studio separato dei vari interventi, secondo quanto già esposto :

- **L'edificio di recupero** viene trattato solo a livello sommario, secondo già quanto effettuato in tutti gli studi precedenti. Lo stesso avviene per gli **edifici esterni** al complesso strutturale studiato, per i quali l'analisi risulta solo accennata.
- **L'involucro** esterno in vetro e policarbonato viene scelto come elemento puramente rappresentativo ed estetico, simbolo delle nuove costruzioni in esso contenute e puro spazio di passaggio e di connessione tra i vari "blocchi" delle attività; si sceglie perciò di prevedere soltanto limitatamente all'analisi impiantistica, studiando delle strategie che possano garantirne il rispetto delle vivibilità in modo naturale **senza ricorrere a particolari apparecchiature**.
- **Gli edifici all'interno della teca** sono i luoghi su cui concentrare la progettazione impiantistica, essendo gli spazi effettivi di svolgimento delle attività.

Queste prime considerazioni orientano il progetto impiantistico.

Innanzitutto si studia l'**involucro esterno** , sempre fulcro della progettazione : da scelta progettuale, si esclude la necessità di dotarlo di un sistema impiantistico, risultando impossibile garantire il completo confort invernale ed estivo in un progetto di questo tipo ; si predispongono perciò dei sistemi alternativi, che permettano il raggiungimento delle stesse condizioni di benessere senza ricorrere a sistemi meccanici, ma in modo totalmente naturale.

Si ricorda inoltre che uno dei punti di forza del progetto in esame è l'**innovazione tecnologica** dei sistemi, tale per cui si è scelto di posizionare una serie di **pannelli fotovoltaici** sulle falde a sud della copertura dell'involucro; tale impianto, che verrà di seguito dimensionato, ha lo scopo di fornire energia elettrica non soltanto agli edifici direttamente collegati ma anche a tutti quelli che la richiedono, diventando un vero e proprio centro di produzione e distribuzione di elettricità per il paese.

Allo stesso modo tutto il complesso è dotato di un particolare sistema di raccolta delle acque piovane, utilizzato per l'irrigazione del parco pubblico del lotto e per il controllo igrometrico interno all'involucro, con particolari vasche d'acqua e verde da irrigare.

L'analisi sui **blocchi interni** ha come scopo la definizione di un complesso di impianti, che, opportunamente connessi e relazionati, definiscono nel dettaglio tutti gli aspetti impiantistici del progetto. Tale trattazione si riassume nel dimensionamento delle apparecchiature e alla definizione delle loro inter-relazioni. Ogni blocco viene dotato di un classico sistema meccanico di **riscaldamento e raffrescamento**, scelto a **pannelli radianti**, collegato ad apposite apparecchiature per la produzione di calore e raffrescamento; allo stesso modo si provvede alla ventilazione degli spazi, concentrandosi prevalentemente su una **ventilazione di tipo meccanico**, data l'impossibilità effettiva di verificare che la ventilazione naturale, ostacolata dall'involucro esterno, sia sufficiente. Le apparecchiature verranno studiate di seguito. L'energia elettrica è fornita dall'impianto fotovoltaico precedentemente citato.

L'analisi viene divisa nelle tre parti sopra esposte : **all'involucro esterno** viene riferito l'**impianto B**, mentre i **blocchi interni delle attività** corrispondono all' **impianto C** (insieme agli edifici esterni alla teca, che ad essi vengono assimilati) ed in particolare ogni blocco interno viene trattato singolarmente, così che ognuno contribuisca al dimensionamento dell'impianto di tutto il complesso; l'**impianto A** viene escluso dallo studio più dettagliato perché riferito all'**edificio di recupero**, il cui sistema impiantistico viene solamente accennato.

9.2. IMPIANTO A

Per quanto riguarda il complesso esistente, il progetto impiantistico risulta essere strettamente legato a quello tecnologico, dato che sostanzialmente l'intervento consistente nel miglioramento energetico: di qui la predisposizione di un sistema di isolamento termico a cappotto esterno, di nuovi impianti e di nuove partizioni interne, verticali e orizzontali, isolate; gli impianti verranno perciò predisposti negli appositi cavedi delle partizioni verticali e riportati a terra "a pavimento", nuovi spazi disponibili.

Dal punto di vista impiantistico non si procede con nuove tecnologie, e per cause di incompatibilità con l'assetto dell'edificio tradizionale, si predilige il ripristino di un tradizionale riscaldamento tramite radiatori a parete.

Allo stesso tempo viene disposto un nuovo sistema di ventilazione, opportunamente dimensionato per tutto il complesso, e un impianto elettrico; a questo proposito si rimanda alla trattazione del **progetto B**, dove verrà studiato come il sistema fotovoltaico in copertura sia in grado di fornire energia elettrica a tutti gli edifici del lotto.

Tali impianti non vengono dimensionati : si osserva però che si tratta sostanzialmente della stessa tipologia impiantistica dell' **impianto C**, a livello logico di trattazione e di apparecchiature da utilizzare, perciò il funzionamento dell'intero sistema viene rimandato alla trattazione seguente, sebbene con ovvii diversi dai dimensionali.

9.3. IMPIANTO B

Per quanto riguarda l'involucro esterno si esclude la necessità di dotarlo di un apposito sistema impiantistico, adottando delle misure strategiche che possano garantire condizioni di comfort durante tutte le stagioni.

La problematica delle eventuali dispersioni in regime invernale risulta completamente eliminata (parallelamente il progetto tecnologico non tiene in considerazione eventuali minimi ponti termici) e si presuppone che il raffrescamento estivo sia garantito da particolari elementi costruttivi, i **camini di ventilazione**, disposti lungo tutto lo sviluppo della teca, in particolare nella zona centrale. Tali elementi verranno studiati nel dettaglio ma il loro posizionamento iniziale, ideale, sfrutta l'idea che il calore che si accumula all'interno dell'involucro, in quanto aria calda, sale verso l'alto e da lì possa completamente asportato; in questo modo si evita di trasformare, per accumulo di calore, lo spazio interno in una serra. In questo modo non solo il **riscaldamento** e il **raffrescamento**, ma anche la **ventilazione** sono perfettamente garantiti, e sono questi gli aspetti fondamentali su cui si concentra una trattazione impiantistica.

9.4. IMPIANTO C

L'analisi impiantistica si soffermerà sugli edifici interni alla teca vetrata, gli unici a predisporre di un impianto di riscaldamento e di raffrescamento, per i quali vengono opportunamente dimensionate tutte le apparecchiature del caso. Questi ambienti, a differenza della teca vetrata che rappresenta perlopiù un luogo di passaggio, costituiscono delle zone che vengono abitate dalle utenze per diverse ore durante il corso della giornata; per tale motivo necessitano di condizioni di vivibilità e di comfort adeguate. Richiederanno inoltre anche l'utilizzo, seppur possibilmente limitato, di ventilazione meccanica, poiché quella naturale risulta assente o insufficiente: l'involucro esterno crea infatti un ostacolo al passaggio di aria proveniente da nord.

9.4.1. Impianto di riscaldamento

9.4.1.1. Analisi dei carichi termici

Il primo passo per il dimensionamento delle apparecchiature impiantistiche consiste nella valutazione dei carichi termici, invernali ed estivi, a cui ogni edificio è soggetto nell'arco annuale; l'analisi deve considerare, singolarmente, ogni blocco.

- **REGIME INVERNALE :** $Q_d =$ dispersioni attraverso pareti e vetri
 $Q_v =$ perdite di aria interna
- **REGIME ESTIVO :** $Q_r =$ radiazione solare attraverso i vetri
 $Q_t =$ trasmissione attraverso i vetri
 $Q_v =$ infiltrazioni di aria esterna
 $Q_i =$ apporti interni dovuti a persone, luci, apparecchiature elettriche.

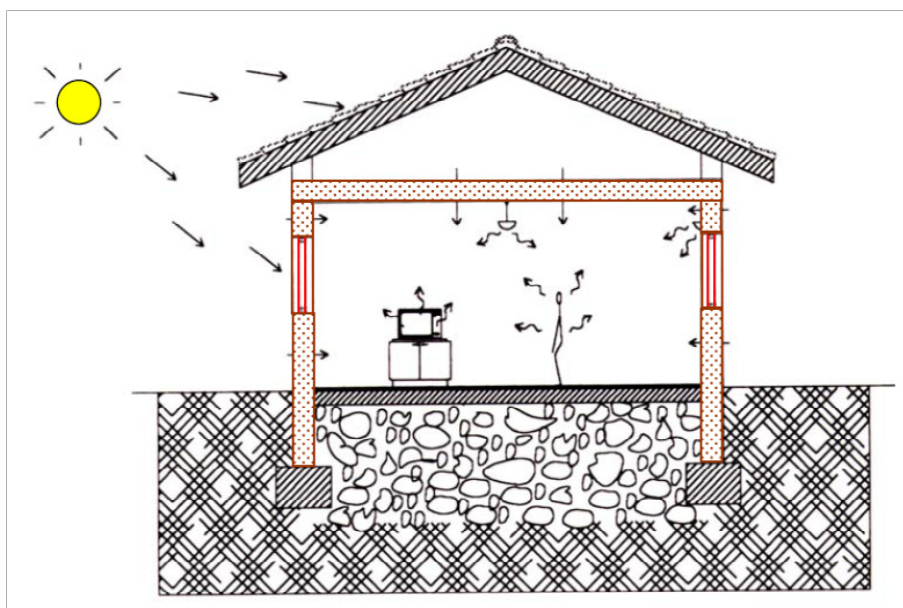


Figura 134 : Schematizzazione dei carichi termici per un edificio generico

Esiste una netta distinzione tra i due regimi : per il calcolo delle dispersioni invernali si fa riferimento a condizioni stazionarie, si assume cioè una temperatura esterna di progetto e si considera che essa rimanga costante nel corso della giornata; nel caso delle rientrate estive invece tale ipotesi viene meno data l'estrema variabilità dei flussi termici legati alla radiazione solare : si parla infatti di carichi termici "rotanti"

estremamente variabili nel corso della giornata e strettamente influenzati dalle caratteristiche inerziali delle strutture, responsabili di fenomeni di attenuazione e sfasamento temporale del carico termico effettivo rispetto all'apporto di calore istantaneo. La valutazione in regime estivo risulta perciò più complessa.

I carichi termici vengono poi distinti anche in **carichi sensibili e carichi latenti**, secondo l'analogia distinzione in :

- **CALORE SENSIBILE :** *calore impiegato per far variare la temperatura di un sistema*
- **CALORE LATENTE :** *calore impiegato per far variare stato ad un sistema positivo se ceduto al sistema dall'ambiente, negativo se ceduto dal sistema all'ambiente.*

Nella trattazione seguente tale distinzione non verrà mai effettuata, risultando particolarmente complessa e non necessaria per il dimensionamento dei macchinari.

9.4.1.2. Regime invernale

Per quanto sopra esposto, bisogna innanzitutto precisare le condizioni igrometriche in cui ci si trova ad operare, e che vengono convenzionalmente definite come :

- **Temperatura ambiente esterno (T_i) :** **0° C**
- **Temperatura ambiente interno (T_e) :** **20° C**
- **Differenza di temperatura ($\Delta T = T_e - T_i$) :** **20° C**

Convenzionalmente la temperatura dell'ambiente esterno, secondo la posizione geografica del lotto, corrisponde a - 5° C ma si tiene in considerazione in questo caso la presenza dell'involucro in vetro-policarbonato, che funge da prima protezione contro l'esterno, con conseguente aumento di temperatura stimato a 5° C. Per l'ambiente interno invece si mantiene la condizione standard comunemente definita per benessere e vivibilità di un ambiente interno in inverno, pari a 20° C.

Dovendo distinguere i carichi per ogni blocco del complesso, si sceglie di numerarli, con una classificazione che verrà utilizzata sempre dove necessario.

DISPERSIONI :

$$Q_d = K \cdot A \cdot \Delta T$$

Per quanto riguarda le **dispersioni** si osserva la necessità di distinguere il carico secondo le chiusure trasparenti e quelle opache , dovendo, per tale calcolo, far riferimento alla **trasmissione termica (K)** dell'elemento, diversa ovviamente per pareti e vetri; nel primo caso si fa riferimento al valore caratteristico di un classico doppio vetro, per le pareti invece essa è già stata determinata nel progetto tecnologico, secondo i diversi tipi (con rivestimento in HPL o parete intonacata).

BLOCCO 1 : SERRAMENTI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	2,2	3	132
	N-O		3,5	154
	N-E		11,75	517
	S-E		3	132
Lucernari		2,2	1,5625	85,9375
				1020,9375

BLOCCO 1 : PARETI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	0,15	37,86	113,58
	N-O		25,15	75,45
	N-E		29,11	87,33
	S-E		86,1015	258,3045
Pavimento		0,18	108	388,8
Copertura		0,21	106,4375	447,0375
				1370,502

BLOCCO 2 : SERRAMENTI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	2,2	2	88
	N-O		3,5	154
	N-E		3	132
	S-E		7,8	343,2
P.1.	S-O	2,2	3	132
	N-O		3	132
	N-E		3	132
	S-E		3,5	154
Lucernari		2,2	3,125	171,875
				1439,075

BLOCCO 2 : PARETI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	0,15	38,86	116,58
	N-O		39,49	118,47
	N-E		37,86	113,58
	S-E		35,19	105,57
P.1.	S-O	0,15	44,67	134,01
	N-O		30,425	91,275
	N-E		44,67	134,01
	S-E		46,655	139,965
Pavimento		0,18	168	604,8
Copertura		0,21	108	567
				2125,26

BLOCCO 3 : SERRAMENTI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	2,2	9	396
	N-O		1,5	66
	N-E		12,58	553,52
	S-E		10,33	454,52
				1470,04

BLOCCO 3 : PARETI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	0,15	31,86	95,58
	N-O		27,15	81,45
	N-E		28,28	84,84
	S-E		18,32	54,96
Pavimento		0,18	78,65	283,14
Copertura		0,21	78,65	330,33
				930,3

BLOCCO 4 : SERRAMENTI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	2,2	3,2	140,8
	N-O		2,5	110
	N-E		10,3	453,2
	S-E		4,6	202,4
P.1.	S-O	2,2	2	88
	N-O		1,5	66
	N-E		2,5	110
	S-E		2	88
Lucernari		2,2	1,5625	85,9375
				1344,3375

BLOCCO 4 : PARETI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	0,15	37,66	112,98
	N-O		26,15	78,45
	N-E		30,56	91,68
	S-E		24,05	72,15
P.1.	S-O	0,15	45,67	137,01
	N-O		31,925	95,775
	N-E		45,17	135,51
	S-E		31,425	94,275
Pavimento		0,18	108	388,8
Copertura		0,21	106,4375	447,0375
				1653,6675

BLOCCO 5 : SERRAMENTI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	2,2	4,6	202,4
	N-O		2,5	110
	N-E		3,6	158,4
	S-E		6,5	286
P.1.	S-O	2,2	1,7	74,8
	N-O		3,5	154
	N-E		3,5	154
	S-E		1,7	74,8
Lucernari		2,2	2,34375	128,90625
				1343,306

BLOCCO 5 : PARETI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	0,15	36,26	108,78
	N-O		26,15	78,45
	N-E		37,26	111,78
	S-E		22,15	66,45
P.1.	S-O	0,15	45,97	137,91
	N-O		29,925	89,775
	N-E		44,17	132,51
	S-E		31,725	95,175
Pavimento		0,18	108	388,8
Copertura		0,21	105,65625	443,75625
				1653,38625

BLOCCO 6 : SERRAMENTI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	2,2	17,7	778,8
	N-O		4	176
	N-E		9	396
	S-E		4,5	198
P.1.	S-O	2,2	2	88
	N-O		3,5	154
	N-E		4,5	198
	S-E		4	176
Lucernari		2,2	3,125	171,875
				2336,675

BLOCCO 6 : PARETI	ESPOSIZIONE	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
		W/m ² c°	m ²	W
P.T.	S-O	0,15	79,02	237,06
	N-O		38,99	116,97
	N-E		87,72	263,16
	S-E		52,14	156,42
P.1.	S-O	0,15	45,67	137,01
	N-O		46,655	139,965
	N-E		43,17	129,51
	S-E		46,155	138,465
Pavimento		0,18	327	1177,2
Copertura		0,21	323,875	1360,275
				3856,035

TOTALE	20543,522	W
	17664,249	kcal/h

Tabella 81 : Valori di carico termico per dispersione

VENTILAZIONE :

$$Q_v = ia \cdot A \cdot q$$

$$Q_v = e \cdot V \cdot q$$

Per la **ventilazione** il parametro di riferimento è invece la **portata di aria**, ricavata per ogni locale di ogni blocco; l'analisi risulta quindi più dettagliata. Il calcolo di tale valore fa riferimento alla *UNI 10339*, dove vengono riportati i valori dell'**indice di affollamento (ia)** e della **portata d'aria esterna (q)**, che, moltiplicati tra loro secondo l'**area (A)** dello spazio studiato, contribuiscono a ricavare il valore finale. Particolarmente significativi sono i locali adibiti a servizi igienici da cui l'aria deve essere estratta; il calcolo è differente : la stessa *UNI 10339* riporta i valori di

estrazioni (e) d'aria da dover effettuare da tali locali, da cui si ottiene il risultato finale (secondo il **volume (V)**).

BLOCCO 1	LOCALE	INDICE AFFOLL.	AREA	ESTRAZIONI	VOLUME	ARIA EST.	PORTATA ARIA
		persone /100 m ²	m ²	vol/h		m ³ /h	persone m ³ /h
P.T.	Hall	0,5	26			13	169
	Palestra	0,2	53			60	636
	Disimpegno	0,5	9			13	58,5
	Deposito	0,5	3			13	19,5
	Bagni		11,43	8	34,29	274,32	274,32
							714

BLOCCO 2	LOCALE	INDICE AFFOLL.	AREA	ESTRAZIONI	VOLUME	ARIA EST.	PORTATA ARIA
		persone /100 m ²	m ²	vol/h		m ³ /h	persone m ³ /h
P.T.	Hall	0,5	28			13	182
	Sala Prove	0,4	55			25	550
	Aula multimediale	0,4	34			25	340
	Disimpegno	0,5	20			13	130
	Deposito	0,5	4,5			13	29,25
	Bagni		12,58	8	37,74	301,92	301,92
P.1.	Zona ristoro	0,5	33			13	214,5
	Aula informatica	0,4	33			25	330
	Aula studio	0,4	34			25	340
							2417,67

BLOCCO 3	LOCALE	INDICE AFFOLL.	AREA	ESTRAZIONI	VOLUME	ARIA EST.	PORTATA ARIA
		persone /100 m ²	m ²	vol/h		m ³ /h	persone m ³ /h
P.T.	Ristoro	0,6	37			35	777
	Cucina	0,6	13			35	273
	Disimpegno	0,5	7			13	45,5
	Deposito	0,5	4			13	26
	Bagni		12,58	8	37,74	301,92	301,92
							1423,42

BLOCCO 4	LOCALE	INDICE AFFOLL.	AREA	ESTRAZIONI	VOLUME	ARIA EST.	PORTATA ARIA
		persone /100 m ²	m ²	vol/h		m ³ /h	persone m ³ /h
P.T.	Hall	0,5	32			13	208
	Aula gioco	0,4	53			25	530
	Bagni		11,47	8	34,41	275,28	275,28
P.1.	Aula studio	0,4	66			25	660
							1013,28

BLOCCO 5	LOCALE	INDICE AFFOLL.	AREA	ESTRAZIONI	VOLUME	ARIA EST.	PORTATA ARIA
		persone /100 m ²	m ²	vol/h		m ³ /h	persone m ³ /h
P.T.	Hall	0,5				13	0
	Aula ricreativa	0,4	67			25	670
	Disimpegno	0,5	9			13	58,5
	Deposito	0,5	4			13	26
	Bagni		16,2	8	48,6	388,8	388,8
P.1.	Aula studio	0,4	66			25	660
							1143,3

BLOCCO 6	LOCALE	INDICE AFFOLL.	AREA	ESTRAZIONI	VOLUME	ARIA EST.	PORTATA ARIA
		persone /100 m ²	m ²	vol/h		m ³ /h	persone m ³ /h
P.T.	Hall	0,5	72			13	468
	Aula multimediale	0,4	65			25	650
	Palestra	0,2	90			60	
	Disimpegno	0,5	50			13	325
	Deposito	0,5	8,5			13	55,25
	Bagni		22,15	8	66,45	531,6	531,6
P.1.	Spazio interazione	0,4	80			25	800
	Aula informatica	0,4	27			25	270
	Aula ricreativa	0,4	55			25	550
							3649,85

FABBISOGNO PER VENTILAZIONE	10361,52	m³/h
CALORE SPECIFICO ARIA	0,33	Wh/m ³ C
DIFFERENZA TEMPERATURA	25	C
CARICO TERMICO	85482,54	W

Tabella 82 : Valori di portata d'aria per i diversi blocchi

Si ottengono i **carichi termici invernali totali**, cioè il **fabbisogno termico invernale**, come somma delle componenti : essi coincidono con la **potenza termica totale** l'apparecchiatura di fornitura del calore dovrà avere :

FABBISOGNO TERMICO = POTENZA TERMICA TOTALE :	106026,062	W
--	-------------------	----------

Tali valori devono essere confrontati con quelli ricavati in regime estivo, e i carichi maggiori verranno utilizzati per il dimensionamento delle apparecchiature.

9.4.1.3. Regime estivo

Anche in questo caso vengono subito definite le condizioni degli ambienti studiati :

- **Temperatura ambiente esterno (T_i) :** **28° C**
- **Temperatura ambiente interno (T_e):** **26° C**
- **Differenza di temperatura ($\Delta T = T_e - T_i$) :** **2° C**

La temperatura standard dell'ambiente esterno corrisponde in realtà a 31° C (sempre secondo studi geografici) ma di nuovo l'effetto dell'involucro esterno porta ad un cambiamento termico, arrivando ad una temperatura ipotetica stimata di 28°.

Si tratta comunque di un'ipotesi non essendo possibile valutare sperimentalmente il valore della temperatura all'interno dell'involucro.

Anche in questo caso si analizzano i blocchi singolarmente.

IRRAGGIAMENTO

$$Q_r = i \cdot A$$

Il carico per **irraggiamento** si ottiene dal prodotto fra **irradianza (I)**, e **area (A)** della chiusura considerata. L'irraggiamento è un parametro termico definito da :

- **Radiazione** = energia emessa dalla superficie di qualsiasi corpo a temperatura > 0° C, sottoforma di radiazione elettromagnetica.
- **Flusso radiante** = quantità di radiazione emessa per unità di tempo.
- **Densità di flusso radiante** = flusso radiante per unità di area
- **Irradianza** = densità di flusso radiante incidente su una superficie.

Tale valore deve essere riferito alle superfici vetrate, le uniche che possono assorbire energia termica solare e trasmetterla all'interno, e deve essere scelta l'esposizione peggiore nel periodo estivo, che risulta essere **sud-est** (da progetto); i valori di irradianza sono riportati nella *UNI 10349*, secondo latitudine dell'area e esposizione. Per questo caso (latitudine 45° N), si ottiene **irradianza = 422,169 W / m²**, valore massimo a sud-est, corrispondente ai mesi maggio-luglio alle ore 9.00.

Anche in questo caso l'involucro in vetro-policarbonato offre una prima protezione ai serramenti degli edifici, e per l'irradianza devono essere usati **fattori correttivi (FCR)**:

- $FCR_1 = \text{telaio metallico} = 0,17$ l'irradianza si riferisce a telai lignei
- $FCR_2 = 0,52 = \text{vetro doppio senza schermature}$ da scelta progettuale
- $FCR_3 = 0,6 = \text{fattore di accumulo}$ per le ore di funzionamento dell'impianto
- $FCR_4 = 0,3 = \text{coefficiente di abbassamento}$ per la presenza dell'involucro

FCR_t	
Telaio in metallo:	+ 17 %
Foschia:	- 15 %
Altitudine:	+ 0.7 % per ogni 300 mt. di altitudine sul livello del mare
Punto di rugiada:	- 5% per ogni 4 °C di aumento del punto di rugiada dell'aria esterna rispetto a 19.5°C.

Tabella 83 : Valori dei fattori correttivi

FCR_2		Veneziana interna o avvolgibile interno (45°)			Veneziana esterna (45°)		Tenda esterna	
Tipo di vetro	Senza schermi	Chiara	media	Scura	chiara	Chiara all'esterno scura all'interno	Chiara	Media o scura
Vetro semplice	1	0.56	0.65	0.75	0.15	0.13	0.20	0.25
Vetro doppio	0.9	0.54	0.61	0.67	0.14	0.12	0.18	0.22
Vetro triplo	0.83	0.48	0.56	0.64	0.12	0.11	0.16	0.2
Vetro da 6 mm	0.94	0.56	0.65	0.74	0.12	0.12	0.19	0.24
Vetro assorbente (40 % - 70%)	0.8 ÷ 0.62	0.51 ÷ 0.56	0.62 ÷ 0.64	0.72 ÷ 0.56	0.12 ÷ 0.10	0.1 ÷ 0.10	0.16 ÷ 0.12	0.20 ÷ 0.16

Tabella 84 : Fattori correttivi secondo tipo di vetro e oscuramento

Lat. NORD	Ora solare – Vetro non schermato o con schermo esterno												
	Kg/m ²	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nord /Est	730	0.34	0.42	0.47	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.29	0.26	0.25
	490	0.35	0.45	0.50	0.49	0.45	0.42	0.34	0.30	0.27	0.26	0.23	0.20
	150	0.40	0.62	0.69	0.64	0.48	0.34	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12
Est	730	0.36	0.44	0.50	0.53	0.53	0.50	0.44	0.39	0.36	0.34	0.30	0.28
	490	0.34	0.44	0.54	0.58	0.57	0.51	0.44	0.39	0.34	0.31	0.28	0.24
	150	0.36	0.56	0.71	0.76	0.70	0.54	0.39	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12
Sud /Est	730	0.34	0.37	0.43	0.50	0.54	0.58	0.57	0.55	0.50	0.45	0.41	0.37
	490	0.29	0.33	0.41	0.51	0.58	0.61	0.61	0.56	0.49	0.44	0.37	0.33
	150	0.14	0.27	0.47	0.64	0.75	0.79	0.73	0.61	0.45	0.32	0.23	0.18

Tabella 85 : Fattori di accumulo per vetro con schermo esterno

Il vetro, scelto doppio, viene considerato con schermatura esterna, data dall'involucro.

BLOCCO 1	IRRADIANZA	FATTORI CORRETTIVI	AREA	CARICO TERMICO
	W/m ²		m ²	W
P.T.	422,169	1,59	3	2013,746
				2013,746

BLOCCO 2	IRRADIANZA	FATTORI CORRETTIVI	AREA	CARICO TERMICO
	W/m ²		m ²	W
P.T.	422,169	1,59	7,8	5235,740
P.1.	422,169	1,59	3,5	2349,370
				7585,110

BLOCCO 3	IRRADIANZA	FATTORI CORRETTIVI	AREA	CARICO TERMICO
	W/m ²		m ²	W
P.T.	422,169	1,59	10,33	6933,999
				6933,999

BLOCCO 4	IRRADIANZA	FATTORI CORRETTIVI	AREA	CARICO TERMICO
	W/m ²		m ²	W
P.T.	422,169	1,59	4,6	3087,744
P.1.	422,169	1,59	2	1342,497
				4430,241

BLOCCO 5	IRRADIANZA	FATTORI CORRETTIVI	AREA	CARICO TERMICO
	W/m ²		m ²	W
P.T.	422,169	1,59	6,5	4363,117
P.1.	422,169	1,59	1,7	1141,123
				5504,239

BLOCCO 6	IRRADIANZA	FATTORI CORRETTIVI	AREA	CARICO TERMICO
	W/m ²		m ²	W
P.T.	422,169	1,59	4,5	3020,619
P.1.	422,169	1,59	4	2684,995
				5705,614

TOTALE	32172,951	W
---------------	------------------	----------

Tabella 86 : Valori di carico termico per irraggiamento

TRASMISSIONE

$$Q_t = K \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_t = K \cdot A \cdot \Delta T_{eq}$$

Per quanto riguarda i carichi per **trasmissione** le considerazioni sono le stesse già effettuate per le dispersioni nel caso invernale, basandosi sulla **trasmittanza**.

Differenza sostanziale è però l'uso, per le chiusure opache, di una particolare differenza di temperatura, ΔT_{eq} = **differenza di temperatura equivalente**, che considera l'apporto solare variabile ciclicamente durante la giornata, l'escursione termica giornaliera dell'aria esterna e le caratteristiche inerziali delle strutture di delimitazione del volume condizionato (riferite al peso per m² di superficie); tali valori sono riportati nella *UNI 10339*.

Lat. NORD	Ora solare												
	ΔT_{equiv} per muri di colore grigio, mese di LUGLIO, escursione termica giornaliera 11°C, $T_{a.e} = 34\text{ °C}$ e $T_{a.a} = 26\text{ °C}$, 40° Latitudine NORD												
Espos.ne	Kg/ m ²	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Nord /Est	300	-1.4	2.5	13.1	11.9	10.8	8.1	5.3	5.8	6.4	6.9	7.4	6.9
	500	1.9	1.9	1.9	5.3	8.5	8.1	7.4	6.4	5.3	5.8	6.4	6.4
	700	3	3	3	3	3	5.3	7.4	8.5	7.4	6.4	5.3	5.3
Est	300	-0.3	11.3	16.4	16.9	16.9	10.2	7.4	6.9	6.4	6.9	7.4	6.9
	500	3	4.2	7.4	10.8	13.1	13.6	13.1	10.8	9.7	8.5	7.4	7.4
	700	5.3	4.7	4.2	4.7	5.3	8.1	9.7	10.2	9.7	9.2	8.5	7.4
Sud /Est	300	-0.3	6.9	10.8	13.1	15.2	14.1	13.6	11.3	9.7	8.1	7.4	6.9
	500	3	3	3	5.8	8.5	9.2	9.7	10.2	9.7	8.5	7.4	6.9
	700	4.2	4.2	4.2	3.6	3	5.8	7.4	8.1	8.5	9.7	8.5	8.1
Sud	300	-2.5	-1.9	-1.4	3.6	6.4	10.8	13.1	13.6	14.1	12.5	10.8	10.8
	500	0.8	0.8	0.8	1.3	1.9	4.1	6.4	8.1	8.5	9.7	9.7	9.7
	700	3	2.5	1.9	3.9	1.9	1.9	1.9	3.6	5.3	6.9	7.4	7.4
Sud/Ovest	300	-0.3	-0.3	-0.3	0.2	0.8	4.2	6.4	13.1	17.5	19.2	19.7	19.2
	500	3	2.5	1.3	2.5	3	3.6	4.2	6.4	7.4	10.2	11.9	12.5
	700	4.2	4.2	4.2	3.6	3	3	3	3.6	4.2	4.7	5.3	8.1
Ovest	300	-0.3	-0.3	-0.3	0.8	1.9	3.6	5.3	10.2	14.1	18.6	21.9	22.5
	500	3	3	3	3	3	3.6	4.2	5.3	6.4	9.2	10.8	13.6
	700	5.3	4.7	4.2	4.2	4.2	4.7	5.3	5.3	5.3	5.8	6.4	7.4
Nord/Ovest	300	-2.5	-1.9	-1.4	-0.3	0.8	3	4.2	5.3	6.4	11.3	16.4	16.9
	500	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.5	3	4.7	6.4	9.1
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.6	4.2	4.7
Nord o in ombra	300	-2.5	-1.9	-1.4	-0.8	-0.3	1.3	3	4.2	5.3	5.8	6.4	6.4
	500	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.2	0.8	1.3	1.9	2.5	2.5	2.5
	700	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.2	0.8	1.3	1.3	2.5

Tabella 87 : Valori di ΔT equivalente

In condizioni diverse da quelle in didascalia occorre apportare le seguenti correzioni:

$$\Delta T_{equiv. eff.} = \Delta T_{equiv. tab.} + [(T_{a.e.} - T_{a.a.}) - (34 - 26)]$$

Da cui si ricava : $\Delta T_{eq} = 4,9\text{ °C}$.

Si osserva però che per pavimenti e soffitti, valutati come chiusure orizzontali per le trasmissioni, $\Delta T_{eq} = 0\text{ °C}$, essendo tale valore riferito alle sole pareti verticali; nell'analisi i valori di trasmissione relativi a tali elementi risultano perciò nulli.

BLOCCO 1 : SERRAMENTI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	2,2	3	13,200
			13,200

BLOCCO 1 : PARETI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	0,15	86,1015	63,285
PAVIMENTO	0,18	108	0,000
COPERTURA	0,21	106,4375	0,000
			63,285

BLOCCO 2 : SERRAMENTI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	2,2	7,8	34,32
P.1.		3,5	15,400
			49,720

BLOCCO 2 : PARETI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	0,15	35,19	25,865
P.1.		46,655	34,291
PAVIMENTO	0,18	168	0,000
COPERTURA	0,21	108	0,000
			60,156

BLOCCO 3 : SERRAMENTI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	2,2	10,33	45,452
			45,452

BLOCCO 3 : PARETI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	0,15	18,32	13,465
PAVIMENTO	0,18	78,65	0,000
COPERTURA	0,21	78,65	0,000
			13,465

BLOCCO 4 : SERRAMENTI	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	2,2	4,6	20,240
P.1.		2	8,800
			29,040

BLOCCO 4 :	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
PARETI	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	0,15	24,05	17,677
P.1.		31,425	23,097
PAVIMENTO	0,18	108	0,000
COPERTURA	0,21	106,4375	0,000
			40,774

BLOCCO 5 :	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
SERRAMENTI	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	2,2	6,5	28,600
P.1.		1,7	7,480
			36,080

BLOCCO 5 :	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
PARETI	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	0,15	22,15	16,280
P.1.		31,725	23,318
PAVIMENTO	0,18	108	0,000
COPERTURA	0,21	105,6563	0,000
			39,598

BLOCCO 6 :	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
SERRAMENTI	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	2,2	4,5	1,782
P.1.		4	1,584
			3,366

BLOCCO 6 :	TRASMITTANZA	AREA	CARICO TERMICO
PARETI	$W/m^2 c^\circ$	m^2	W
P.T.	0,15	52,14	17,206
P.1.		46,155	15,231
PAVIMENTO	0,18	327	0,000
COPERTURA	0,21	323,88	0,000
			32,437

TOTALE	249,715	W
---------------	----------------	----------

Tabella 88 : Valori di carico termico per trasmissione

VENTILAZIONE

$$Q_v = i_a \cdot A \cdot q$$

$$Q_v = e \cdot V \cdot q$$

Il carico termico per **ventilazione** non varia rispetto alla condizione invernale, essendo identici i parametri di riferimento; se ne riportano perciò soltanto i risultati già ottenuti.

FABBISOGNO PER VENTILAZIONE	10361,52	m3/h
CALORE SPECIFICO ARIA	0,33	Wh/m3 C
DIFFERENZA TEMPERATURA	25	C
CARICO TERMICO	85482,54	W

Tabella 89 : Carico termico per ventilazione

APPORTI INTERNI

Gli **apporti interni di persone, illuminazione e apparecchiature elettriche** sono gli ultimi da analizzare : il primo è il **carico per affollamento**, ricavabile dai due parametri di **grado di attività media** e di **numero di persone al m²**, valori tabulati dalla **UNI 10339**; per schematizzare le diverse attività, si sceglie la categoria “**lavoro seduto o in leggero movimento**” per una temperatura interna di 26° C, come già analizzato.

T_{b,s}	24		26		27		28	
	Lat. [kcal/h]	Sens. [kcal/h]	Lat. [kcal/h]	Sens. [kcal/h]	Lat. [kcal/h]	Sens. [kcal/h]	Lat. [kcal/h]	Sens. [kcal/h]
ATTIVITA'								
Seduto a riposo	30	60	35	55	40	50	45	45
Seduto, lavoro molto leggero	40	60	45	55	50	50	55	45
Impiegato d'ufficio in attività moderata	50	60	60	55	65	50	70	45
Lavoro leggero al banco	115	75	130	60	135	55	140	50
Lavoro sedentario	70	70	80	60	85	55	90	50

Tabella 90 : Valori di calore emesso dalle persone

La stessa normativa propone il numero di persone da valutare per ogni m² di locale considerato, sempre valutato secondo la categoria di attività. Il valore standard, che si sceglie di utilizzare, corrisponde a 8 persone al m².

BLOCCO 1	<i>m² A PERSON</i>	<i>SENSIBILE</i>	<i>LATENTE</i>	<i>AREA</i>	<i>NUMERO</i>	CARICO TERMICO
		<i>W</i>	<i>W</i>	<i>m²</i>	<i>PERSONE</i>	<i>W</i>
<i>P.T.</i>	8	65	82	79	9,875	1451,625
						1451,625

BLOCCO 2	<i>m² A PERSON</i>	<i>SENSIBILE</i>	<i>LATENTE</i>	<i>AREA</i>	<i>NUMERO</i>	CARICO TERMICO
		<i>W</i>	<i>W</i>	<i>m²</i>	<i>PERSONE</i>	<i>W</i>
<i>P.T.</i>	8	65	82	117	14,625	2149,875
<i>P.1.</i>	8	65	82	100	12,5	1837,5
						3987,375

BLOCCO 3	<i>m² A PERSON</i>	<i>SENSIBILE</i>	<i>LATENTE</i>	<i>AREA</i>	<i>NUMERO</i>	CARICO TERMICO
		<i>W</i>	<i>W</i>	<i>m²</i>	<i>PERSONE</i>	<i>W</i>
<i>P.T.</i>	8	65	82	50	6,25	918,75
						918,75

BLOCCO 4	<i>m² A PERSON</i>	<i>SENSIBILE</i>	<i>LATENTE</i>	<i>AREA</i>	<i>NUMERO</i>	CARICO TERMICO
		<i>W</i>	<i>W</i>	<i>m²</i>	<i>PERSONE</i>	<i>W</i>
<i>P.T.</i>	8	65	82	85	10,625	1561,875
<i>P.1.</i>	8	65	82	66	8,25	1212,75
						2774,625

BLOCCO 5	<i>m² A PERSON</i>	<i>SENSIBILE</i>	<i>LATENTE</i>	<i>AREA</i>	<i>NUMERO</i>	CARICO TERMICO
		<i>W</i>	<i>W</i>	<i>m²</i>	<i>PERSONE</i>	<i>W</i>
<i>P.T.</i>	8	65	82	67	8,375	1231,125
<i>P.1.</i>	8	65	82	66	8,25	1212,75
						2443,875

BLOCCO 6	<i>m² A PERSON</i>	<i>SENSIBILE</i>	<i>LATENTE</i>	<i>AREA</i>	<i>NUMERO</i>	CARICO TERMICO
		<i>W</i>	<i>W</i>	<i>m²</i>	<i>PERSONE</i>	<i>W</i>
<i>P.T.</i>	8	65	82	227	28,375	4171,125
<i>P.1.</i>	8	65	82	162	20,25	2976,75
						7147,875

TOTALE	18724,125	W
---------------	------------------	----------

Tabella 91 : Valori di carico per affollamento

L'**illuminazione** non viene definita in modo dettagliato nel progetto, si sceglie pertanto di utilizzare un valore standard di **potenza** (che è il parametro di riferimento), sempre in relazione al numero di persone per m².

BLOCCO 1	$m^2 A$	POTENZA	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	20	102,72	2054,4
				2054,4

BLOCCO 2	$m^2 A$	POTENZA	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	20	154,08	3081,6
P.1.	8	20	100	2000
				5081,6

BLOCCO 3	$m^2 A$	POTENZA	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	20	73,58	1471,6
				1471,6

BLOCCO 4	$m^2 A$	POTENZA	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	20	96,47	1929,4
P.1.	8	20	66	1320
				3249,4

BLOCCO 5	$m^2 A$	POTENZA	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	20	96,19	1923,8
P.1.	8	20	66	1320
				3243,8

BLOCCO 6	$m^2 A$	POTENZA	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	20	307,65	6153
P.1.	8	20	162	3240
				9393

TOTALE	24493,8	W
---------------	----------------	----------

Tabella 92 : Valori di carico per illuminazione

Anche per le **apparecchiature** si sceglie un valore convenzionale per la **potenza**, non avendo definito in modo preciso il progetto di arredo interno; ci si riferisce in questo caso soltanto ai blocchi 2, 3 e 6, gli unici in cui le apparecchiature sono presenti (rispettivamente pc per le aule informatiche nei blocchi 2 e 6 e elettrodomestici da cucina nella zona ristoro del blocco 3).

BLOCCO 2	$m^2 A$	POTENZ	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	25	89	2225
P.1.	8	25	33	825
				3050

BLOCCO 3	$m^2 A$	POTENZ	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	25	13	325
				325

BLOCCO 6	$m^2 A$	POTENZ	AREA	CARICO TERMICO
	PERSON	W/m^2	m^2	W
P.T.	8	25	65	1625
P.1.	8	25	27	675
				2300

TOTALE	5675	W
---------------	-------------	----------

Tabella 93 : Valori di carico termico dato dalle apparecchiature

Si ricava anche in questo caso il valore totale dei **carichi termici estivi**, pari al **fabbisogno** in questo regime ; esso corrisponde già alla potenza della macchina da utilizzare per fornire raffrescamento.

FABBISOGNO ESTIVO =POTENZA FRIGORIFERA TOTALE :	81315,591	W
--	------------------	----------

Dal confronto fra i due regimi si osserva che il carico maggiore è fornito dal regime invernale, diversamente dalla situazione standard a questa latitudine; la ragione va trovata nel contributo dell'involucro in vetro-policarbonato.

9.4.1.4. Pompa di calore

L'impianto di riscaldamento e raffrescamento viene predisposto con appositi macchinari, innovativi e comunque attualmente comunemente utilizzati in campo impiantistico. Segue la trattazione delle singole apparecchiature; l'impianto generale, nel suo completo funzionamento, viene schematizzato alla fine.

L'apparecchiatura principale di un impianto di riscaldamento e raffrescamento è la **pompa di calore**, una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta.

Le possibili applicazioni della pompa di calore sono due, **climatizzazione degli ambienti e riscaldamento degli ambienti e produzione dell'acqua sanitaria**.

Nel primo caso essa viene utilizzata **in alternativa ai sistemi convenzionali composti da refrigeratore più caldaia**; la stessa macchina può fornire calore in inverno e freddo in estate (invertibile).

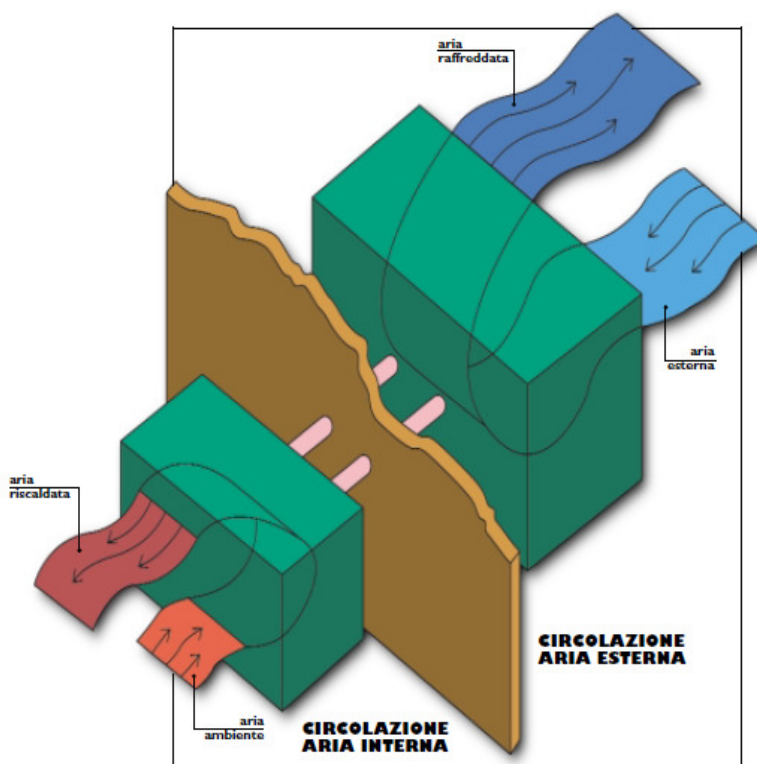


Figura 135 : Schematizzazione flusso aria

L'applicazione della pompa di calore alla climatizzazione ambientale (riscaldamento + raffrescamento) è la più conveniente poiché comporta un minor tempo di ammortamento del costo d'impianto rispetto ad un utilizzo per il solo riscaldamento. Per il secondo uso vanno invece valutati gli aspetti economici rispetto ai sistemi tradizionali quali caldaie e scaldabagni elettrici o a gas.

Essa è costituita da un **circuito chiuso**, percorso da uno speciale fluido (frigorifero)

che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore; il circuito chiuso è costituito da **un compressore, un condensatore, una valvola di espansione e un evaporatore.**

Il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, cioè tubi posti a contatto con un fluido di servizio (che può essere acqua o aria) nei quali scorre il fluido frigorifero; questo cede calore al condensatore e lo sottrae all'evaporatore.

I componenti del circuito possono essere sia raggruppati in un unico blocco, sia divisi in due parti (sistemi "SPLIT") raccordati dai tubi nei quali circola il fluido frigorifero.

Nel funzionamento il fluido, all'interno del circuito, subisce le seguenti trasformazioni:

- Compressione: il fluido frigorifero allo stato gassoso e a bassa pressione, proveniente dall'evaporatore, viene portato ad alta pressione; nella compressione si riscalda assorbendo una certa quantità di calore.
- Condensazione: il fluido frigorifero, proveniente dal compressore, passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno.
- Espansione: passando attraverso la valvola di espansione il fluido frigorifero liquido si trasforma parzialmente in vapore e si raffredda.
- Evaporazione: il fluido assorbe calore dall'esterno ed evapora completamente.

L'insieme di queste trasformazioni costituisce il ciclo della pompa di calore: fornendo energia con il compressore, al fluido frigorifero, questo, nell'evaporatore, assorbe calore dal mezzo circostante e, tramite il condensatore, lo cede al mezzo da riscaldare.

Nel corso del suo funzionamento, la pompa di calore:

- consuma energia elettrica nel compressore.
- assorbe calore nell'evaporatore, dal mezzo circostante (aria o acqua).
- cede calore al mezzo da riscaldare nel condensatore (aria o acqua).

Il vantaggio nell'uso della pompa di calore deriva dalla sua capacità di fornire più energia (calore) di quella elettrica impiegata per il suo funzionamento in quanto estrae calore dall'ambiente esterno (aria-acqua).

Attraverso una valvola vengono scambiate le funzioni dell'evaporatore e del condensatore, fornendo così calore in inverno e freddo in estate (tipo Invertibile).

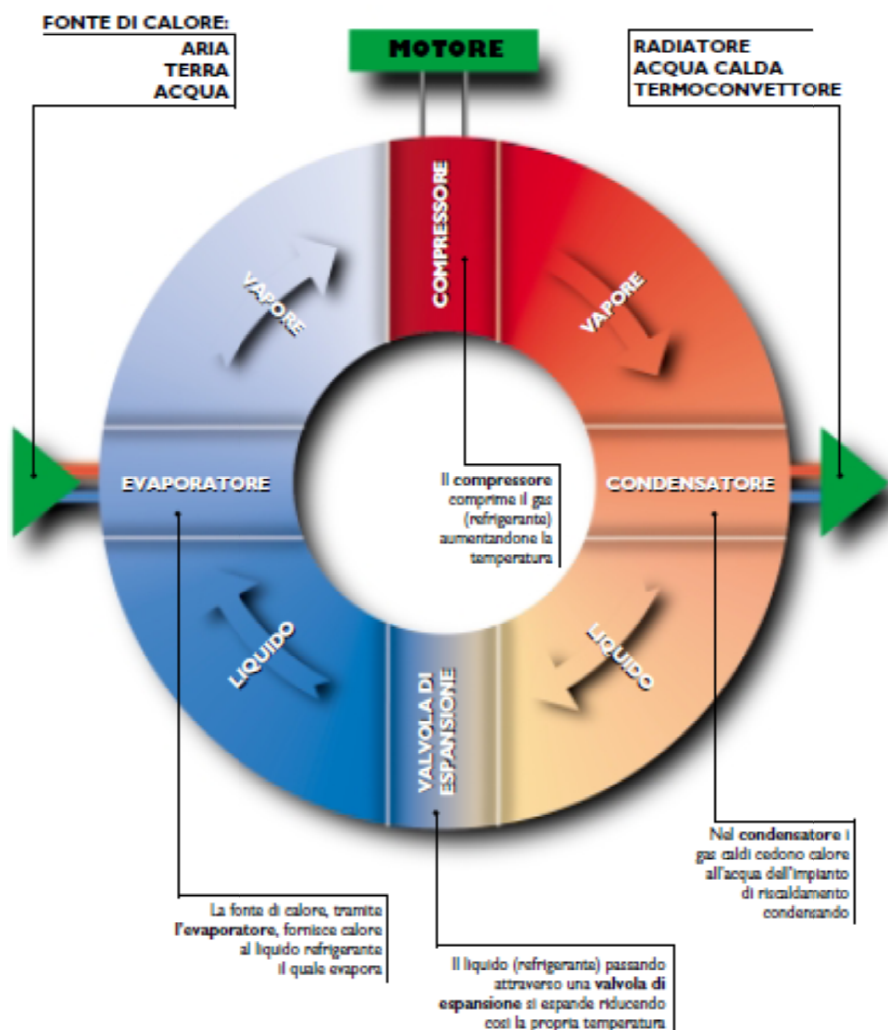


Figura 136 : Schema di funzionamento della pompa di calore

Il mezzo esterno da cui si estrae calore è detto sorgente fredda; il fluido frigorifero assorbe calore dalla sorgente fredda tramite l'evaporatore. Le **sorgenti fredde** sono:

- **aria:** esterna al locale dove è installata la pompa di calore oppure estratta dal locale dove è installata la pompa di calore.
- **acqua:** di falda, di fiume, di lago, se presente in prossimità e a ridotta profondità.
- **acqua accumulata** in serbatoi e riscaldata dalla radiazione solare
- **terreno**, nel quale vengono inserite le tubazioni relative all'evaporatore.

L'aria o l'acqua da riscaldare sono detti pozzo caldo. Nel condensatore il fluido frigorifero cede al pozzo caldo sia il calore prelevato dalla sorgente fredda che l'energia fornita dal compressore. Il calore può essere ceduto all'ambiente attraverso:

- ventilconvettori, costituiti da armadietti dove l'aria viene circola su corpi scaldanti;
- serpentine inserite nel pavimento, nelle quali circola acqua calda;
- canalizzazioni, che trasferiscono il calore prodotto dalla pompa ai diversi locali.

Le pompe si distinguono per la sorgente fredda o il pozzo caldo che utilizzano :

- L'aria ha il vantaggio di essere disponibile ovunque, ma la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente; diverso e più vantaggioso è l'impiego dell'aria interna viziata (aria estratta) che deve essere comunque rinnovata.
- L'acqua garantisce le prestazioni della pompa senza risentire del clima esterno, ma è più costosa.
- Il terreno ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria. È una soluzione costosa.

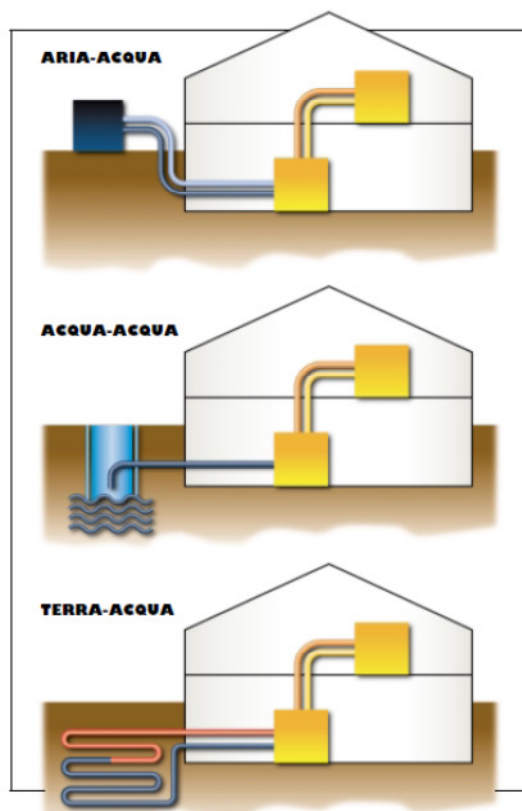


Figura 137 : Tipologie pompe di calore

Come analizzato nei carichi, il fabbisogno termico è maggiore di quello frigorifero e viene usato per dimensionare la pompa di calore; essendo però tale potenza eccessivamente alta, si sceglie di utilizzare due pompe di calore, che funzionino in parallelo: quando una pompa non funziona, l'altra ne sostituisce la potenza.

Si sceglie di utilizzare pompe di **calore geotermiche**, non avendo vincoli sulla tipologia; la scelta ricade sulle unità **GSI AQUA**, pompe di calore acqua/acqua ad alta efficienza che funzionano con circuito chiuso di acqua glicolata, generalmente dal terreno per mezzo di una sonda; il parametro di riferimento per la scelta è la **potenzialità termica**, espressione del **fabbisogno termico**: essendo esso pari a

106,026 kW, si scelgono due pompe di calore tipo **GSI AQUA 260**, in grado di fornire, ciascuna, **potenzialità termica pari a 60,6 kW**.

FUNZIONAMENTO: INVERNALE - RISCALDAMENTO Bo/W35 Geo/Radian

AQUA		105	107	108	110	112	115	117	122	126	260
Potenzialità termica IMP	kW	5,3	6,9	8,2	9,4	11,7	14,1	17,1	21,4	26,2	60,6
Potenzialità frigorifera EXT	kW	4,2	5,5	6,5	7,5	9,3	11,3	13,7	17,1	21,0	48,9
Cop		4,28	4,29	4,34	4,40	4,45	4,45	4,63	4,49	4,55	4,64
Circuiti frigoriferi	n°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tensione di alimentazione*	V/Hz/Ph	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50
Pressione sonora Lp **	dB(A)	44,2	44,2	45,2	45,2	47,4	48,0	48,0	56,0	57,1	60,0
Compressori scroll	n°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Potenza nominale Tot	kW	1,3	1,6	1,9	2,1	2,6	3,2	3,7	4,8	5,8	13,1
Corrente nominale	A	6,3	7,7	9,1	9,4	11,6	14,0	17,0	21,2	25,4	27,2

Tabella 94 : Valori di potenzialità termica della pompa di calore

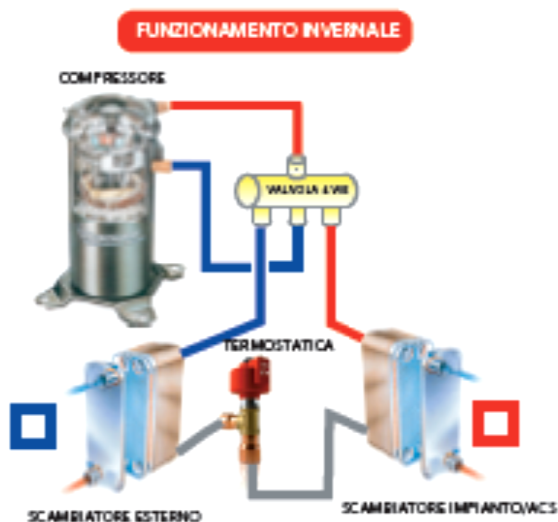


Figura 138 : Funzionamento invernale della pompa



Figura 139 : Funzionamento estivo della pompa



Figura 140 : Pompa di calore GSI AQUA

9.4.1.5. Produzione di ACS

Si sceglie di non produrre **acqua calda sanitaria** attraverso il solare termico, poiché esso risulta essere più efficace nel periodo estivo, quando effettivamente l'acqua calda, che nel nostro caso serve i bagni e la cucina del ristorante, viene utilizzata di meno; mentre nel periodo invernale, quando cioè si richiede maggiore sfruttamento di acqua calda, la resa dei pannelli solari è il più delle volte scarsa o insufficiente.

Grazie invece all'abbondante produzione di energia elettrica, data da un notevole numero di pannelli fotovoltaici in copertura, si è preferito contare su questa risorsa per alimentare la **pompa geotermica**, che a sua volta permette appunto la produzione di acqua calda sanitaria.

Nello specifico, durante il periodo invernale, la pompa di calore geotermica, costituita da sonde fissate nel terreno a una temperatura di circa 12 °C, trasferisce il calore tramite uno scambiatore ad essa connesso, cedendone all'impianto circa 6/7 °C; l'acqua di falda ritorna quindi a 5 °C nel circuito che va sotto terra, per poi essere nuovamente riscaldata. Posto che l'acqua interna che circola si trova sempre intorno ai 20 °C, ricevendone circa 7 dalla pompa, raggiungerebbe una temperatura ancora insufficiente per scaldare sia l'acqua che circola all'interno del riscaldamento a pavimento (in inverno) sia quella sanitaria, che in genere si aggira intorno ai 37/38 °C. Va ricordato infatti che l'impianto è costituito da due elementi, di cui uno è un circuito chiuso collegato ai pannelli radianti del riscaldamento a pavimento, e un secondo circuito che produce l'acqua calda sanitaria. Se appunto la temperatura dell'acqua che arriva dalla pompa di calore non è sufficiente a garantire la temperatura richiesta per i due circuiti, risulta necessaria la presenza di una **caldaia** alimentata a gas che, una volta verificata l'insufficiente temperatura dell'acqua in arrivo dallo scambiatore di calore, scalda l'acqua che poi serve sia il riscaldamento a pavimento che l'acqua calda sanitaria.

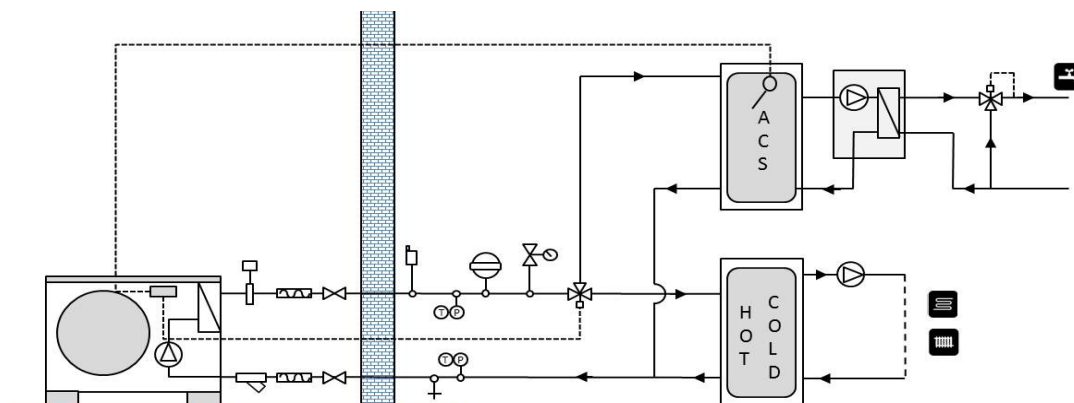


Figura 141 : Schema "tipo" di produzione di ACS

9.4.1.6. Recuperatori di calore

L'impianto di riscaldamento e raffrescamento interessa anche l'aspetto della **ventilazione degli ambienti**, necessaria a livello meccanico qualora non sia garantito il ricambio d'aria naturale (come nel caso in esame); alla pompa di calore vengono quindi collegati i **recuperatori**.

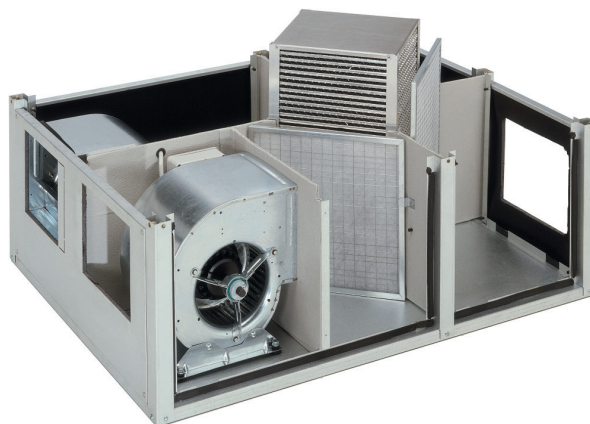


Figura 142 : Recuperatore di calore

I recuperatori di calore sono scambiatori che permettono il trasferimento di calore e/o umidità tra un flusso di aria di espulsione ed un flusso di aria di immissione, sotto l'azione di una differenza di temperatura (o di umidità).

L'isolamento degli edifici, oggi esigenza primaria nella costruzione, ha spesso come conseguenza la riduzione della ventilazione naturale e impone il ricorso alla ventilazione forzata per il ricambio dell'aria. La ventilazione, naturale o in alternativa forzata, è indispensabile per il benessere delle persone : favorisce il rinnovo dell'ossigeno, necessario alla respirazione e alla salute, e riduce i contaminanti in sospensione, quali odori, gas, batteri e polveri, che possono svilupparsi all'interno di un ambiente. La ventilazione degli ambienti dotati di impianti di riscaldamento o di condizionamento comporta uno spreco di energia, quella appunto impiegata per modificare la temperatura dell'aria che si disperde all'esterno.

I recuperatori di energia termica permettono però di evitare questo dispendio : espellono aria viziata e introducono aria pulita recuperando buona parte dell'energia termica utilizzata per riscaldarla in inverno o per rinfrescarla in estate. In questo modo si ottengono importanti risparmi energetici ed è possibile ridurre la potenza delle macchine installate, il loro costo e il costo di esercizio dell'impianto.

Lo studio dei recuperatori di calore prende in considerazione il parametro della portata d'aria : tale valore è già stato calcolato, per ogni blocco interno all'involucro; si studia quindi semplicemente il posizionamento dei recuperatori : studiando la tipologia di

ambienti interni e la loro necessità di ventilazione, si osserva che la soluzione più corretta è quella di disporre un apparecchio in ogni blocco.

I recuperatori scelti sono del tipo AIREC :

- **BLOCCO 1 :** Portata d'aria = 714 m³/h
Recuperatore AIREC 1000 - Portata 800 m³/h
- **BLOCCO 2 :** Portata d'aria = 2417,67 m³/h
Recuperatore AIREC 2500 - Portata 2450 m³/h
- **BLOCCO 3 :** Portata d'aria = 1423,42 m³/h
Recuperatore AIREC 1500 - Portata 1650 m³/h
- **BLOCCO 4 :** Portata d'aria = 1013,28 m³/h
Recuperatore AIREC 1000 - Portata 1050 m³/h
- **BLOCCO 5 :** Portata d'aria = 1143,3 m³/h
Recuperatore AIREC 1500 - Portata 1350 m³/h
- **BLOCCO 6 :** Portata d'aria = 3649,85 m³/h
Recuperatore AIREC 4000 - Portata 4060 m³/h

Il funzionamento dei recuperatori AIREC è basato sullo scambio di temperatura tra l'aria viziata in uscita e quella pulita in ingresso: due ventilatori e un pacco di scambio ne costituiscono i componenti fondamentali. D'inverno l'aria calda viziata viene estratta dall'ambiente interno dal primo ventilatore; prima di essere espulsa passa per il pacco di scambio dove cede il suo calore all'aria esterna fredda, aspirata dal secondo ventilatore. La temperatura dell'aria che entra viene così riscaldata prima di essere introdotta all'interno dell'edificio. D'estate, invece, avviene il processo contrario.

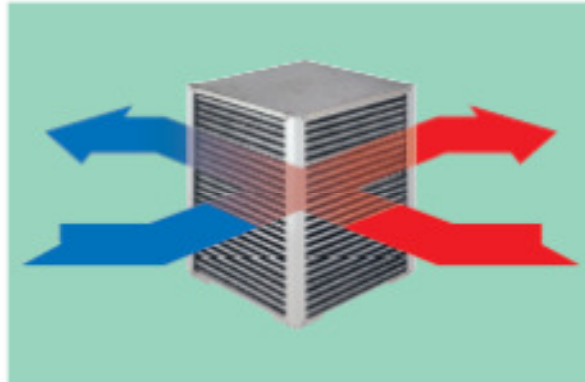


Figura 143 : Percorso del flusso d'aria attraverso il pacco di scambio



Figura 144 : Funzionamento invernale del recuperatore

L'aria esterna calda, attraverso lo scambiatore di calore, si raffredda, cedendo il proprio calore all'aria viziata fresca dell'interno climatizzato che esce.

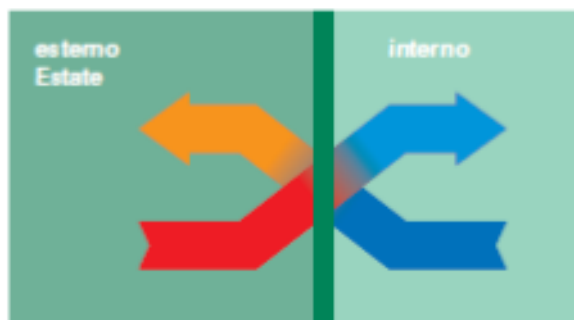


Figura 1 : Funzionamento estivo del recuperatore

I recuperatori AIREC consentono di **risparmiare oltre il 50% dell'energia utilizzata per il riscaldamento o la climatizzazione**, che altrimenti andrebbe inevitabilmente persa; si integrano perfettamente con i sistemi tradizionali basati su ventilconvettori, radiatori e unità di condizionamento.

Le unità di recupero AIREC a sviluppo orizzontale presentano dimensioni contenute e sono facili da montare; La struttura dei recuperatori AIREC è realizzata in aluzink; il flusso dell'aria espulsa e quello dell'aria immessa attraverso lo scambiatore con movimento incrociato e non interferiscono mai tra loro. Sono forniti di isolamento acustico e termico grazie al rivestimento di polietilene e poliestere; inoltre filtrano l'aria ed eliminando efficacemente dall'ambiente il fumo e i cattivi odori.

Nonostante il dimensionamento sia già stato effettuato, è necessario ricordare che i recuperatori di calore devono essere dotati di batterie di **pre e post riscaldamento e di raffreddamento (rispettivamente in uso in inverno e in estate)** per portare la temperatura dell'aria in circolazione al valore necessario per l'immissione in ambiente. In particolare per i recuperatori AIREC, quando è necessario elevare ulteriormente la temperatura dell'aria in ingresso, **per i modelli da 1000 a 3000, è possibile utilizzare le batterie ad acqua BCR** fissate direttamente all'interno dell'unità di recupero e alimentate da un impianto di riscaldamento. Tali batterie devono essere dimensionate.

BATTERIA DI PRE-RISCALDAMENTO

$$P_{bpre} = m \cdot c \cdot \Delta t$$

La **batteria di pre-riscaldamento** viene dimensionata come :

Dove **P_{bpre}** è l'incognita. **C** e **m** sono invece valori noti, pari rispettivamente ad un **coefficiente standard = 0,24** e alla **portata d'aria di ventilazione, in m^3/h** .

Δt viene invece ricavata attraverso il **DIAGRAMMA PSICROMETRICO**, strumento che riporta le condizioni di temperatura e umidità dell'aria, nonché il valore di entalpia a particolari condizioni ambientali. Il procedimento consiste in :

- Vengono definite le condizioni ambientali, interne ed esterne, in regime invernale, che è quello da prendere in considerazione; la batteria di pre-riscaldamento serve infatti per scaldare l'aria proveniente dall'esterno e immessa nell'ambiente.

<i>REGIME INVERNALE</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>UMIDITA'</i>
<i>Condizione esterna</i>	$T_e = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	$U_e = 90 \text{ } \%$
<i>Condizione interna voluta</i>	$T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$	$U_i = 50 \text{ } \%$

Tabella 95 : Condizioni ambientali in regime invernale

- Ci si riporta sul **DIAGRAMMA PSICROMETRICO** : la condizione di partenza è quella interna voluta, cioè quella di comfort interna, che non può essere cambiata, **$T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$** , incrociata con la rispettiva **$U_i = 50 \text{ } \%$** , tramite una retta verticale. L'aria viene però immessa dall'esterno, a **$U_e = 90 \text{ } \%$** , : si traccia una retta orizzontale, dalle condizioni interne a quella di umidità esterna : entrando nella batteria, l'aria, da $0 \text{ } ^\circ\text{C}$, viene riscaldata, fino ad un valore che però non ne varia l'umidità esterna; per questo si mantiene **$U_e = 90 \text{ } \%$** , e si trova la corrispondente temperatura che l'aria raggiunge, **$t_1 = 11 \text{ } ^\circ\text{C}$** . Le condizioni interne devono però essere associate a quelle esterne : **t_1** viene perciò incrociata, con retta orizzontale fino alle condizioni esterne, **$T_e = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$** , e **$U_e = 90 \text{ } \%$** , arrivando a definire **$t_{immissione} = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$** .

Δt corrisponde proprio alla differenza fra l'aria dall'esterno e quella a cui viene immessa nell'ambiente, cioè quanto la batteria la riscalda : **$\Delta t = (23 - 0) = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$** .

Tale valore è perciò costante per tutti i blocchi.

Si ricavano i valori delle **batterie di pre-riscaldamento** per ogni blocco :

- **BLOCCO 1** : **$m = portata \text{ d'aria} \cdot 0,8 = 714 \text{ } m^3/h \cdot 0,8 = 892,5 \text{ } m^3/h$**

- $P_{bpre} = 4,926 \text{ kW}$
- **BLOCCO 2** : $m = portata \text{ d'aria} \cdot 0,8 = 2417,67 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,8 = 3022,08 \text{ m}^3/\text{h}$
 $P_{bpre} = 16,682 \text{ kW}$
- **BLOCCO 3** : $m = portata \text{ d'aria} \cdot 0,8 = 1423,42 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,8 = 1779,27 \text{ m}^3/\text{h}$
 $P_{bpre} = 9,828 \text{ kW}$
- **BLOCCO 4** : $m = portata \text{ d'aria} \cdot 0,8 = 1013,28 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,8 = 1266,6 \text{ m}^3/\text{h}$
 $P_{bpre} = 4,926 \text{ kW}$
- **BLOCCO 5** : $m = portata \text{ d'aria} \cdot 0,8 = 1143,3 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,8 = 1429,12 \text{ m}^3/\text{h}$
 $P_{bpre} = 7,888 \text{ kW}$
- **BLOCCO 5** : $m = portata \text{ d'aria} \cdot 0,8 = 3649,85 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,8 = 4562,31 \text{ m}^3/\text{h}$
 $P_{bpre} = 25,183 \text{ kW}$

BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO

La **batteria di post-riscaldamento** viene dimensionata : $P_{bpost} = m \cdot c \cdot \Delta t$

dove i parametri sono già stati analizzati.

- Δt ha però un valore particolare : esso viene calcolato come differenza tra la temperatura che l'aria ha al momento del post-riscaldamento e quella invece interna che deve raggiungere. Il primo valore si ricava dallo studio del macchinario, del recuperatore, tenendo conto che l'aria che arriva proviene dalla pompa di calore. Si studia allora l'intero recuperatore :

$$P_{ta} = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$P_{ta} = \text{fabbisogno invernale} = \text{dispersioni} + \text{ventilazione}$

$\Delta t^* = \text{incognita ricavata per formula inversa}$

REGIME INVERNALE	TEMPERATURA	UMIDITA'
Condizione esterna	$T_e = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	$U_e = 90 \%$
Condizione interna voluta	$T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$	$U_i = 50 \%$

Tabella 96 : Condizioni ambientali in regime invernale

Partendo dalla condizione interna desiderata, la temperatura all'interno del macchinario è pari a $\Delta t'' = \Delta t^* + 20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

- La temperatura dell'aria nella batteria risulta perciò : $\Delta t = \Delta t'' - t_j = \Delta t'' - 11^\circ\text{C}$.
Tale valore è perciò diverso per ogni blocco.

Si ricavano i valori delle **batterie di post-riscaldamento** per ogni blocco :

- **BLOCCO 1** : $\Delta t = (64,967 - 11)^\circ\text{C} = 53,967^\circ\text{C}$
 $P_{bpre} = 11,559\text{ kW}$
- **BLOCCO 2** : $\Delta t = (57,968 - 11)^\circ\text{C} = 46,968^\circ\text{C}$
 $P_{bpre} = 29,122\text{ kW}$
- **BLOCCO 3** : $\Delta t = (53,121 - 11)^\circ\text{C} = 42,121^\circ\text{C}$
 $P_{bpre} = 17,986\text{ kW}$
- **BLOCCO 4** : $\Delta t = (63,452 - 11)^\circ\text{C} = 52,452^\circ\text{C}$
 $P_{bpre} = 15,944\text{ kW}$
- **BLOCCO 5** : $\Delta t = (62,144 - 11)^\circ\text{C} = 51,144^\circ\text{C}$
 $P_{bpre} = 17,541\text{ kW}$
- **BLOCCO 6** : $\Delta t = (58,568 - 11)^\circ\text{C} = 47,560^\circ\text{C}$
 $P_{bpre} = 52,076\text{ kW}$

La batteria invernale è data dalla somma delle due componenti, pre e post.

BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

$$Pr_{affr} = m \cdot \Delta h$$

La **batteria di raffreddamento** viene dimensionata :

dove **m** è già stato analizzato, Δh corrisponde invece alla **differenza di entalpia** collegata alla differenza di temperatura di riferimento, **incognita da ricavare**.

- Considero le due condizioni ambientali di riferimento :

REGIME ESTIVO	TEMPERATURA	UMIDITA'
Condizione esterna	$T_e = 31^\circ\text{C}$	$U_e = 50\%$
Condizione interna voluta	$T_i = 26^\circ\text{C}$	$U_i = 50\%$

Tabella 97 : Condizioni ambientali in regime estivo

- Tali condizioni standard definiscono la differenza di entalpia della batteria. Essa deriva dalla differenza fra le due condizioni : da $T_e = 31^\circ \text{C}$ salgo verticalmente fino alla umidità corrispondente, $U_e = 50\%$. Lo stesso per la situazione interna. Tali valori vanno riportati sulla curva di saturazione massima, 100%; questo processo, di umidificazione, dovrà poi essere seguito da un processo di deumidificazione. Dalla curva di saturazione si legge, da diagramma, $\Delta h = 3 \text{ kJ / kg}$
- Tale valore è costante per ogni blocco, dati i parametri che lo compongono.***

Si ricavano i valori delle **batterie di raffreddamento** per ogni blocco :

- **BLOCCO 1 : $P_{\text{raff}} = 2,302 \text{ kW}$**
- **BLOCCO 2 : $P_{\text{raff}} = 7,796 \text{ kW}$**
- **BLOCCO 3 : $P_{\text{raff}} = 4,590 \text{ kW}$**
- **BLOCCO 4 : $P_{\text{raff}} = 3,267 \text{ kW}$**
- **BLOCCO 5 : $P_{\text{raff}} = 3,686 \text{ kW}$**
- **BLOCCO 6 : $P_{\text{raff}} = 11,769 \text{ kW}$**

Le batterie di pre e post riscaldamento risultano avere valori maggiori rispetto a quella invernale; la batteria da associare al recuperatore di calore dovrà perciò avere tale potenza. Nel caso in esame risulta sufficiente associare una batteria di post-riscaldamento, dimensionata come riportato.

Si riporta di seguito il **DIAGRAMMA PSICROMETRICO** per le condizioni analizzate.

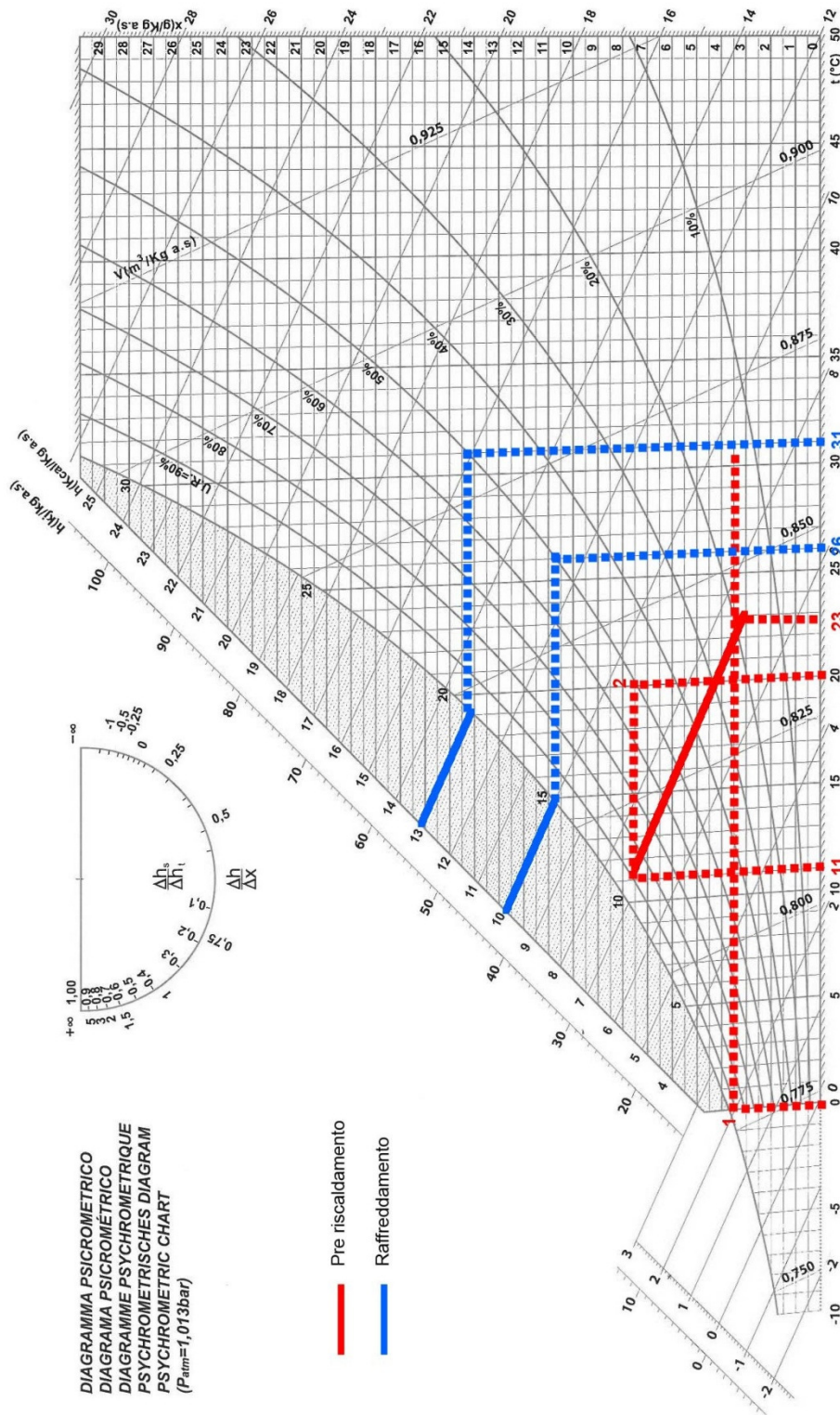


Grafico 26 : Diagramma psicrometrico

9.4.1.7. Pavimento radiante

L'impianto di riscaldamento e raffrescamento termina, da scelta progettuale, tramite un sistema di **pannelli radianti a pavimento**, disposti per ogni piano di ogni blocco.

Bisogna verificare che il pavimento soddisfi il fabbisogno richiesto; il parametro di riferimento è la **resa** del pavimento, distinta nei due valori invernale ed estivo.

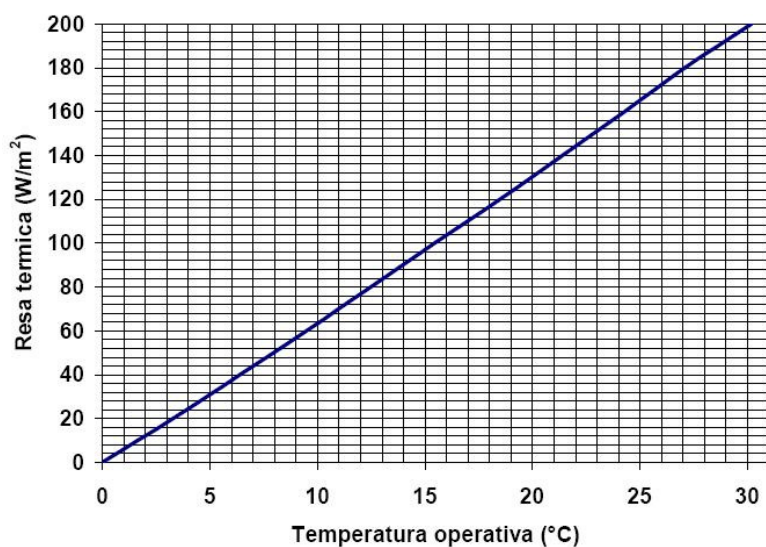


Grafico 27 : Valori di resa termica dei pannelli radianti

t oper. (°C)	Resa term. (W/m ²)
2	12,12
4	24,51
6	37,41
8	50,32
10	63,33
12	76,66
14	90,16
16	103,6
18	116,72
20	130,34
22	144,13
24	157,93
26	172,14
28	185,8
30	198,71

Tabella 98 : Resa termica

Il grafico sopra riportato mostra che la resa di un pavimento radiante dipende da :

- Temperatura media dell'acqua : temperatura del fluido di sistema
- Temperatura ambiente interno : da condizioni precedentemente definite
- Temperatura operante : differenza tra le temperature sopra riportate

TEMPERATURA	INVERNO	ESTATE
Temperatura media dell'acqua	$T = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$
Temperatura ambiente interno	$T = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$
Temperatura operante	$T = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tabella 99 : Valori di temperatura per la resa termica

Si ricava :

Resa pavimento radiante in inverno :	90 W/m ²
Resa pavimento radiante in estate :	50 W/m ²

Per verificare se il pavimento radiante garantisce la potenza necessaria, esso va confrontato con i valori di fabbisogno, rispettivamente invernale ed estivo. Si calcolano innanzitutto le potenze dei pavimenti radianti : **$P = \text{area pavimento} \cdot \text{resa}$**

BLOCCHI	AREA	POTENZA INVERNALE	POTENZA ESTIVA
Blocchi 1 + 2 + 3	430,09 m ²	38,708 kW	21,504 kW
Blocchi 4 + 5 + 6	794,32 m ²	71,488 kW	39,716 kW

Tabella 100 : Potenza dei pavimenti radianti

Tali valori devono essere raddoppiati, poiché due sono le pompe di calore, che sono il parametro di confronto e che alimentano i pavimenti radianti.

BLOCCHI	AREA	POTENZA INVERNALE	POTENZA ESTIVA
Blocchi 1 + 2 + 3	430,09 m ²	77,416 kW	43,009 kW
Blocchi 4 + 5 + 6	794,32 m ²	142,977 kW	79,432 kW

Tabella 101 : Potenza raddoppiata dei pavimenti radianti

Devono sostanzialmente essere confrontati tali valori con quelli forniti dalle pompe di calore, che non rappresentano altro che il fabbisogno; si verifica cioè che il fabbisogno sia soddisfatto dai pavimenti radianti. Si richiamano le potenze che devono essere fornite dalle pompe : **si usa al solo valore invernale, essendo quello più elevato:**

TOTALE 1+2+3 =	45935,607	W
	39497,512	kcal/h

TOTALE 4+5+6 =	60090,455	W
	51668,491	kcal/h

Essendo : **BLOCCHI 1+2+3 : 77,416 kW > 45,935 kW**
77,416 kW > 45,935 kW

La verifica è soddisfatta, i pavimenti radianti coprono il fabbisogno invernale (il maggiore) di tutti i blocchi.

9.4.2. Impianto fotovoltaico

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. Il componente base di un impianto fotovoltaico è la cella fotovoltaica, che è in grado di produrre circa 1,5 Watt di potenza in condizioni standard, ovvero quando essa si trova a una temperatura di 25 °C, ed è sottoposta a una potenza della radiazione pari a 1000 W/mq. La radiazione solare incidente sulla cella è in grado di mettere in movimento gli elettroni interni al materiale (generalmente silicio), che quindi si spostano dalla faccia negativa a quella positiva, generando una corrente continua. Il trasferimento dell'energia del sistema fotovoltaico all'utenza/rete avviene attraverso differenti dispositivi, uno in particolare l'INVERTER, che converte la corrente continua, in uscita dal generatore, in corrente alternata. Il funzionamento dell'impianto è tale per cui durante le ore di sole l'energia elettrica viene fornita dai moduli fotovoltaici, mentre in assenza di luce, dalla rete elettrica.

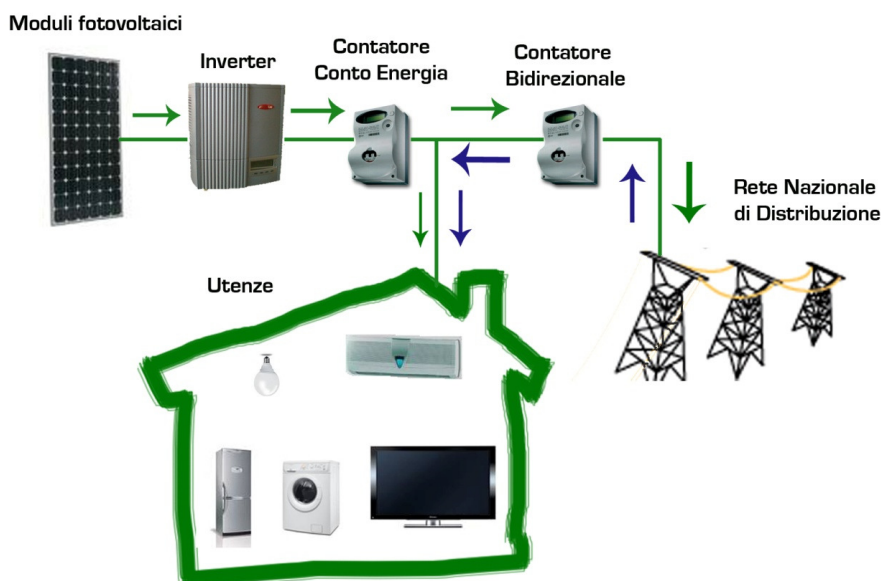


Figura 146 : Funzionamento dell'impianto fotovoltaico

La potenza di picco di un impianto si esprime in kWp (chilowatt di picco), ovvero la potenza teorica massima che esso può produrre nelle suddette condizioni standard di insolazione e temperatura dei moduli.

La tecnologia fotovoltaica comporta una serie di vantaggi quali, l'assenza di emissioni inquinanti, il risparmio di combustibili fossili, affidabilità degli impianti e la riduzione al minimo del costo di esercizio e della manutenzione.

Il nostro progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico connesso in rete, installato sulle quattro falde rivolte a sud est della copertura della teca vetrata



Figura 147 : Distribuzione dei pannelli fotovoltaici sulla copertura

I pannelli occupano una superficie complessiva di 1540,8 mq, e quelli scelti sono di tipo RHEINZINK Solar FV (con aggraffatura) delle dimensioni di 430 mm x 3000 mm (peso/mq di 9,65 kg).



Figura 148 : Pannelli fotovoltaici RheinZink



Figura 149 : Applicazione dei pannelli fotovoltaici

Utilizzando per un primo calcolo sommario il software **PVsyst V6.04**, una volta specificate le caratteristiche e le superfici interessate, viene prevista una potenza nominale pari a **123 kWp**.

Grid system presizing			
Geographical Site	Milano	Country	Italy
Situation	Latitude 45.4°N	Longitude	9.3°E
Time defined as	Solar Time	Altitude	98 m
Collector Plane Orientation	Tilt 20°	Azimuth	-10°
PV-field installation main features			
Module type	Translucide Custom : Filling ratio = 100 %		
Technology	Thin film		
Mounting method	Flat roof		
Back ventilation properties	No ventilation		
System characteristics and pre-sizing evaluation			
PV-field nominal power (STC)	Pnom	123 kWp	
Collector area	Acoll	1541 m ²	
Annual energy yield	Eyear	143 MWh	Specific yield 1159 kWh/kWp
Economic gross evaluation	Investment	384450 EUR	Energy price 0.25 EUR/kWh

Figura 150 : Risultati relativi alla potenza dell'impianto

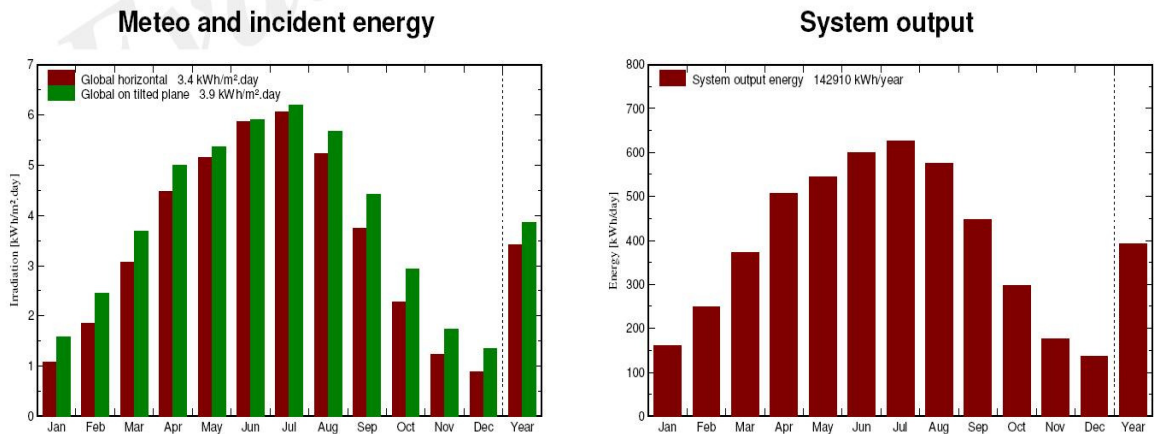


Grafico 28 : Grafici relativi all'impianto fotovoltaico

A prima vista si osserva che i pannelli occupano un'area tale da coprire abbondantemente il fabbisogno che i vari blocchi richiedono; si ha quindi un eccesso che si penserà di sfruttare diversamente, magari servendo i blocchi abitativi circostanti e la rete elettrica pubblica. A questo punto si richiamano i **carichi termici estivi** : **apporti interni** : non si è affrontata a livello progettuale la disposizione interna delle apparecchiature che richiedono elettricità, ma una prima stima è già stata effettuata proprio per i carichi termici. Si utilizza il risultato trovato come elemento di verifica per l'impianto fotovoltaico. Si richiamano i carichi :

BLOCCHI	ILLUMINAZIONE	APPARECCHIATURE
BLOCCO 1	760 W	
BLOCCO 2	2980 W	3725 W
BLOCCO 3	740 W	925 W
BLOCCO 4	1960 W	
BLOCCO 5	2660 W	
BLOCCO 6	4140 W	
POTENZA (P) TOT CARICHI = 48923 W		

Tabella 102 : Valori di carico termico totali

Confrontando i due valori di potenza fornita dall'impianto e di carichi totali, si osserva:

$$P_{tot\ impianto} > P_{tot\ carichi}$$

La verifica è soddisfatta

9.4.3. Raccolta dell'acqua piovana

La raccolta e il riciclaggio dell'acqua piovana rappresenta un sistema in grado di offrire un importante contributo alla soluzione dei problemi dello spreco e dei costi derivanti dall'approvvigionamento idrico.

I vantaggi che vengono offerti dall'installazione di impianti di raccolta per uso individuale, non vengono goduti solo a livello privato, ma si riflettono positivamente anche nella sfera dell'intervento pubblico, poiché:

- evitano fenomeni di sovraccarico della rete fognaria di smaltimento, in caso di precipitazioni di forte intensità
- aumentano l'efficienza dei depuratori, laddove le reti fognarie bianca e nera non siano separate
- provvedono a trattenere (o disperdere) l'eccesso di acqua piovana che non viene assorbita dal terreno a livello urbano, a causa della progressiva impermeabilizzazione dei suoli.

Di norma l'impiego dell'acqua raccolta può coprire svariate funzioni, che altrimenti richiederebbero costi e sprechi; essa, specialmente in ambito privato, può infatti essere utilizzata per il risciacquo dei WC, le pulizie del bucato, l'innaffiamento del giardino e il lavaggio dell'automobile.

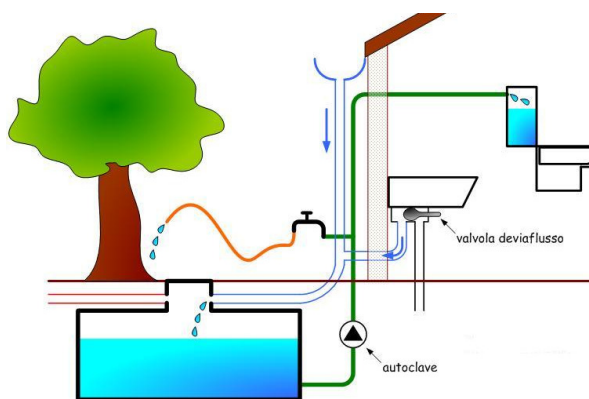


Figura 151 : Schema "tipo" di raccolta dell'acqua

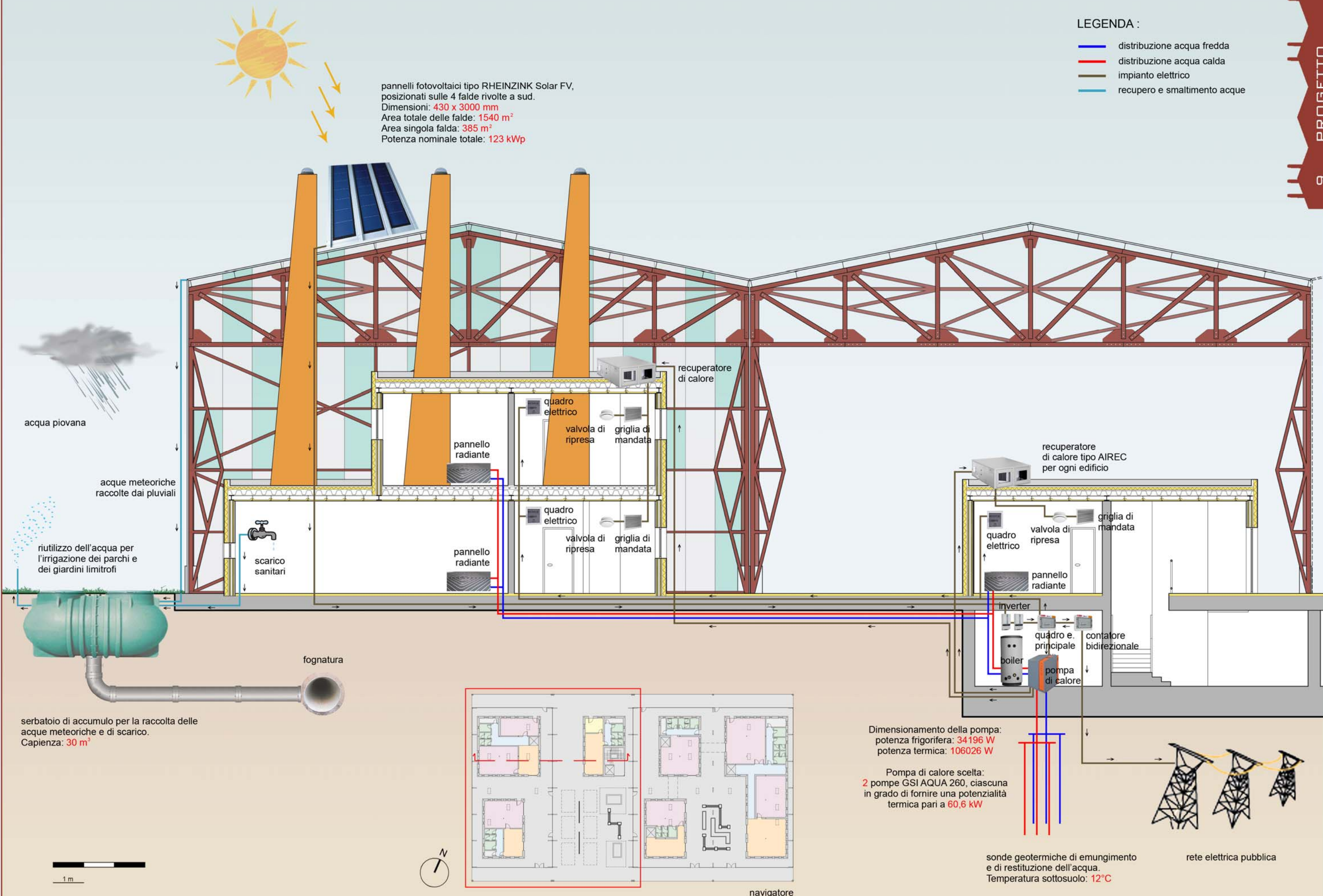
Nel nostro caso abbiamo previsto, viste le dimensioni dell'edificio, un serbatoio di raccolta delle acque meteoriche e di scarico dei sanitari, con una capienza di **30 m³**.

Il suo principale riutilizzo sarà finalizzato all'irrigazione dei parchi e dei giardini limitrofi, che occupano delle aree piuttosto estese.

LEGENDA :

- distribuzione acqua fredda
- distribuzione acqua calda
- impianto elettrico
- recupero e smaltimento acque

pannelli fotovoltaici tipo RHEINZINK Solar FV,
 posizionati sulle 4 falde rivolte a sud.
 Dimensioni: 430 x 3000 mm
 Area totale delle falde: 1540 m²
 Area singola falda: 385 m²
 Potenza nominale totale: 123 kWp



acqua piovana

acque meteoriche raccolte dai pluviali

riutilizzo dell'acqua per l'irrigazione dei parchi e dei giardini limitrofi

fognatura

serbatoio di accumulo per la raccolta delle acque meteoriche e di scarico.
Capienza: 30 m³

1 m



navigatore

recuperatore di calore tipo AIREC per ogni edificio

Dimensionamento della pompa:
potenza frigorifera: 34196 W
potenza termica: 106026 W

Pompa di calore scelta:
2 pompe GSI AQUA 260, ciascuna in grado di fornire una potenzialità termica pari a 60,6 kW

sonde geotermiche di emungimento e di restituzione dell'acqua.
Temperatura sottosuolo: 12°C

rete elettrica pubblica

10

APPROFONDIMENTO

10.1. L'INVOLUCRO TRASPARENTE

L'analisi del progetto ne rivela la componente fondamentale : l'involucro trasparente costituisce una "scatola" esterna che riunisce in sè l'intero complesso; la sua importanza risulta fondamentale. Si sceglie perciò di approfondirne lo studio, analizzandone gli aspetti architettonico-estetici, tecnologici, energetici.

L'ingresso dell'energia solare negli spazi interni, sia diretta che riflessa che diffusa, risulta indispensabile in una tipologia di edificio come quella analizzata, dove l'involucro vetrato costituisce il fulcro della progettazione. Le facciate trasparenti devono essere permeabili alla luce solare, affinché gli ambienti possano essere illuminati, e, quando richiesto, riscaldati, in modo naturale e gratuito; d'altro canto la funzione dell'involucro è di isolare dall'ambiente gli spazi abitati, per ridurre gli scambi termici e quindi i consumi per la climatizzazione, per attenuare i rumori ambientali e per garantire la privacy e la sicurezza degli occupanti. Tale funzione risulta, per quanto riguarda l'aspetto termico, fortemente limitata nel caso in esame, avendo supposto, da scelte progettuali, di realizzare una struttura non isolata; la separazione dall'ambiente esterno deve comunque essere garantita. Queste caratteristiche di **permeabilità alla radiazione solare e di isolamento dallo spazio esterno, tipiche dei materiali trasparenti**, rendono tali componenti fondamentali sia dal punto di vista energetico (riscaldamento, illuminazione e raffrescamento) che dal punto di vista del comfort (termico, acustico, visivo); per assolvere a questi molteplici compiti si ricorre generalmente al **classico vetro chiaro**, materiale per antonomasia nella realizzazione di facciate vetrate; per sviluppare questi aspetti in modo sempre più efficace, si sono tuttavia sviluppati anche dei **materiali innovativi**.

Tali nuove tecnologie non possono essere ignorate nella progettazione di un edificio che, nell'involucro vetrato, ha il suo fulcro; si sceglie perciò di analizzare, a livello fisico-tecnologico, le proprietà dei vari materiali per involucri trasparenti, nonché il loro impatto energetico sulla costruzione; da tale analisi si ricaverà la scelta ottimale per l'edificio di progetto.

10.2. LA TRADIZIONE

10.2.1. Il vetro

Il vetro, è una soluzione solida risultante dalla solidificazione progressiva, senza tracce di cristallizzazione, di miscugli omogenei in fusione formati principalmente da silice, da soda e da calce. In particolare in edilizia viene utilizzata **la lastra di vetro chiaro**.

Le caratteristiche fondamentali del vetro chiaro sono le **grandezze ottiche** (la **trasmissione e la riflettanza**), che variano in funzione della lunghezza d'onda della radiazione : sull'asse delle lunghezze d'onda sono individuate 3 zone: la 1 (fino a 350 nm) contiene le radiazioni ultraviolette, la 2 (tra i 350 e i 780 nm) è la zona delle radiazioni visibili, la 3 (da 780 a 2500 nm) è del vicino infrarosso, la 4 (oltre i 2500 nm) è quella del lontano infrarosso; dall'esame del tracciato si possono individuare le caratteristiche tipiche del vetro chiaro come **l'elevatissima trasparenza (tv) alle radiazioni visibili (zona 1)**, **l'alta permeabilità allo spettro solare (zone 1, 2 e 3)**, **l'opacità alla radiazione termica (causa dell'effetto serra) (zona 4) ed infine l'alto valore di emissività (0.84) causata dalla bassa riflettanza nel lontano infrarosso**.

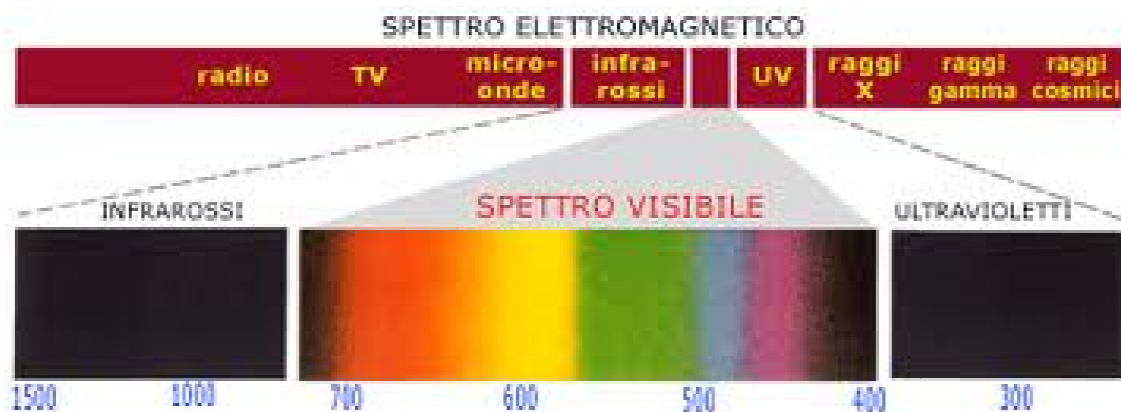


Figura 152 : Definizione radiazione solare

Le prestazioni termiche, al contrario di quelle ottiche, non sono soddisfacenti : **l'elevata conduttività del vetro, circa pari ad 1 W/m²K**, determina elevati valori del coefficiente di dispersione termica, sia in lastra singola che in vetrocamera.

Per fornire al vetro maggiore resistenza e sicurezza, esso può essere **stratificato oppure temprato**: la stratificazione consiste nell'unione di più lastre di vetro, interponendo PVB (polivinilbutirrale), materiale plastico particolarmente idoneo per le caratteristiche di trasparenza, tenacità, elasticità e adesione alle lastre di vetro; i vetri stratificati hanno ottima protezione contro i raggi UV, maggiore sicurezza (possono essere addirittura usati come barriere antiproiettile) e isolamento acustico (avendo un potere fonoassorbente maggiore della lastra monolitica). La temperatura è un trattamento termico a 700° in modo da ottenere due vantaggi: l'aumento della resistenza meccanica e della resistenza agli shock termici; inoltre in caso di rottura il vetro si frantuma in frammenti minuti e inoffensivi, con sicurezza per le persone.

10.3. I MATERIALI INNOVATIVI

10.3.1. I vetri

Lo sviluppo tecnologico di materiali trasparenti innovativi, ha portato all'elaborazione di una vasta gamma di componenti : la prima elaborazione riguarda il materiale classico, il vetro, sviluppato in modo tecnologicamente avanzato, secondo le caratteristiche da migliorare. Tali vetri essi possono essere tuttavia distinti in classi omogenee, secondo l'aspetto funzionale; si identificano 3 categorie :

- **Materiali ad alte prestazioni (high performance materials)**
- **Materiali cromogenici (chromogenic materials)**
- **Materiali a selettività angolare (angular selective materials)**

I **materiali ad alte prestazioni** comprendono quei vetri nei quali si cerca di **massimizzare il rapporto tra la trasmittanza e il valore di conducibilità termica** : ciò viene ottenuto cercando di minimizzare le dispersioni termiche senza penalizzare le caratteristiche di trasparenza. In funzione delle strategie impiegate per raggiungere lo scopo si ottengono diversi tipi di materiali.

Innanzitutto i **materiali con rivestimenti selettivi**: la loro composizione adotta sistemi multilastra (doppi vetri, tripli vetri etc.), nei quali la **resistenza termica** globale è determinata dallo scambio termico all'interno delle intercapedini tra le lastre

(si ricorda infatti che la conduttività del vetro è piuttosto alta); per limitare il coefficiente di trasmissione globale si depositano alcuni sottili strati di materiali dielettrici e metallici alternati, preservando le caratteristiche principale del rivestimento (che ha uno spessore dell'ordine della decina di micron) cioè la **trasparenza** nello spettro visibile e l'alta riflessione nel lontano infrarosso (oltre i 2500 nm). La lastra così preparata presenta una emissività molto bassa,; in tal modo la trasmissione per **irraggiamento tra le lastre può essere ridotta** fino al 90%. L'efficacia dell'intervento viene maggiorata effettuando il trattamento sulle due superfici affacciate. La possibilità di poter regolare, tramite la deposizione di materiali particolari, la trasmittanza e la riflettanza nelle varie zone spettrali offre ulteriori opportunità: se la vetrata è progettata per massimizzare i guadagni solari si sceglierà un comportamento trasparente nella zona 3, viceversa se il componente dovrà essere usato come sistema di controllo per la radiazione solare in climi caldi, il rivestimento sarà realizzato in modo da ottenere il passaggio dallo strato trasparente a quello riflettente verso la fine del visibile. Una volta ridotta la parte di scambio radiativa si può anche cercare di limitare la componente convettiva utilizzando delle miscele di gas con una conduttività minore (argon, krypton, freon, etc.) applicando una piccola depressione. Le prestazioni di due sistemi a doppio vetro (il primo del tipo solar gain ed il secondo solar filter).

I **TIM (Transparent Insulating Materials)** devono il proprio nome alla caratteristica di avere proprietà termiche paragonabili a quelle di componenti opachi, pur conservando un alto valore di trasmittanza luminosa.

Si utilizzano delle strutture geometriche per limitare le dispersioni termiche dovute a convezione e irraggiamento : con del materiale plastico (in alcuni prototipi anche in vetro), trasparente nel visibile e nel vicino infrarosso ma opaco nel lontano infrarosso, sono realizzate delle pareti divisorie interne a lastre in vetro, atte a bloccare i moti convettivi dell'aria e ridurre lo scambio radioattivo. Questi obiettivi vengono raggiunti con disposizioni particolari delle lastre : se esse sono perpendicolari alla direzione di propagazione (come ad esempio succede nelle finestre multilastra) a ogni passaggio attraverso queste barriere parte della radiazione viene riflessa verso l'esterno e persa irrimediabilmente; ciò limita fortemente il numero di strati realizzabili per evitare un'attenuazione drastica della trasmittanza complessiva, a discapito infatti della radiazione passante. La seconda soluzione consiste invece nel mantenere le barriere parallele alla direzione di propagazione e, nel caso ideale di

assenza di assorbimento e diffusione, durante l'attraversamento delle pareti tutta la radiazione incidente raggiunge l'altra estremità del materiale; lo spessore dello strato non è perciò influente sulle proprietà ottiche. In realtà avvengono comunque fenomeni di assorbimento e di diffusione, anche se minimi, perciò tali materiali vengono realizzati con spessori fino a 50 cm. Le successive riflessioni, dovute alle pareti, rendono però il materiale non più trasparente ma traslucido, inadatto perciò alla sostituzione dei normali serramenti; possono perciò essere usati solo in alcuni casi.

In funzione della dimensione delle celle si possono distinguere: capillari, con diametro di 1 o 2 mm e sistemi a nido d'ape (honeycomb), con dimensioni di qualche cm.

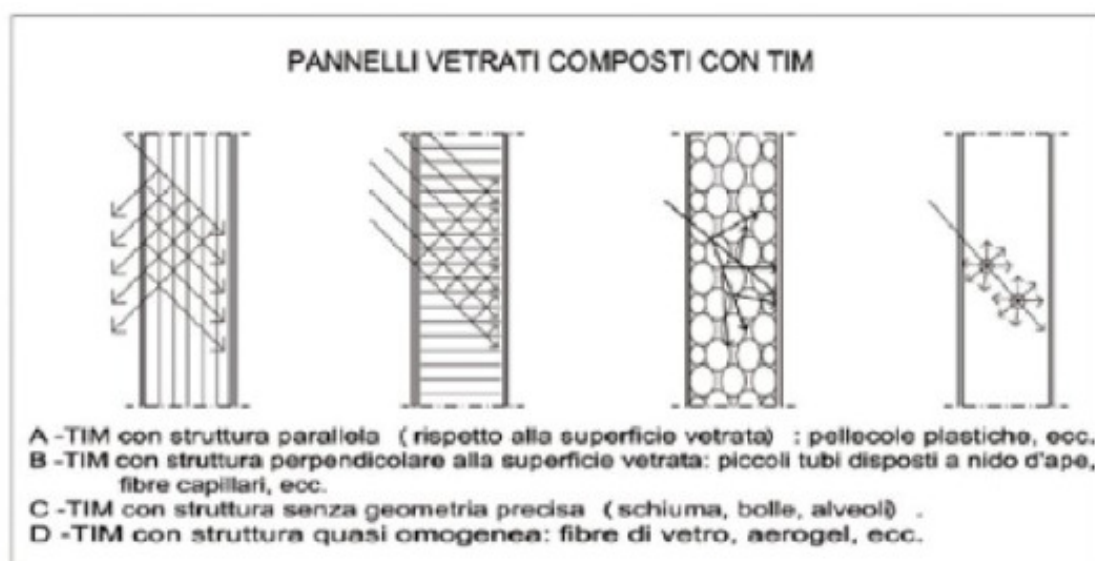


Figura 153 : Esempi di pannelli vetrati composti con TIM

Gli **aerogel** sono materiali costituiti da particelle di silice, che con una particolare disposizione spaziale, realizzano delle strutture microcellulari porose. Una delle caratteristiche fisiche più particolari è la **scarsissima densità (135 Kg/m^3)**, dato che solo 2-5% del volume è costituito da silice, il restante 95-98% è riempito di aria; dal punto di vista delle proprietà termiche essi riescono a raggiungere valori di conduttività di $0.01\text{-}0.02 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, **comparabili a materiali isolanti; l'estrema fragilità e la necessità di essere protetti dall'umidità sono i maggiori problemi.** Gli aerogel vengono realizzati in due formati: granulare e monolitico. Nel primo caso il materiale di base viene prodotto in forma di palline di circa 8-12 mm di diametro e con questi granuli viene riempita l'intercapedine tra due vetri che svolgono anche una funzione protettiva. A causa delle discontinuità superficiali il componente è traslucido. Gli aerogel monolitici sono costituiti da lastre di spessore variabile tra 8 e 20 mm e in

questo caso, pur rimanendo degli effetti di diffusione, si mantiene la caratteristica di visibilità quindi possono essere considerati in sostituzione delle finestre.

I **Materiali cromogenici** sono stati sviluppati per rispondere all'esigenza di controllo del fattore solare, essendo in grado di cambiare le proprie caratteristiche ottiche, in particolare la trasmittanza, in funzione di un parametro di controllo. Al contrario di quanto avviene per il coefficiente di dispersione termica, per il quale un basso valore è sempre auspicabile, per il fattore solare non esiste un valore sempre ottimale; per alcune applicazioni il fattore solare dovrebbe essere massimizzato, per altre invece dovrebbe essere minimizzato. Controllare il fattore solare è anche fondamentale per il mantenimento delle condizioni di comfort termico, che alcune volte possono avere un'importanza predominante rispetto alle richieste di guadagni solari. Ciò è anche vero dal punto di vista dell'illuminazione naturale: la possibilità di ridurre, quando non richiesta, la quantità di luce interna è senz'altro una prerogativa interessantissima. A seconda del tipo di parametro che regola le proprietà ottiche dei materiali, essi si distinguono in : **materiali fotocromici, termocromici, elettrocromici e cristalli liquidi.**

I **Materiali foto cromici** cambiano le proprie caratteristiche quando sono esposti alla luce, principalmente ai raggi UV, e ritornano a loro stato originale quando vengono oscurati. Il fenomeno avviene in composti sia organici che inorganici. Poiché comunque tali materiali non possono, al momento, essere prodotti usando il processo *float glass*, mediante il quale vengono realizzati i vetri per l'edilizia, il loro utilizzo in architettura è costoso; attualmente la ricerca è in corso.

Nei **Materiali termo cromici** la grandezza che determina il cambio di colore è la temperatura, che induce nel materiale una reazione chimica o una transizione di fase tra due stati. Le applicazioni in edilizia, in particolare per la realizzazione di lucernari dotati di strati termo cromici, sono in corso, ma da alcune simulazioni al computer è stata calcolata la temperatura più idonea per cambiamento di fase (intorno ai 25 °C) per la riduzione dei consumi energetici complessivi.

A differenza dei materiali termocromici e fotocromici, che rispondono a variazioni delle condizioni ambientali con un comportamento passivo, sia i **dispositivi elettrocromici** che quelli a **cristalli liquidi**, reagendo alle variazioni di grandezze elettriche (tensione

e corrente) a essi applicate, possono essere controllati in modo del tutto indipendente. Questa caratteristica è estremamente importante, in i parametri di controllo possono essere scelti e variati in funzione di un gran numero di parametri (la stagione, la presenza di occupanti, il clima etc.) consentendo un comportamento molto flessibile. La struttura di un dispositivo elettrocromico, è costituita dalla sovrapposizione di 5 (alcune volte 4) strati aventi funzioni e proprietà differenti, e realizzati tramite deposizioni successive. Il principio di funzionamento è il seguente: quando un potenziale elettrico viene applicato agli strati di conduttore trasparente (TC) parte degli ioni immagazzinati nello strato di accumulo (IS) attraversano la zona di separazione (IC) e si impiantano nello strato elettrocromico vero e proprio (EC) causandone la transizione cromatica. Il processo è continuo e reversibile, quindi con l'applicazione di un potenziale inverso è possibile ritornare alla situazione originale. Una delle caratteristiche che rendono molto attraenti questi materiali in architettura è lo scarso consumo energetico durante la transizione e la possibilità di memorizzare (fino a 24 ore) lo stato attuale : una volta effettuata la regolazione al grado di trasmittanza richiesto, non è necessario continuare ad alimentare il dispositivo. I problemi da risolvere sono inerenti alle dimensioni massime ottenibili senza pregiudicare le caratteristiche di uniformità e di velocità di transizione e la riduzione dell'escursione di trasmittanza all'aumentare del numero dei cicli di attivazione.

I **cristalli liquidi** vengono realizzati disperdendo in una matrice polimeriche delle gocce di cristallo liquido : in assenza di campo elettrico nella matrice, le particelle sono orientate casualmente e quando in raggio solare vi incide, esso viene deviato e il materiale risulta tralucente; se invece è applicato un campo elettrico tutte le gocce si orientano in un'unica direzione e il materiale, illuminato, è trasparente. Tali materiali presentano una serie di difetti : in primo luogo nello stato trasparente essi devono essere continuamente alimentati con consumi energetici (20 W/m^2) non trascurabili; inoltre l'escursione della trasmittanza è piuttosto limitata (0.53-0.77) il che si riflette in una ancora più stretto range di variazione del fattore solare per cui non sono particolarmente efficaci per regolare i guadagni solari. Trovano quindi applicazione come schermi in spazi con scopo di riservatezza.

Nella categoria dei **materiali a selettività angolare** rientrano tutti quei materiali che servono per indirizzare verso direzioni particolari la radiazione incidente o che

presentano valori di trasmittanza particolarmente alti per alcuni angoli di incidenza. Tra i più comuni ne vengono riportate due tipologie.

Il metodo attualmente più utilizzato per ottenere questo effetto consiste nella disposizione di lamelle frangisole interne, regolabili in funzione dell'altezza del sole sull'orizzonte, cioè a seconda delle stagioni; viene così agevolato il passaggio di luce in inverno ed ostacolato in estate.



Figura 154 : Serramento con schermatura interna OKALUX

Gli altri materiali a selettività angolare da considerare sono i film olografici : l'effetto di redirectionamento della radiazione incidente in questo caso è ottenuto tramite la diffrazione di una struttura prismatica invisibile ottenuta mediante "stampa" con tecnica olografica.

10.3.2. L'ETFE

ETFE è una sigla per **Etilene TetraFluoroEtilene**, cioè un polimero parzialmente fluorato, ovvero un materiale plastico che contiene fluoro.

Esso rappresenta uno dei materiali che meglio possono sostituire il classico vetro : è trasparente ma è più leggero, resistente, isolante, semplice ed economico da installare. Viene utilizzato dagli anni '80 in architettura.

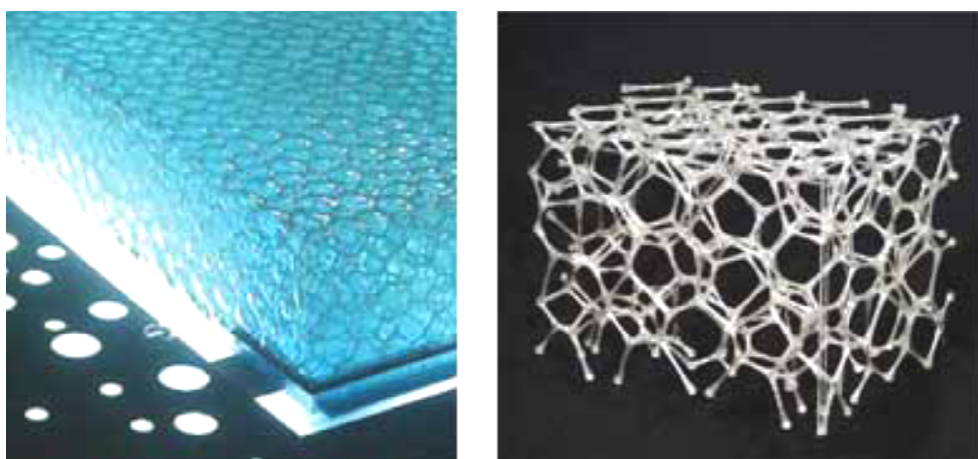


Figure 155 e 156 : Struttura dell'ETFE

L'ETFE si presenta sottoforma di membrane, impiegate singolarmente o, più frequentemente, accoppiate, separate tra loro da una camera d'aria che contribuisce all'isolamento termico del sistema. Lungo tutto il perimetro chiuso dell'area in cui si trova il cuscino, viene disposta un'intelaiatura di alluminio estruso; essa è collegata alla struttura portante principale attraverso piatti e bulloni. Ai cuscini sono fissate delle valvole collegate alle pompe dell'impianto di pressurizzazione che, una volta montato il sistema, entreranno in funzione provvedendo al gonfiaggio delle membrane fino alla pressione necessaria a sopportare i carichi esterni di progetto di neve e vento.

I cuscini di ETFE possono essere impiegati come tamponature e/o coperture.

La principale caratteristica di questo materiale è la **leggerezza** : l'ETFE pesa soltanto 350 g/m², vetro (circa l'1% in peso rispetto al vetro) e questa proprietà non è trascurabile all'atto della progettazione architettonica; esso è inoltre **totalmente permeabile alla luce e ai raggi UV, trasmette ottimamente la luce solare (>92%)**, anche se, nel caso di utilizzo di cuscini pressurizzati, si crea un controllo sia della

penetrazione dei raggi solari; la radiazione UV non impatta sul materiale: questo aspetto, unito alla inerzia chimica, ne garantisce un'**estrema durata**; allo stesso tempo l'intercapedine d'aria genera un efficace **isolamento climatico**. Inoltre le **ottime proprietà acustiche** evitano il provocarsi di fastidiosi rimbombi negli ambienti chiusi. Le membrane di ETFE, **se utilizzate in cuscini, sono autopulenti**: la loro curvatura, causata dalla pressurizzazione, consente all'acqua piovana di scivolare via portando con sé eventuali poveri; non è valido questo discorso per **le facciate interne** che, non essendo regolarmente bagnate dall'acqua, **devono essere pulite ogni 5 o 10 anni**; è un materiale chimicamente inerte, cioè non teme l'aggressione di agenti chimici e resiste all'inquinamento ambientale. Il materiale è omologato **resistente al fuoco in Classe 1** in Italia e B1 secondo la DIN 4102; inoltre in caso di combustione il materiale "si ritira" su se stesso, non propagando le fiamme. L'ETFE è un materiale sostenibile, sia per la sua **riciclabilità**, sia perché la trasparenza e l'isolamento termico consentono il risparmio di energia per l'illuminazione e la climatizzazione; è un materiale **ecologico**, perché può essere rigenerato completamente per nuovi utilizzi, anche dello stesso tipo, ad un costo ridotto, **non venendo quindi posto in discarica**.

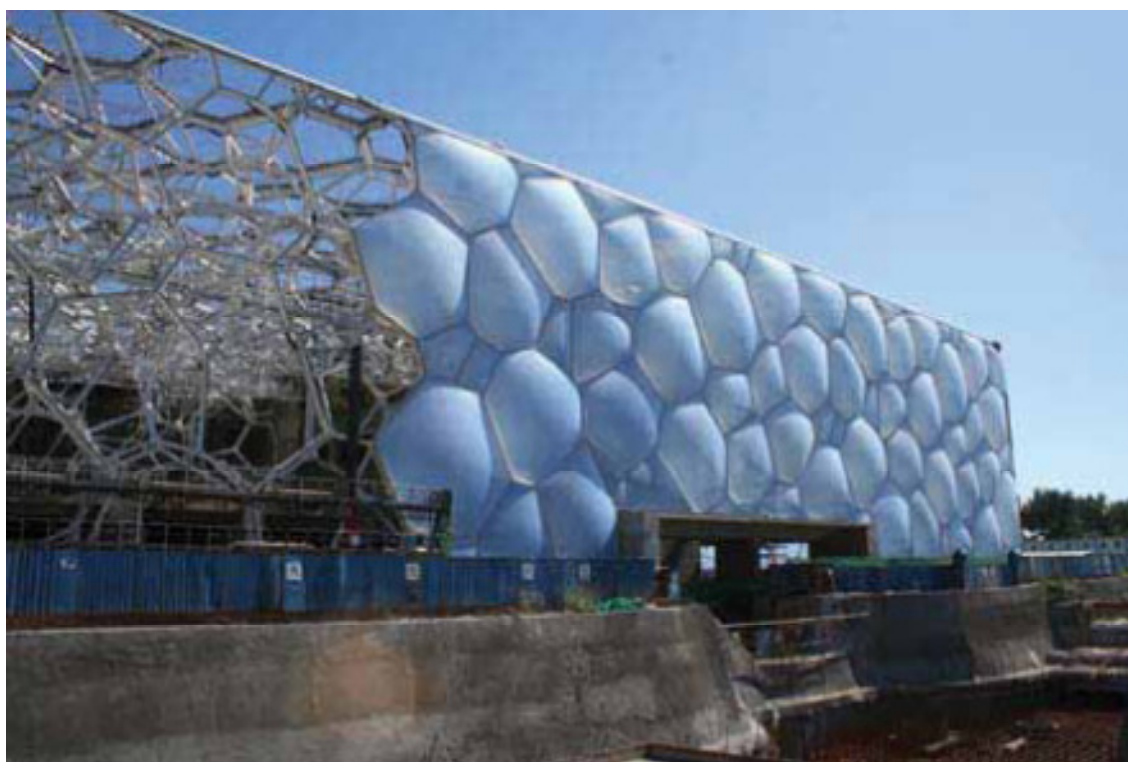


Figura 157 : Water Cube, Centro acquatico di Pechino

10.3.3. Il cemento trasparente

Il **cemento trasparente** è il cemento in grado di trasportare e trasmettere la luce grazie a fonti di luce naturale o artificiale (fibre ottiche interne di elevata qualità).

Il nuovo materiale è stato sviluppato da Italcementi appositamente per il Padiglione Italiano dell'Expo di Shanghai, sotto la denominazione di **LUCEM**.



Figura 158 : Padiglione italiano EXPO Shanghai

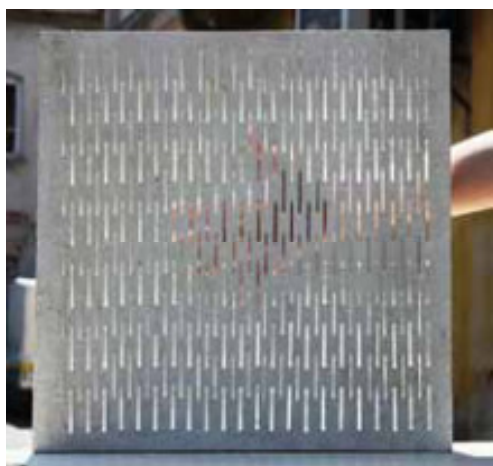


Figura 159 : Lastra in LUCEM

Dal punto di vista meccanico, il cemento si presenta sottoforma di **pannelli prefabbricati** (dimensioni 500x1000x50 mm, peso di 25 kg), con **elevata resistenza**; il “cemento trasparente” è meno fragile di quello con fibre ottiche e offre garanzie di resistenza molto superiori, sia in fase di realizzazione che in fase di utilizzo. Le superfici sono **livellate** per evitare indesiderati riflessi di luce.

I pannelli possono essere **sia trasparenti che “semi-trasparenti”**, cioè caratterizzati da un grado di trasparenza ridotto del 50% , modulando l’inserimento delle resine.

Questi materiali **non sono sensibili alla temperatura, ai raggi UV e agli agenti**

atmosferici. I pannelli LUCEM vengono impregnati durante la fabbricazione con una sostanza idrorepellente, processo che li rende adatti sia all'uso interno che esterno.

Il materiale **non è infiammabile** : Classe del materiale A1/A2.

Il nuovo “cemento trasparente” si inserisce nella tradizione di prodotti **eco-compatibili**: grazie alla capacità di trasportare la luce, esso consente di risparmiare elettricità per l'illuminazione interna degli edifici, contribuendo in modo positivo al risparmio di energia. Il Politecnico di Milano collabora alla ricerca per valutare correttamente l'energia risparmiata. Un pannello realizzato con l'innovativo “cemento trasparente” garantisce la stessa **durata** di uno realizzato con tradizionale materiale cementizio.

Altra peculiarità riguarda la fase di lavorazione : questo cemento può essere **gettato “in forme” direttamente in cantiere, riducendone fortemente i costi**.

Il modo più semplice per illuminare i pannelli è l'utilizzo della luce solare : montati come pareti libere o vicino a delle finestre, i pannelli LUCEM non hanno bisogno di nessun'altra fonte di luce; in sede di montaggio bisogna però assicurarsi che ci sia il giusto contrasto per la creazione dei desiderati effetti di trasparenza. Qualora LUCEM venisse utilizzato come rivestimento o pavimento, è necessaria la luce artificiale, ma in ogni caso dovrà essere innanzitutto stabilita la distanza della fonte illuminante

In fase di montaggio dei sistemi di illuminazione si dovrà anche tener conto di un ragionevole deflusso del calore, sebbene LUCEM sia difficilmente surriscaldabile.

La caratteristica principale di questo materiale è la **trasparenza** : essa è ottenuta grazie a un'innovativa tecnologia che prevede l'utilizzo di un premiscelato cementizio che consente di legare resine plastiche particolarmente adatte per il trasporto della luce. L'impasto, costituito da cemento, additivi e resine, ha le caratteristiche e la fluidità necessarie per fissare nei pannelli le resine, consentendo il trasporto ottico della luce e delle immagini senza per questo alterare le caratteristiche di isolamento e di robustezza tipiche del materiale a base cementizia. Le resine possono avere differenti colorazioni, interagendo sia con la luce artificiale che con quella naturale.

I ricercatori Italcementi hanno individuato la giusta formulazione di un premiscelato che consente di mantenere queste resine plastiche all'interno del materiale cementizio, per sua natura opaco, senza creare fessure e comprometterne la struttura. Questa soluzione, senza ricorrere alle più costose fibre ottiche, offre un maggiore effetto di luminosità, poiché le resine sono in grado di sfruttare angolazioni di incidenza della luce molto superiori a quelle delle fibre ottiche. Ciascun pannello di cemento trasparente contiene, oltre al premiscelato cementizio e altri additivi, circa 50 catene di resine plastiche, opportunamente inserite, con spessore variabile tra i 2 e i 3 mm.

Il “cemento trasparente” realizzato con **resine plastiche è molto più economico di quello ottenuto con fibre ottiche**; inoltre la capacità di “catturare” la luce è maggiore, perché le resine contengono un angolo visivo più ampio rispetto alle fibre ottiche. Questa caratteristica aumenta di fatto le proprietà di trasparenza del materiale e gli effetti luminosi conferiti agli edifici.

L’installazione a muro dei pannelli LUCEM può essere effettuata tramite tasselli ad ancora; i relativi fori possono essere eseguiti durante la fabbricazione. Il montaggio a pavimento può essere effettuato su preesistenti pavimenti sopraelevati con supporti atti al sostegno di lastre di cemento. Installazioni libere richiedono il montaggio delle lastre in cornici portanti.

10.4. CONFRONTO PROGETTUALE

Esaminate le diverse tipologie di materiali per involucri trasparenti, si propongono alcune soluzioni che si sceglie di analizzare nel dettaglio : tali materiali devono essere rappresentativi di tutte le categorie analizzate. La scelta ricade su :

- **Vetro a selettività angolare** : involucro vetrato con frangisole orizzontali in legno chiaro, tipo OKALUX (scelta progettuale).
- **Polycarbonato** : il materiale viene studiato in riferimento alla tipologia vetrata dei **materiali ad alte prestazioni** (in particolare i **TIM**), che presentano però involucro vetrato, già analizzato; si opta perciò per la semplice soluzione plastica.
- **Effe** : materiale innovativo plastico, ad alte prestazioni.

I tre materiali presentano caratteristiche simili tra loro per alcuni punti di vista, ma allo stesso tempo sono differenti in molti aspetti ; rappresentano comunque ottimi termini di confronto tra materiali trasparenti. Si osserva in particolare che il **cemento trasparente** viene tralasciato dalla trattazione : il problema di questo materiale è la limitata trasparenza rispetto alle richieste di progetto, oltre che la “pesantezza” (non propriamente fisica quanto più estetica e visiva) del materiale, che contrasta con l’idea di leggerezza dell’involucro, che si è sempre voluta realizzare.

I materiali vengono confrontati innanzitutto rispetto alle caratteristiche utili : secondo gli studi sui materiali, ad ogni parametro viene attribuito un valore percentuale :

	<i>Vetro con frangisole</i>	<i>Policarbonato</i>	<i>Etf</i>
<i>TRASPARENZA</i>	90 %	70 %	90 %
<i>RIFLESSIONE</i>	80 %	70 %	70 %
<i>TRASMISSIONE LUMINOSA</i>	80 %	50 %	90 %
<i>TRASMISSIONE TERMICA</i>	70 %	50 %	30 %
<i>RESISTENZA</i>	90 %	80 %	70 %

Tabella 103 : Caratteristiche dei tre materiali

Possono essere ricavate alcune prime considerazioni :

- ***Il vetro risulta essere il materiale che meglio concilia proprietà ottiche (trasparenza in particolare) con proprietà termiche, nonostante l'incapacità di trattenere calore. La presenza di frangisole limita l'infiltrazione luminosa.***
- ***Il polycarbonato è migliore nelle proprietà termiche, per migliore isolamento, ma riflette la luce limitandone la trasparenza.***
- ***L'etfe garantisce ottime proprietà termiche ma***

L'aspetto più importante del confronto fra i materiali viene però demandato al concetto del **comfort ambientale** : la sensazione di benessere che si genera all'interno di un edificio rappresenta uno dei parametri fondamentali attraverso cui valutare il livello di qualità di un edificio. Nel caso in esame in particolare, tale concetto risulta rilevante, data la particolarità del complesso e soprattutto la volontà di basarsi su meccanismi di regolazione microclimatica prevalentemente naturali (si ricorda in particolare la ventilazione non artificiale della struttura).

La qualità ambientale in un edificio è riferibile a diverse **classi di comfort ambientale** :

- ***Benessere termo-igrometrico =*** stato di neutralità termica in cui un soggetto, posto nell'ambiente, non sente né caldo né freddo.

- **Benessere respiratorio-olfattivo** = stato di soddisfazione di un individuo nei confronti dell'aria che respira, in cui non sono presenti inquinanti in concentrazioni ritenute nocive per la salute dell'uomo.
- **Benessere visivo-illuminotecnico** = stato in cui un individuo può svolgere nel modo migliore i diversi compiti che è chiamato ad assolvere.
- **Benessere acustico** = condizione psicofisica in presenza della quale un individuo, in presenza di un campo di pressione sonora (rumore), dichiara di trovarsi in una situazione di benessere, tenendo conto dell'attività che sta svolgendo.

Risulta evidente che tutti questi livelli di benessere dipendono da parametri sia oggettivi (fisici) che soggettivi (riferibili all'individuo che valuta il comfort).

L'analisi da effettuare esclude di conseguenza gli aspetti puramente soggettivi, che non possono essere sperimentalmente valutati : è puramente **soggettivo** il **benessere respiratorio olfattivo**; le **altre tre classi** possono invece essere sottoposte ad un'**analisi** che definisca il migliore tra i materiali dell'involucro per raggiungere il più alto livello di comfort ambientale nell'edificio.

10.4.1. Benessere termo - igrometrico

Il benessere **termico-igrometrico** individua condizioni di comfort, per cui i parametri ambientali, agendo sugli scambi sensibili e latenti del corpo umano, annullano le sensazioni di caldo o freddo percepite dall'occupante (neutralità termica).

Ciò deve avvenire senza interventi massicci del sistema di regolazione del corpo in quanto i relativi interventi estremi risultano fonte di disagio. Le variabili principali che influenzano il benessere termico sono:

PARAMETRI SOGGETTIVI (controllo del progettista)	PARAMETRI OGGETTIVI (controllo del soggetto)
Attività fisica svolta	Temperatura a bulbo secco dell'aria
Resistenza termica del vestiario indossato	Temperatura media radiante
	Umidità dell'aria
	Velocità media relativa dell'aria

Tabella 104 : Variabili che influenzano il benessere termico

La temperatura di bulbo secco (T_{BS}) e quella di bulbo umido (T_{BU}) si possono misurare con uno psicrometro, in corrispondenza del bulbo secco ed umido dello stesso.

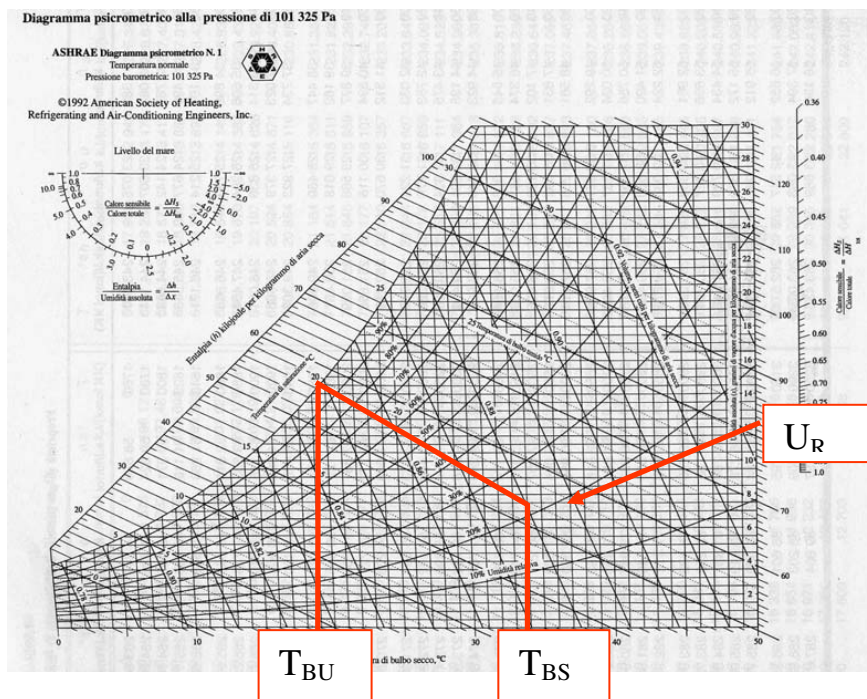


Grafico 29 : Temperature a bulbo secco e umido

Gli scambi per irraggiamento sono la base per calcolare la *temperatura media radiante* (T_{MR}): è la temperatura fittizia che se tutto l'involucro avesse uniformemente darebbe luogo allo scambio per irraggiamento che avviene nella realtà. Lo scambio per irraggiamento che avviene in realtà si ricava conoscendo diversi parametri (emissività della persona ϵ_p (circa 0,98), la sua temperatura superficiale T_{ce} e la sua area efficace

radiante $A_{eff.}$), oltre che dai fattori di vista (F_{p-i}) fra la persona e le superfici dell'involucro alla temperatura T_i (K), ricavabili da tabelle. Il calcolo è complesso.

$$T_o = \frac{T_a + T_{mr}}{2}$$

La **temperatura operante** è la temperatura uniforme di una cavità in cui il soggetto scambierebbe per convezione e irraggiamento la stessa energia che effettivamente scambia nell'ambiente reale non uniforme. Numericamente è la media pesata della temperatura dell'aria e della media radiante.

Dal punto di vista soggettivo l'impossibilità di dati uniformi porta alla analisi della necessità di **omotermia** dell'organismo umano cioè di mantenere costante la temperatura del corpo a circa 37°C : l'organismo ha un sistema di termoregolazione che mantiene tale valore anche quando non più possibile a causa, ad esempio, dell'*attività fisica* e della *resistenza del vestiario* , per cui esistono valori tabulati.

La Normativa individua due **indici di riferimento**, ricavati dai dati precedenti :

Normativa di riferimento per ambienti termici moderati	
UNI EN ISO 7730:1997	Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico
ISO 9920: 1995	Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
D.L.vo 626/1994	Miglioramento della sicurezza e salute negli ambienti di lavoro
Dir. EU 89/106 DPR 246/1993	Direttiva Europea sui materiali da costruzione e Regolamento di attuazione della Direttiva

Figura 160 : Normativa di riferimento per ambienti termici moderati

➤ **Indice PMV (Predicted Mean Vote) :**

Indice di gradimento, esprime il voto che un utente medio darebbe all'ambiente in cui si trova, al variare dei parametri fisici.

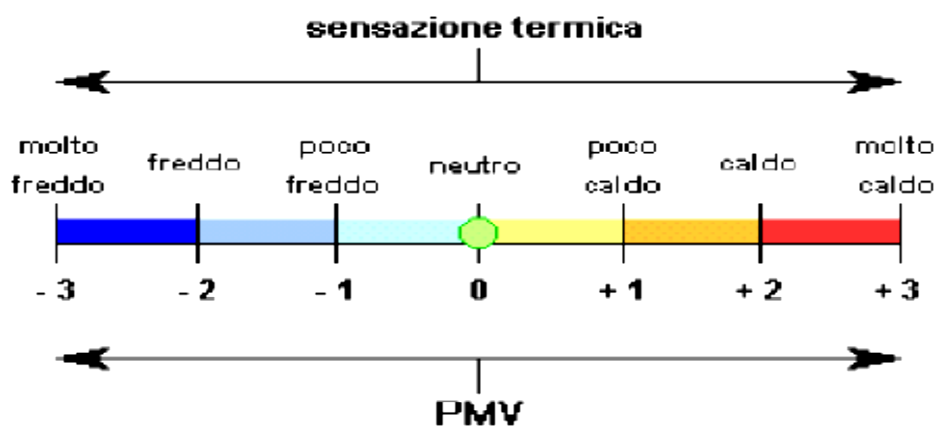


Figura 161 : Indice di gradimento di un ambiente

➤ **Indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) =**

Percentuale di persone insoddisfatte in un determinato ambiente.

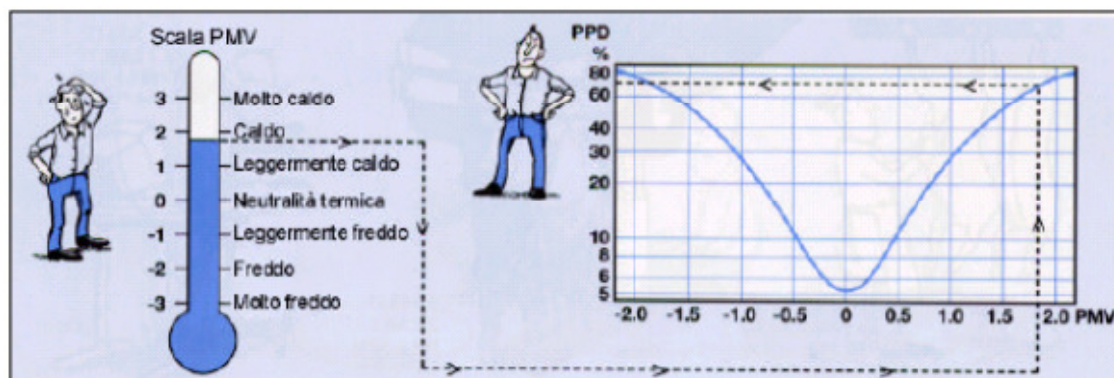


Figura 162 : Grado di insoddisfazione in un ambiente

La complessità della valutazione di tutti questi parametri porta alla necessità di studiare in modo più sperimentale questo livello di benessere : si sceglie perciò di utilizzare un semplice software di calcolo, **Velux Energy and Indoor Climate Visualizer** , che, senza valutazione puramente astratta ma con visualizzazione concreta dei risultati, fornisce le condizioni termiche all'interno di un determinato edificio.

10.4.1.1. Il vetro

Si sceglie di valutare le tre condizioni, studiando poi in particolare il confronto fra le temperature interne, il parametro fondamentale per il benessere : il software restituisce il rispetto delle condizioni di comfort, prestabilite, al variare della **temperatura**.

Il **primo caso** studiato è quello dell'**involucro in vetro**.

Forma dell'edificio

Forme

Casa singola (25°)

Casa singola al piano rialzato (45°)

Spazio del tetto nell'appartamento (45°)

Soffitto

Soffitto inclinato

Soffitto piano

Configurazione fine parete

Singola

A schiera – centro

A schiera – fine della fila

Misura	<input type="radio"/> Misura A	<input checked="" type="radio"/> Misura B	<input type="radio"/> Misura C
Larghezza	7 m	8 m	8 m
Lunghezza	14 m	18 m	22 m
Area del pavimento	98 m ²	144 m ²	176 m ²

Ubicazione dell'edificio

Ubicazione: Milano

Orientamento: SO (n.d.)

Paese: Italia (Milano)

Figura 163 : Caratteristiche geometriche dell'edificio

Viene definita la **geometria** dell'edificio : il software propone solo delle forme prestabilite, tra le quali la “**casa singola, con tetto a falda con pendenza 25%** “ risulta essere quella più simile al caso in esame. Anche per le dimensioni dell'edificio, pre-impostate, si sceglie la soluzione più simile. Vengono stabiliti anche l'**ubicazione** e l'**orientamento**.

Vengono definiti i **componenti costruttivi**, anche in questo caso da scegliere tra le proposte: **muri e tetto alleggerito** e **pavimentazione generica**, che, nonostante l'isolamento per i primi, sono i più simili all'oggetto di studio. L'edificio è posto a livello di **Passiv Haus**.

Copertura dell'edificio

Costruzione parete esterna

01 Muro alleggerito, 50mm isolamento (no mattoni o calcestruzzo)

Costruzione del tetto

01 Tetto alleggerito, 50mm isolamento (no mattoni o calcestruzzo)

Costruzione pavimento esterno

02 pavimentazione classica, 100 mm isolamento, U: 0.26

Adiabatico - adiacente una stanza riscaldata

Infiltrazioni d'aria

Livello Passiv Haus

Figura 164 : Componenti costruttive dell'edificio

Il software richiede l'inserimento di **porte e finestre**, componenti principali per la valutazione energetica dell'edificio, dipendendo da essi la ventilazione interna, completamente naturale. Tali elementi vengono opportunamente dimensionati, data la possibilità di personalizzazione : visto che anche la geometria dell'edificio non rispecchia completamente la realtà, anche i serramenti vanno opportunamente proporzionati all'edificio di software . Si scelgono in particolare :

finestre di facciata 500 x 1000 mm - finestre di copertura 780 x 1600 mm (valori prestabiliti) - porte 500 x 1500 mm - camino di ventilazione

Per tutti gli elementi vengono impostati, come da progetto, *isolamento termico e guadagno solare*, tralasciando la schermatura, assente anche nel progetto stesso.

Figura 165 : Caratteristiche porte e finestre dell'edificio

Nel **riscaldamento e raffrescamento** si impongono le informazioni energetiche :

- La frequentazione è continua e il **numero di persone, 18**, viene studiato secondo la scelta, già fatta nel progetto impiantistico, di **1 persona al m²**.
- Vengono impostate le **temperature** interne di progetto (anche queste già impostate nel progetto impiantistico) e quelle climatiche esterne (da loco).
- **Non vengono poste schermature**, secondo quanto esposto sui serramenti.

Figura 166 : Affluenza, temperature interne e schermature

In **luce e ventilazione** i tre involucri si differenziano : le informazioni qui richieste sono infatti in relazione alle caratteristiche dei diversi materiali. In particolare :

- Si impone la **temperatura interna del blocco, a partire dalla quale i serramenti devono essere aperti per garantire la ventilazione naturale**; tale valore dipende dal vetro dell'involucro, dalle sue proprietà termiche, dal surriscaldamento che provoca. Si impongono **24 °C**, limite di comfort interno.
- Allo stesso modo la **temperatura esterna è posta a 27 °C** : si immagina infatti che a tale valore si verifica il limite interno di 24 °C, secondo la trasmittanza del vetro.

Utilizzare la ventilazione per il controllo del surriscaldamento

Utilizzare le finestre apribili quando la temperatura interna è al di sopra di °C

Utilizzare le finestre apribili per il raffrescamento notturno

Includere finestre per facci Includere finestre per tetti

Utilizzare la ventilazione per il controllo della qualità dell'aria

Richiesta di ventilazione controllata in base ad un livello di CO2

Punto di settaggi:

Ventilazione naturale tutto l'anno

Ventilazione meccanica tutto l'anno

Ventilazione ibrida

Controllo manuale

Utilizzare le finestre per la ventilazione quando la temperatura esterna è al di sopra di °C

Abitudini:

Utilizzare l'aletta di ventilazione per l'aerazione dell'ambiente quando la temperatura esterna è al di sopra di °C

Abitudini:

Figura 167 : Caratteristiche relative alla ventilazione

Inizia a questo punto la simulazione dei risultati : come già ricordato la valutazione di qualità energetica dell'edificio viene rimandata alla temperatura interna che si viene a creare, pur garantendo la ventilazione naturale; è questo il parametro di confronto. Il software restituisce l'andamento visivo, con simulazione dinamica, dei risultati; si riporta perciò soltanto il grafico delle temperature : il grafico è ovviamente riferito al mese più caldo dell'anno, luglio (come già analizzato nel progetto impiantistico), dove è necessaria la ventilazione.

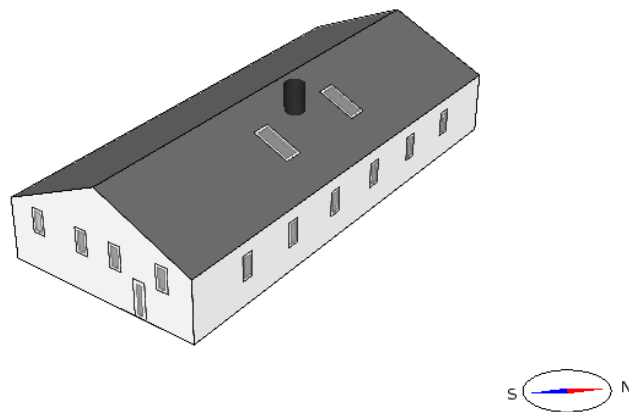


Figura 168 : Simulazione modello edificio in vetro

Si riporta di seguito solo uno dei cinque grafici ottenuti per il mese di luglio, in particolare quello che rispecchia la settimana maggiormente sfavorevole

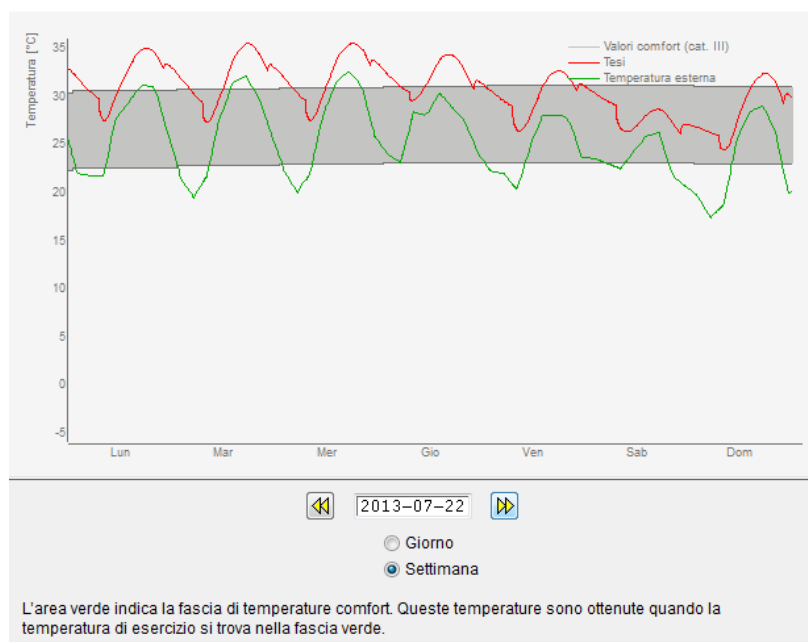


Grafico 30 : Andamento della temperatura per il vetro

Si osserva che in alcuni giorni della settimana di luglio selezionata, la **temperatura interna dell'edificio** supera il limite di comfort previsto dal software stesso (banda grigia): questo dipende sostanzialmente dalle difformità tra i dati inseriti per la simulazione e il progetto reale e i dati vengono perciò accettati. Si riporta anche la **temperatura esterna**.

10.4.1.2. Il polycarbonato

Il **secondo caso** studiato è quello dell'**involucro in polycarbonato**.

Si analizzano le differenze rispetto al caso sopra studiato, essendo uguale l'analisi.

Per **geometria, componenti costruttivi, porte e finestre e riscaldamento e raffrescamento** il nuovo materiale non si discosta dal caso precedente; cambia però la temperatura interna che si genera con un involucro in polycarbonato : questo materiale infatti, fortemente isolante, surriscalda l'ambiente. Questo dato, nella simulazione, può essere inserito solo sottoforma di temperatura : si impone che **la temperatura esterna** a cui iniziare la ventilazione naturale abbia un valore inferiore rispetto al caso precedente, così da simulare la situazione di surriscaldamento interno; essa **viene posta a 24° C, lasciando quella interna a 24°C**.

Si riporta soltanto l'immagine di riferimento dell'edificio, ovviamente identica a quella dell'involucro in vetro, mentre l'andamento delle temperature nel mese di luglio viene rimandato al confronto generale con il caso precedente e quello successivo in etfe.

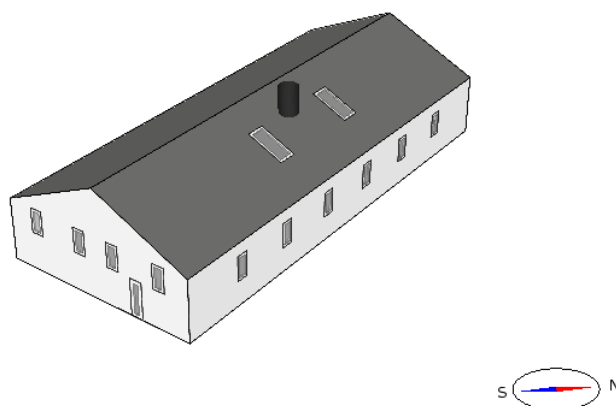


Figura 169 : Simulazione modello edificio in polycarbonato

10.4.1.3. L'ETFE

Il **terzo caso** studiato è quello dell'**involucro in etfe**.

Geometria e componenti costruttive restano invariati, cambiano però i **serramenti**, **inseriti solo in copertura** (nella stessa posizione e con le stesse dimensioni di quelle precedenti) e come **porte** : le finestre si facciata non possono essere infatti inserite in involucro non apribile (si pensi al telaio i cuscinetti in etfe). Anche le temperature cambiano, valgono le stesse considerazioni del polycarbonato : la **temperatura esterna resta a 24°C, come quella interna**; la differenza è il numero di serramenti.

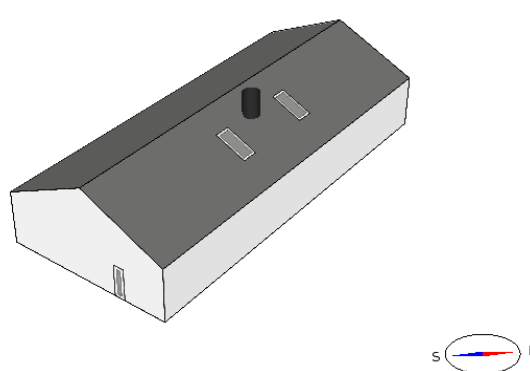


Figura 1 : Simulazione modello edificio in etfe

Si riporta di seguito il grafico di confronto tra il **vetro**, il **polycarbonato** e l'**etfe**, sempre prendendo come riferimento la settimana considerata più critica.

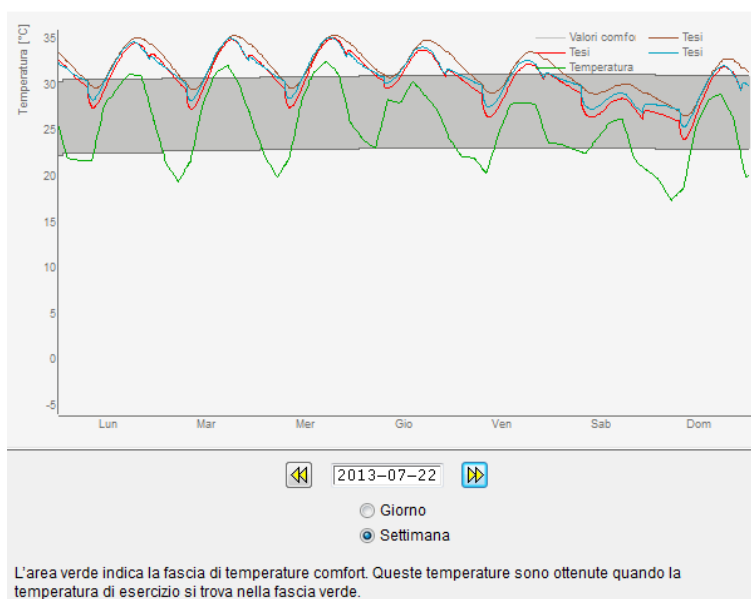


Grafico 31 : Andamento delle temperature per i tre materiali

Si osserva che nonostante i valori non si discostino in modo significativo, la soluzione migliore risulta essere quella dell'involucro in vetro, il polycarbonato rappresenta la seconda migliore opzione mentre, come previsto, l'etfe genera un aumento eccessivo della temperatura interna (effetto serra, senza aperture).

A livello termico – igrometrico si conferma perciò la soluzione già adottata nel progetto, proponendo il vetro schermato come soluzione sui 3 lati sud, est e ovest, e sfruttando invece il polycarbonato, con il suo potere isolante, a nord.

10.4.2. Benessere visivo - illuminotecnico

La garanzia di un'illuminazione sufficiente nel progetto è già stata valutata come verifica illuminotecnica sia all'interno dei singoli blocchi delle attività (che rappresentano effettivamente i luoghi di frequentazione continua) sia nel blocco strutturale, verificando che il vetro di facciata, scelto come materiale di progetto, garantisce effettivamente un ambiente illuminato, tranne nella parte centrale, in corrispondenza del "corridoio di distribuzione", sopra al quale sono state perciò predisposte apposite finestre in copertura. Tali risultati vengono riproposti semplicemente, rimandando i commenti a quanto già esposto, e confrontandoli. La verifica viene perciò effettuata a livello di **FLD** e di **il luminanza**, quest'ultima valutata nel mese di dicembre, in condizione di cielo coperto, per valutare le condizioni peggiori.

10.4.2.1. Il vetro

Il **primo caso** studiato è quello dell'**involucro in vetro**.

Si riportano i risultati dell'analisi già effettuata attraverso il software **Velux Daylight Visualizer**, che identifica, secondo una scala di colori, dai caldi ai freddi (da Normativa ISO), il livello di illuminazione in un locale. Si è già osservato che l'involucro vetrato garantisce un'adeguatissima illuminazione interna. La differenza sostanziale rispetto all'analisi già effettuata consiste nella presenza, in questo caso, di vetro anche a nord.

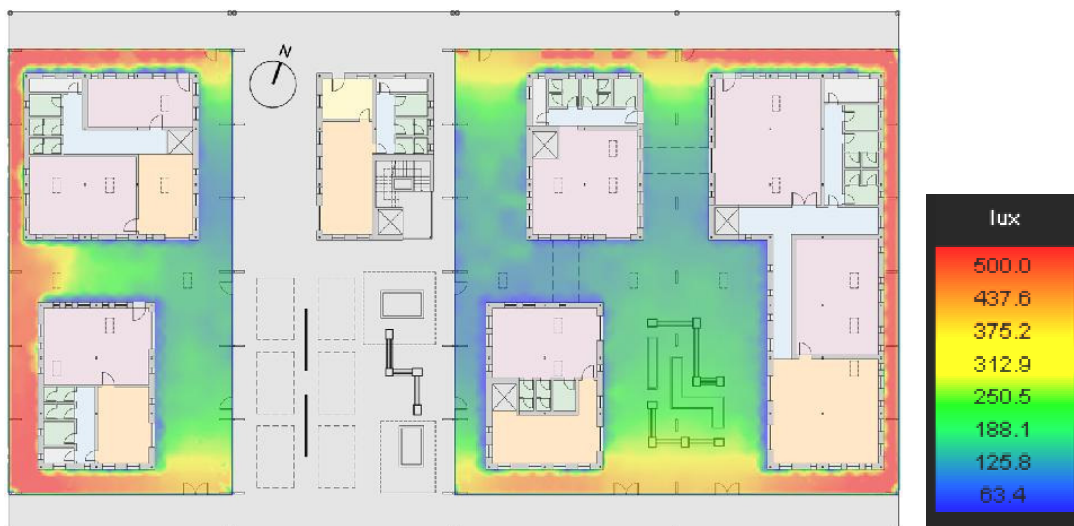


Figura 171 : Illuminamento dell' involucro in vetro



Figura 172 : FLD dell'involucro in vetro

Dall'osservazione dei due risultati ottenuti, si può notare un buon livello di illuminamento anche durante il periodo studiato, ovvero quello di **dicembre**, in condizioni di **cielo coperto**.

L'involucro esterno è in realtà caratterizzato da due teche vetrate chiuse, ognuna con un proprio valore di **fattore di luce diurna medio**, che risultano essere pari a: 2,3% per la teca più piccola a sinistra, mentre 2,1% per la teca grande a destra.

10.4.2.2. Il policarbonato

Il **secondo caso** studiato è quello dell'**involucro in policarbonato**.

L'edificio, all'interno del software di simulazione, si discosta dal precedente solo nella predisposizione del policarbonato, con proprietà ottiche diverse dal vetro, cioè una maggiore opacità e riflessione. L'illuminazione interna risulta perciò più limitata.



Figura 173 : Illuminamento dell'involucro in policarbonato



Figura 174 : FLD dell'involucro in policarbonato

Alle stesse condizioni climatiche e temporali di prima, i valori di fattore di luce diurna medi risultano essere: 1,7% a sinistra e 1,5% a destra.

10.4.2.3. L'ETFE

Il **terzo caso** studiato è quello dell'*involucro in etfe*.

Le stesse considerazioni fatte per il policarbonato valgono per l'inserimento dell'edificio nel software; questo materiale presenta però un'altissima trasparenza, molto più similmente al vetro che al policarbonato (da cui anche l'eccessivo surriscaldamento interno), perciò il risultato dell'analisi sarà quello di un'illuminazione notevole.

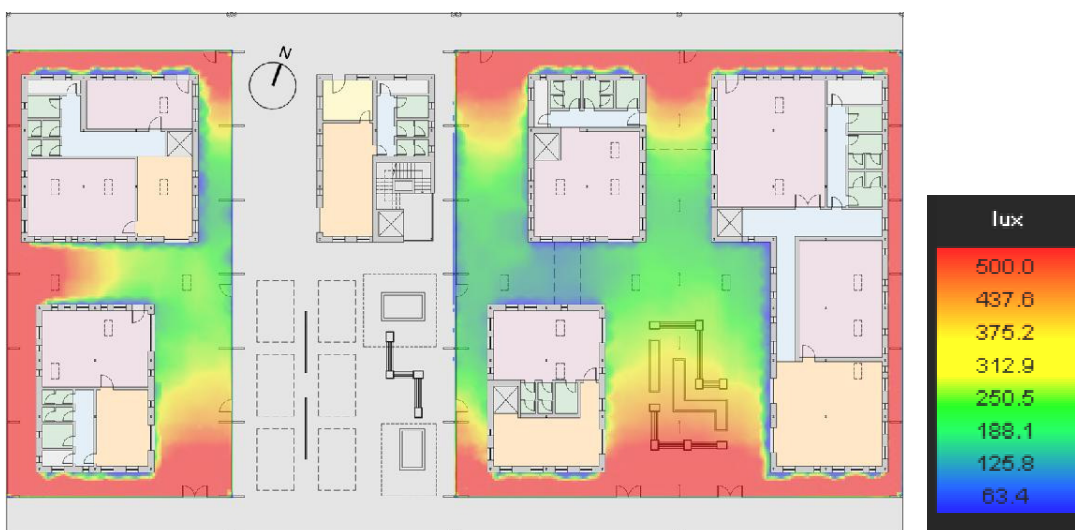


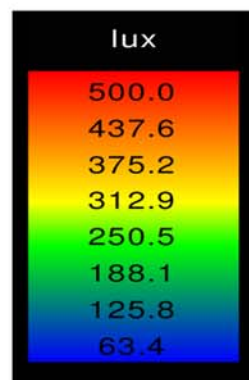
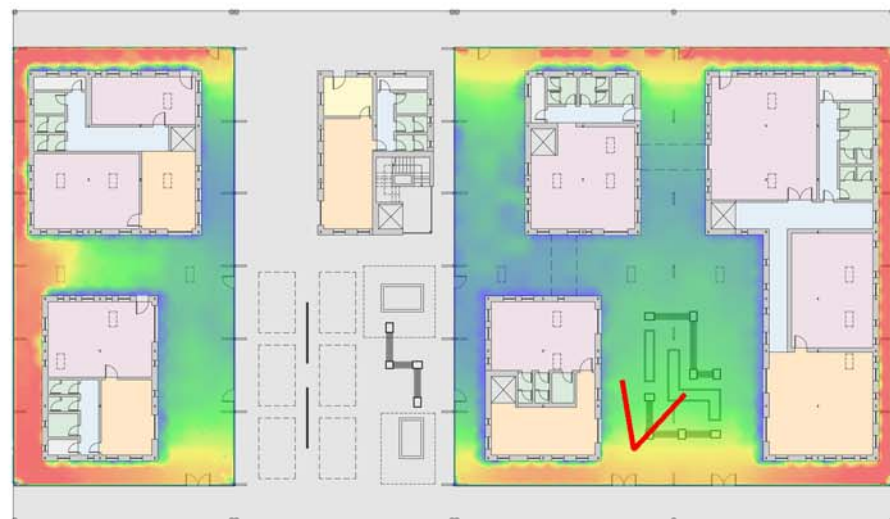
Figura 175 : Illuminazione dell'involucro in etfe



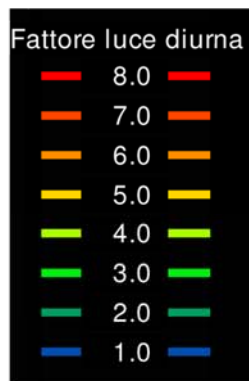
Figura 176 : FLD dell'involucro in etfe

Alle stesse condizioni climatiche e temporali di prima, i valori di fattore di luce diurna medi risultano essere: 3,2% a sinistra e 3% a destra.

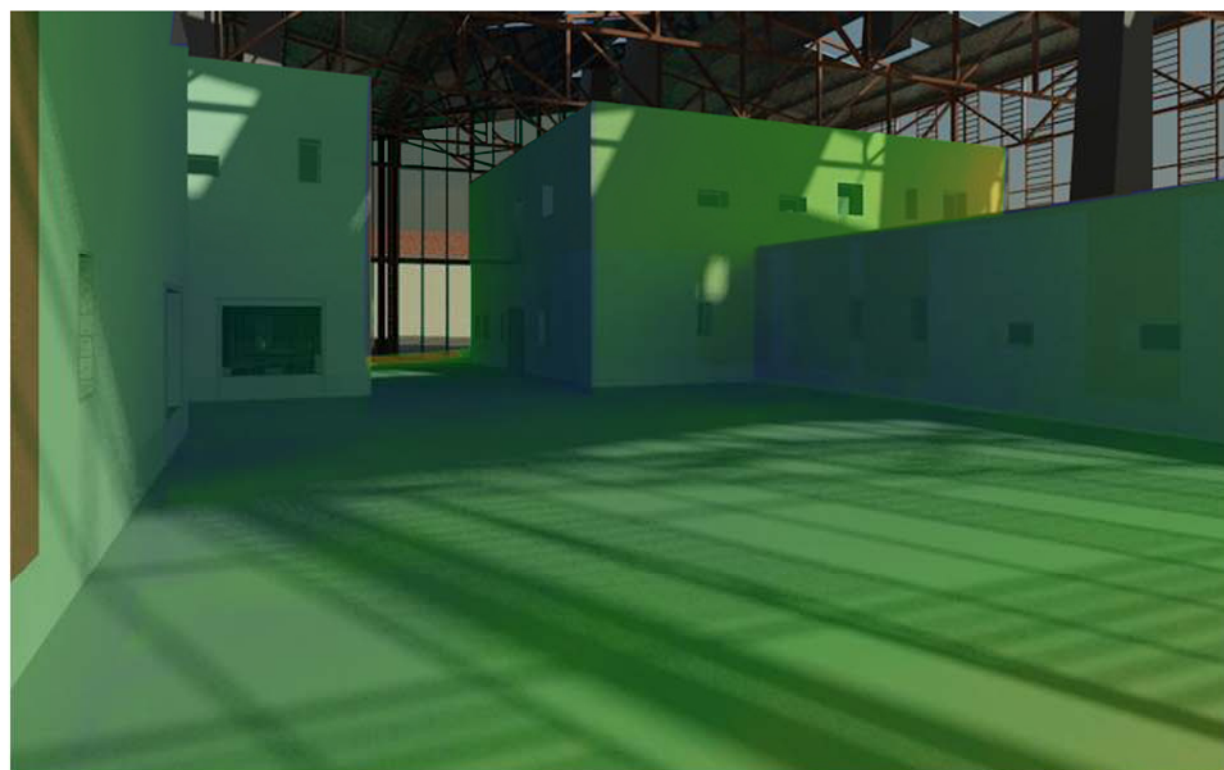
BENESSERE VISIVO - ILLUMINOTECNICO



ILLUMINAMENTO: 21 dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



FLD in condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

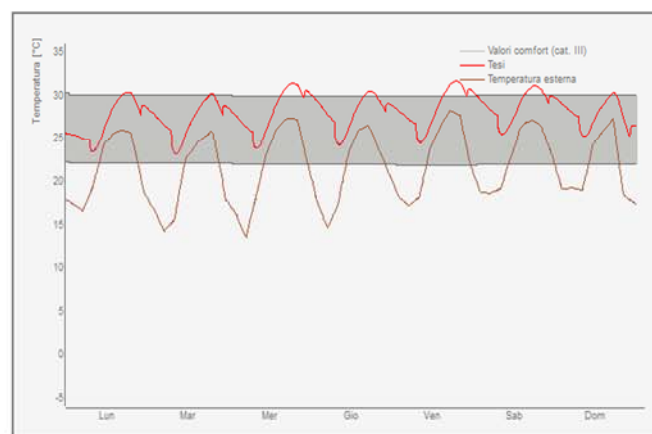


Render interno, illuminanza dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

BENESSERE TERMO - IGROMETRICO

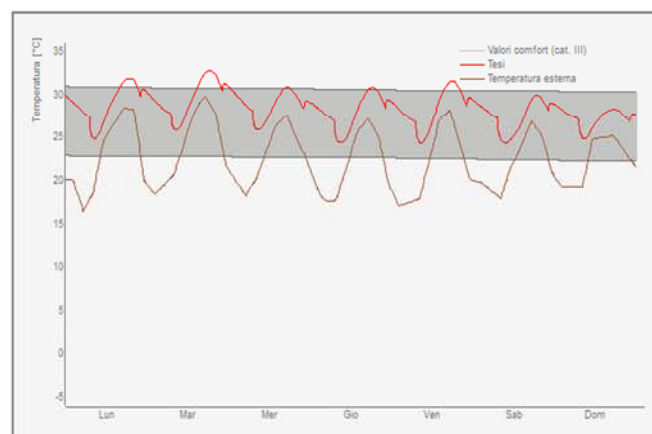


Rivestimento esterno:
 IL VETRO



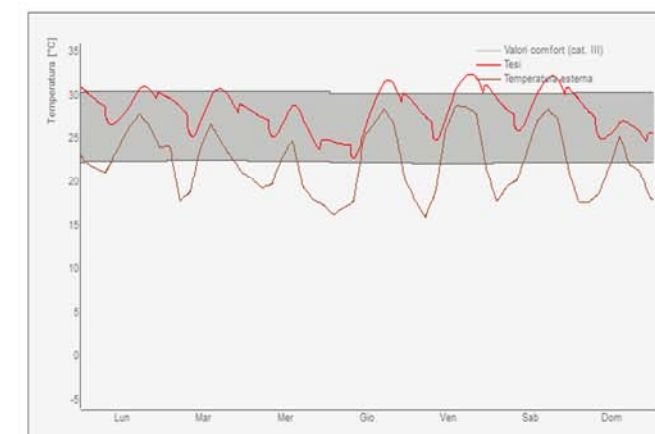
Andamento delle temperature settimanale: 01-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

Temperatura esterna
 Temperatura vetro



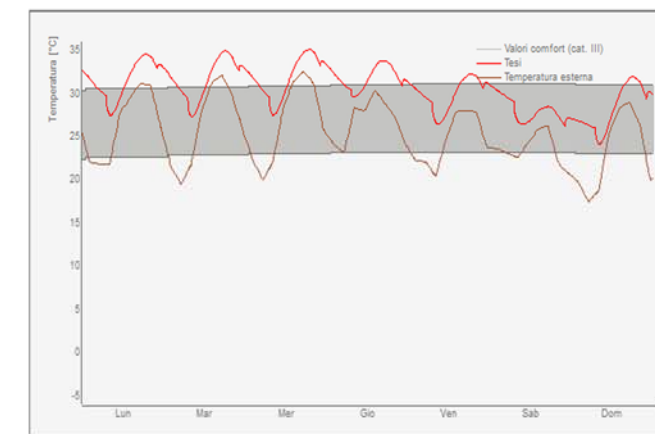
Andamento delle temperature settimanale: 08-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

Temperatura esterna
 Temperatura vetro



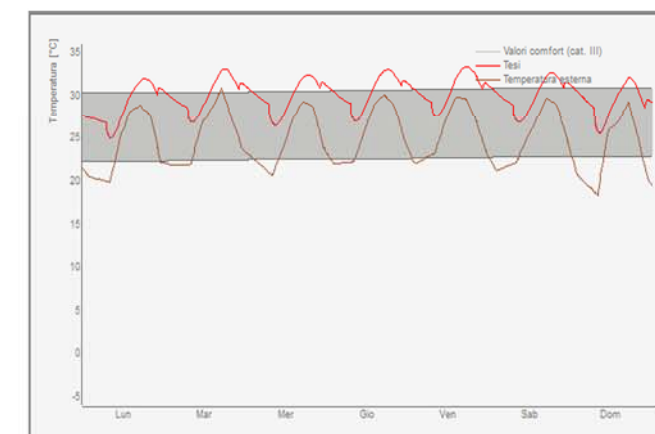
Andamento delle temperature settimanale: 22-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

Temperatura esterna
 Temperatura vetro



Andamento delle temperature settimanale: 29-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

Temperatura esterna
 Temperatura vetro



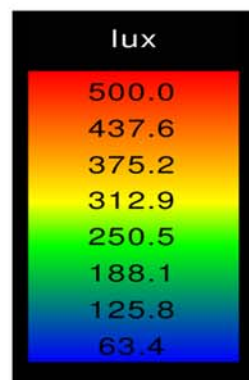
Andamento delle temperature settimanale: 05-08-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

Temperatura esterna
 Temperatura vetro

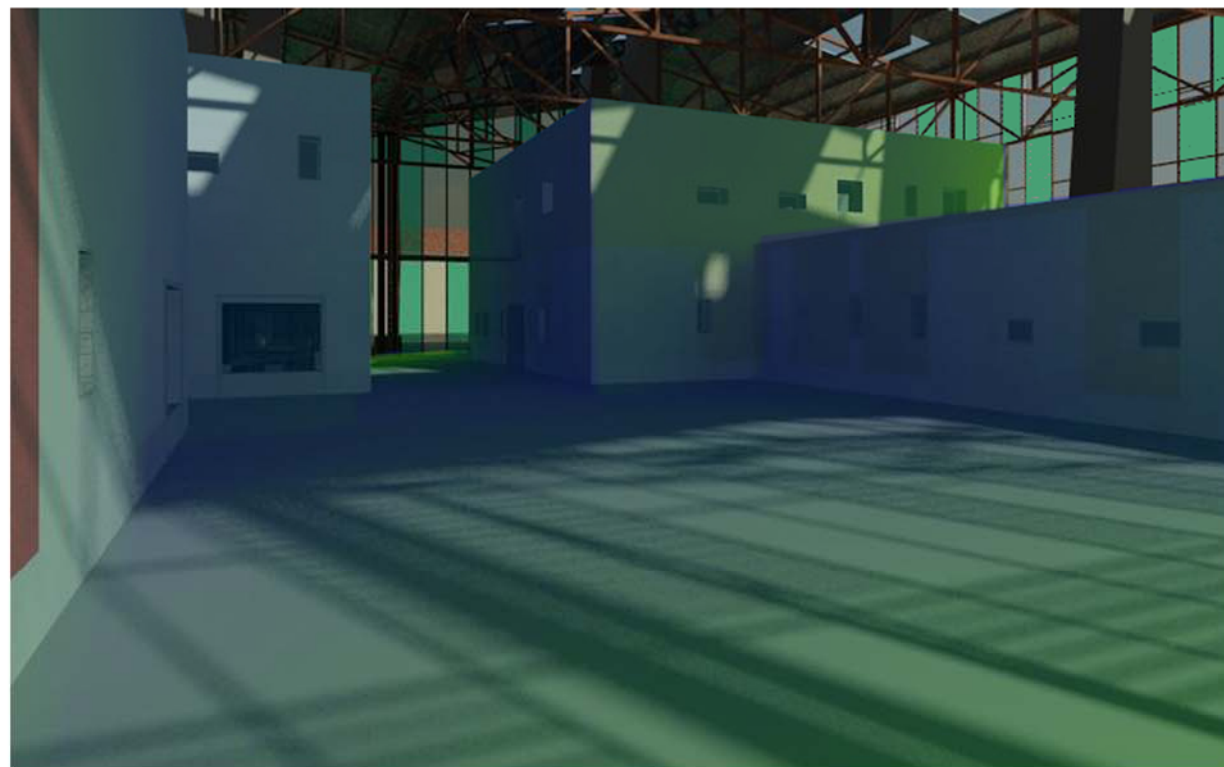
BENESSERE VISIVO - ILLUMINOTECNICO



ILLUMINAMENTO: 21 dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX



FLD in condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

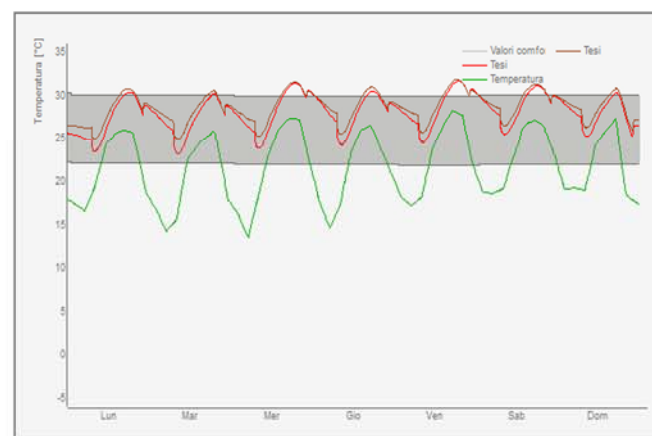


Render interno, illuminanza dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

BENESSERE TERMO - IGROMETRICO

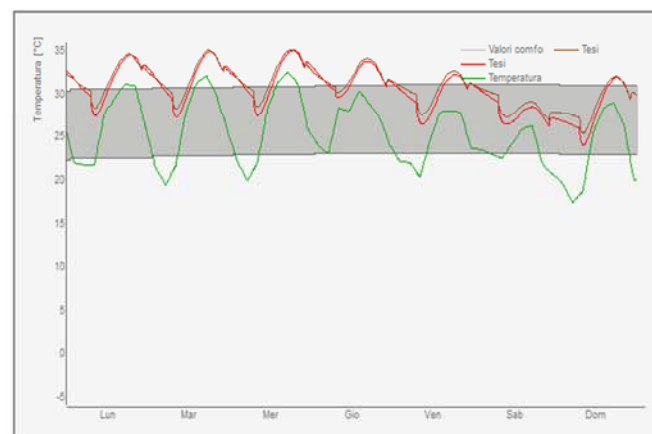


Rivestimento esterno:
 IL POLICARBONATO



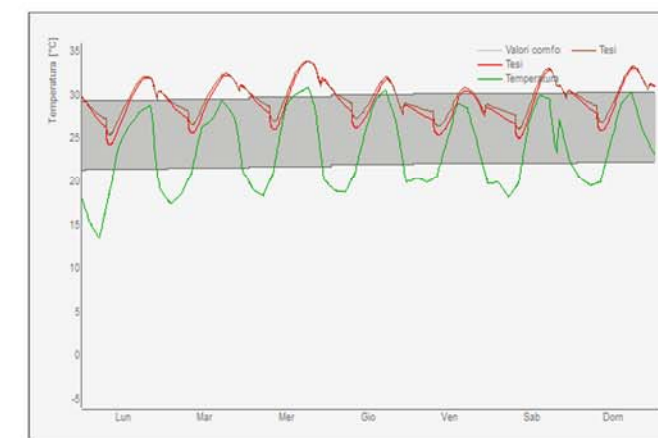
Andamento delle temperature settimanale: 08-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato



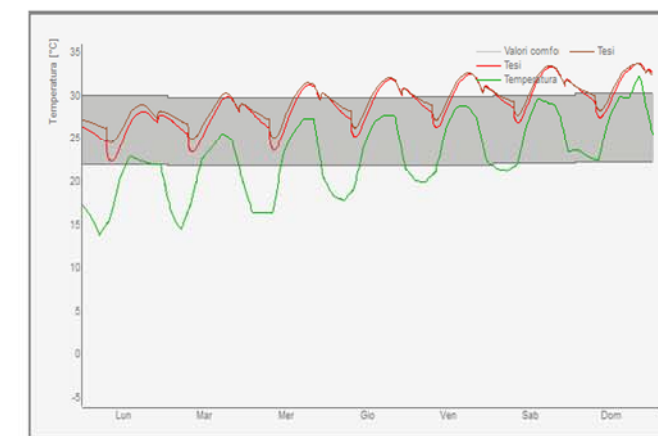
Andamento delle temperature settimanale: 22-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato



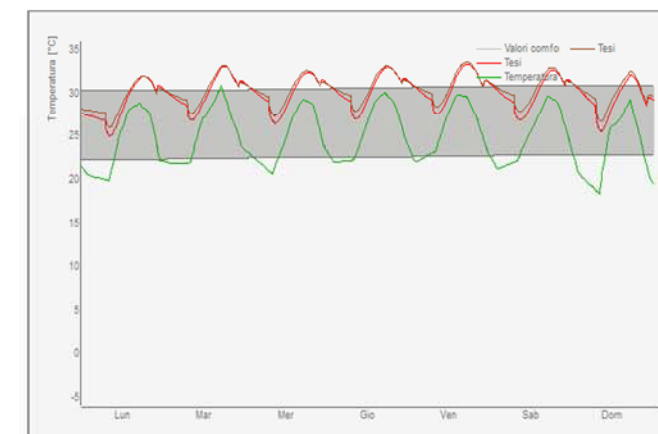
Andamento delle temperature settimanale: 24-06-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato



Andamento delle temperature settimanale: 15-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

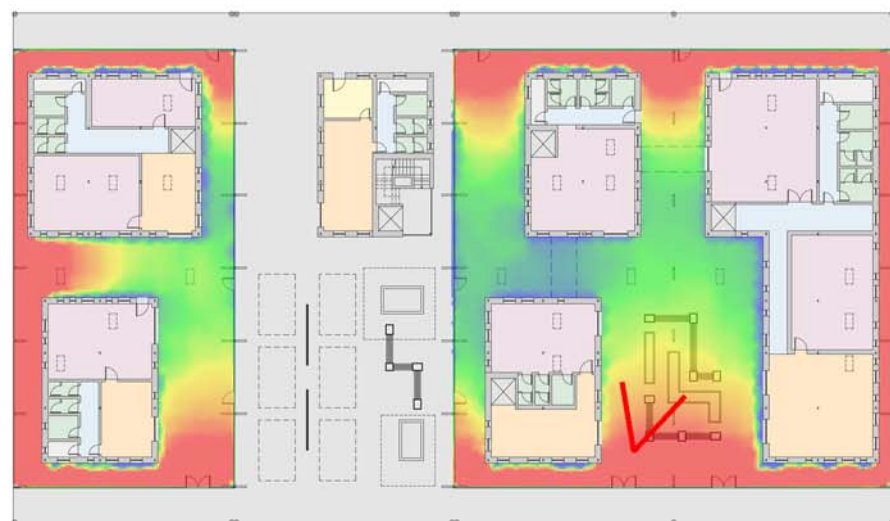
- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato



Andamento delle temperature settimanale: 05-08-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato

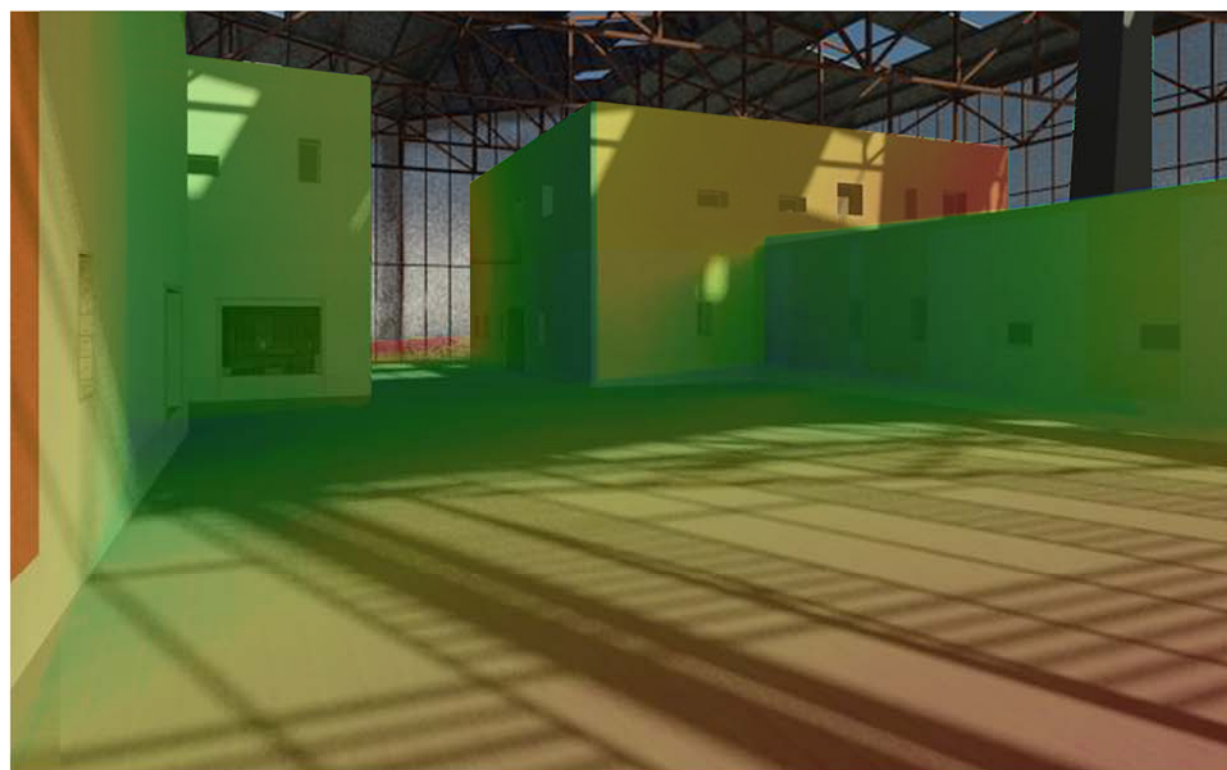
BENESSERE VISIVO - ILLUMINOTECNICO



ILLUMINAMENTO: 21 dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

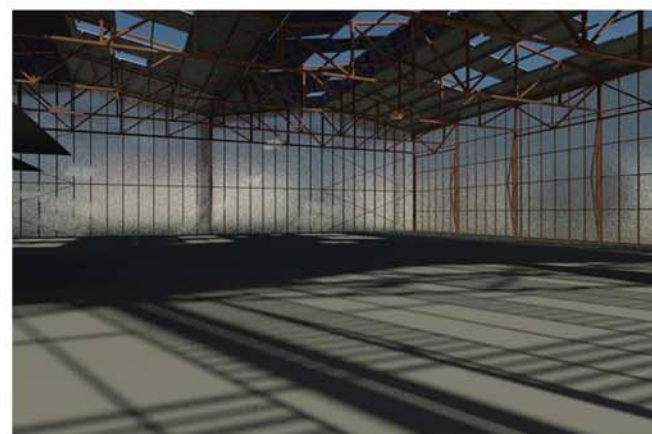


FLD in condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

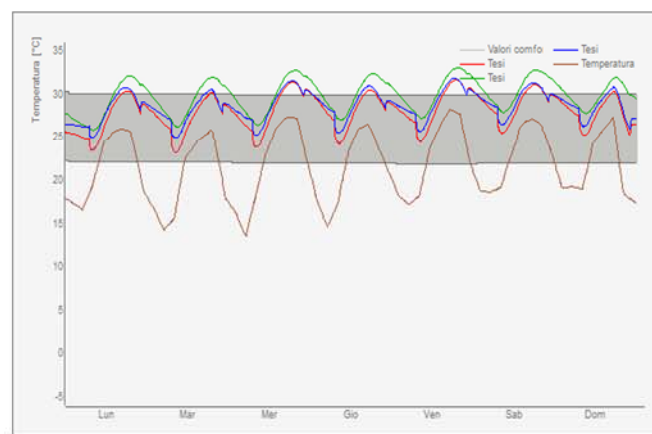


Render interno, illuminanza dicembre ore 12.00, condizioni di cielo coperto
 fonte: software Daylight Visualizer, VELUX

BENESSERE TERMO - IGROMETRICO

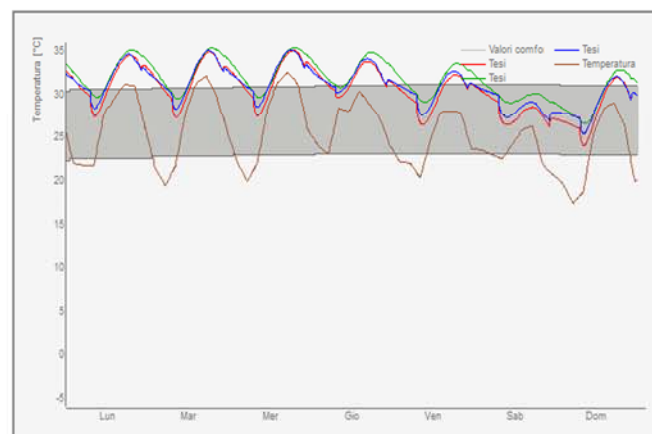


Rivestimento esterno:
 L'ETILENE TETRAFLUOROETILENE



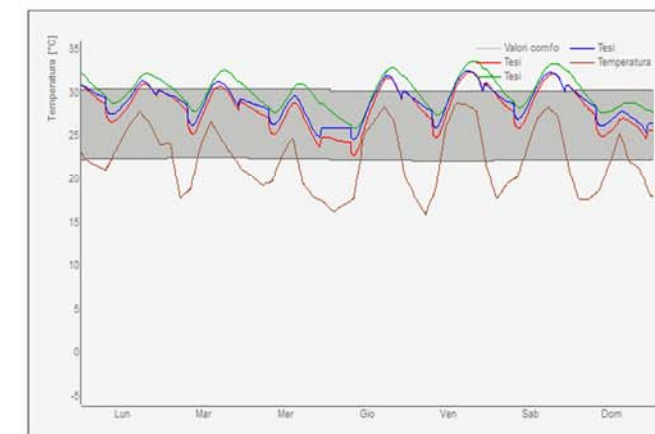
Andamento delle temperature settimanale: 01-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato
- Temperatura ETFE



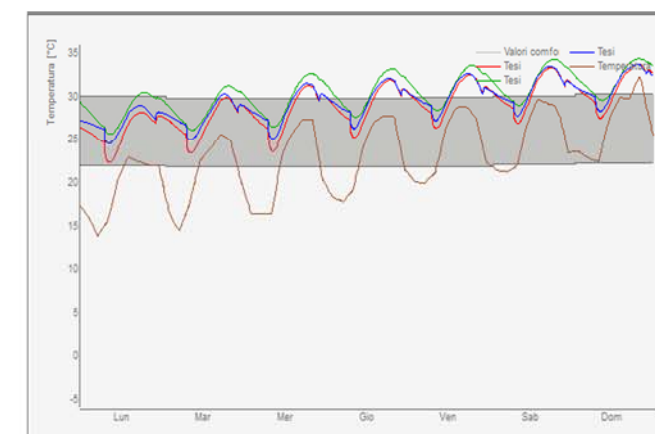
Andamento delle temperature settimanale: 08-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato
- Temperatura ETFE



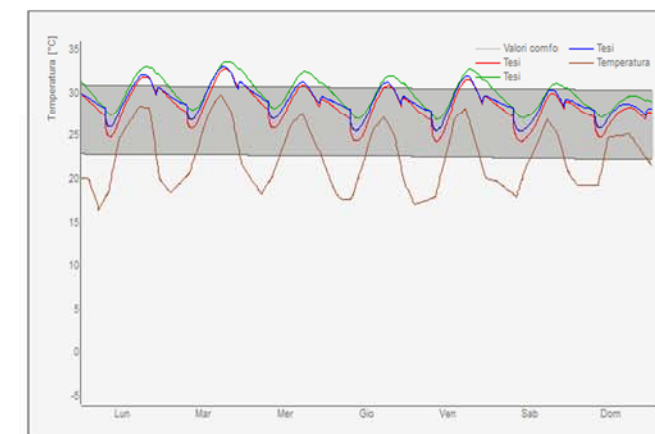
Andamento delle temperature settimanale: 15-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato
- Temperatura ETFE



Andamento delle temperature settimanale: 22-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato
- Temperatura ETFE



Andamento delle temperature settimanale: 29-07-2013
 fonte: software Energy and Indoor Climate Visualizer, VELUX

- Temperatura esterna
- Temperatura vetro
- Temperatura policarbonato
- Temperatura ETFE

11

**PROGETTO DEL
CANTIERE**

11.1. LE FASI

La fase del cantiere rappresenta il ciclo di lavoro per la realizzazione di una parte di un'opera; è un insieme di operazioni e lavorazioni che non comportano un mutamento nell'organizzazione del cantiere. Di norma ogni lavorazioni necessita di:

- aree di stoccaggio o di carico e scarico
- postazioni di lavoro fisse
- sistemi di protezione
- allestimento di opere provvisionali.

Se l'organizzazione del cantiere è ben fatta, un'eventuale contemporaneità fra lavorazioni non si trasforma in interferenza.

11.2. I VINCOLI

11.2.1. Ubicazione dei lavori

Si analizza il contesto urbanistico, il rapporto con le infrastrutture, gli eventuali ostacoli che potrebbero rendere difficile l'approvvigionamento al cantiere e le problematiche connesse all'accesso allo stesso.

11.2.2. Caratteristiche geomorfologiche

Bisogna tenere conto della relazione geomorfologica e/o geotecnica presente nel progetto esecutivo, in particolare della natura del terreno, o dell'altezza della falda acquifera.

11.2.3. Sottosuolo e sottoservizi impiantistici

Va verificata l'eventuale presenza di elementi nel sottosuolo, quali reperti, manufatti o altro che possa diventare di ostacolo all'organizzazione del cantiere. Di solito, in caso

di cantieri urbani, è possibile, come prima approssimazione, fare riferimento ai chiusini e alle caditoie presenti.

11.2.4. Vincoli di superficie inamovibili, preesistenze e vincoli aerei

Sono i marciapiedi, le pensiline per il trasporto pubblico, i manufatti, che non devono essere danneggiati durante i lavori; talvolta risulta necessario rimuoverli e ricollocarli alla fine. I vincoli aerei sono invece rappresentati dalle linee elettriche, i teloni pubblicitari, le illuminazioni sospese.

11.3. REQUISITI NORMATIVI

I requisiti minimi sono definiti dalla normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, in particolare dal ***D.Lgs. 81/2008***

11.3.1. Le recinzioni di cantiere

Le delimitazione delle aree esterne e interne al cantiere individuano gli spazi disponibili per le fasi esecutive, evidenziando un'eventuale occupazione di suolo pubblico o di altre proprietà.

Nel nostro progetto di cantiere abbiamo posizionato due tipologie diverse di recinzione, una cesata completamente cieca, per interdire l'accesso completo al cantiere e impedirne la visibilità; e una cesata permeabile, per proteggere l'area ma senza l'obbligo di avere delle barriere cieche.

11.3.2. Accessi, viabilità e percorsi

Gli accessi vengono stabiliti in base alle caratteristiche pedonali o veicolari dei percorsi, considerando sia le esigenze di chi lavora in cantiere, sia di chi deve accedere agli edifici eventualmente in uso; essi possono essere pedonali o carrabili. È necessario inoltre stabilire il senso di marcia, la larghezza delle corsie, la tipologia della superficie, la segnaletica e gli spazi per sosta e manovre.

Se non si può progettare in modo che il percorso coincida con una strada da eseguire in modo definitivo sull'area, si può realizzare almeno un provvisorio costipamento del terreno con ghiaione.

I principali accessi, sia pedonali che carrabili, sono stati aperti a nord, poiché dal quel punto è risultato più semplice anche per eventuali manovre particolari dei mezzi; da quella strada attualmente il traffico è poco presente, come invece è preponderante a sud. E' stata realizzato provvisoriamente un costipamento del terreno con ghiaione in corrispondenza dell'ingresso a nord, là dove avvengono i maggiori spostamenti e le maggiori manovre dei mezzi di lavorazione.

11.3.3. Servizi di cantiere

Sono i servizi logistici, i servizi igienici e gli spogliatoi, che vanno dimensionati in base al numero di addetti presenti; questi spazi possono essere ricavati direttamente da spazi esistenti, oppure essere creati ex novo, attraverso l'installazione di apposite baracche prefabbricate. Essi devono essere opportunamente aerati, illuminati e dotati di sistemi di riscaldamento. Di solito sono necessari un ufficio per il direttore del cantiere, che può coincidere con l'ufficio amministrativo e va quindi posizionato vicino all'ingresso, un eventuale ufficio tecnico per l'elaborazione delle tavole distributive di cantiere e per l'elaborazione dei programmi, un ufficio per il direttore dei lavori. La loro collocazione non può cambiare, deve essere mantenuta per tutta la durata del cantiere. Nel nostro caso tutte le baracche di cantiere sono state collocate in un'area a nord - ovest, ritenuta la più opportuna e facilmente accessibile. Sono state previste, così come da normativa, locali quali infermeria, spogliatoi, mensa, servizi igienici, uffici e deposito attrezzi.

11.3.4. Carico e scarico

Per le operazioni di carico e scarico dei materiali vanno definite delle zone di sosta, che ovviamente non interferiscano con gli accessi e le vie di transito, soprattutto con le vie di fuga e di emergenza.

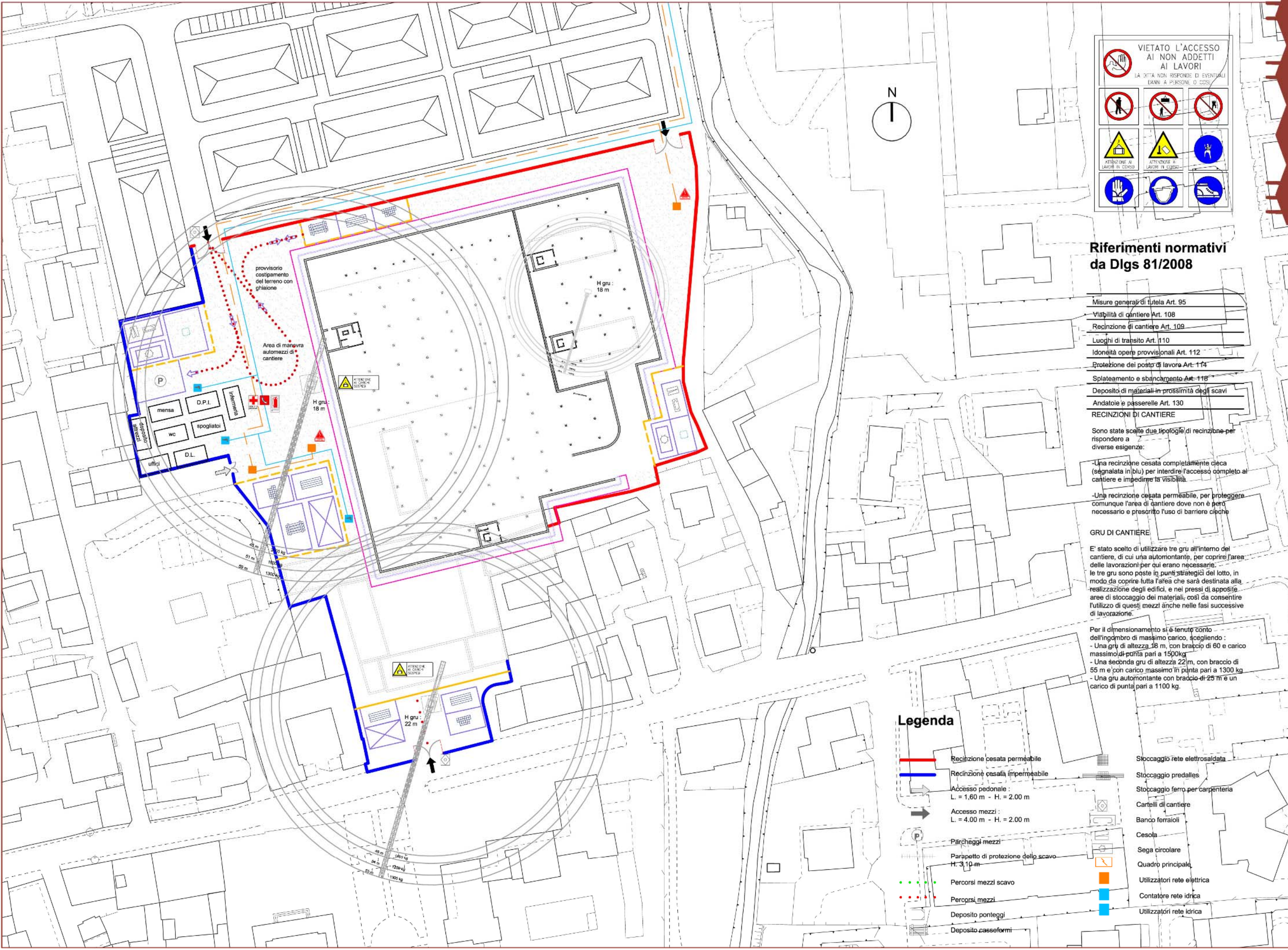
11.3.5. Aree di stoccaggio

La dimensione dell'area deve essere commisurata in base alle esigenze di manovre del veicolo usato e al sistema di carico/scarico/movimentazione che viene utilizzato. Se l'attività dovesse interferire con altre presenti nel cantiere, è opportuno confinare l'area e separarla con paletti o transenne. I materiali pronti per essere trasportati in sede di montaggio devono essere stoccati nel raggio di azione della gru. Quando non fosse possibile collocare tutto nelle zone più adatte, possono essere adottati mezzi complementari quali carrelli elevatori e/o autogrù. E' bene ricordare che nella collocazione dei prefabbricati bisogna tener conto della successione di posa dei pezzi. Se tutti i pezzi sono uguali, possono essere sovrapposti, compatibilmente con la loro possibilità strutturale di resistere ai carichi: il pezzo più basso sopporta il peso di tutti quelli superiori. Se i pezzi sono diversi uno dall'altro meglio accostarli. Di solito è opportuno porre in stoccaggio in orizzontale i pezzi che verranno messi in opera in orizzontale e viceversa per i verticali.

Viste le dimensioni del lotto, sono state previste diverse postazioni di stoccaggio, facilmente accessibili ai mezzi; secondo le esigenze e le previsioni di progetto, i principali depositi previsti sono per i ponteggi, le casseformi, la rete elettrosaldata, i predalles e i ferri. Viene inoltre prevista un 'area per il lavoro dei ferraioli, un 'area in cui è posta la cesoia e una per la sega circolare; l'area riservata alla sega circolare viene opportunamente segnalata e segregata, in modo da creare una zona di protezione tutto intorno ed evitando di creare situazioni di pericolo per i lavoratori.

11.3.6. Movimentazioni aeree

Di norma il raggio operativo presunto dei macchinari e il relativo carico spergente, devono mantenersi a una distanza di almeno cinque metri rispetto alle linee elettriche. La gru o le gru che si sceglie di posizionare, devono essere in grado di coprire le aree di intervento.



Riferimenti normativi da Dlgs 81/2008

- Misure generali di tutela Art. 95
- Viaibilità di cantiere Art. 108
- Recinzione di cantiere Art. 109
- Luoghi di transito Art. 110
- Idoneità opere provvisoria Art. 112
- Protezione dei posti di lavoro Art. 114
- Splateamento e sbancamento Art. 116
- Deposito di materiali in prossimità degli scavi
- Andate e passerelle Art. 130

RECINZIONI DI CANTIERE

- Sono state scelte due tipologie di recinzione per rispondere a diverse esigenze:
- Una recinzione cesata completamente cieca (segnalata in blu) per impedire l'accesso completo al cantiere e impedire la visibilità.
 - Una recinzione cesata permeabile, per proteggere comunque l'area di cantiere dove non è però necessario e prescritto l'uso di barriere cieche.

GRU DI CANTIERE

E' stato scelto di utilizzare tre gru all'interno del cantiere, di cui una automontante, per coprire l'area delle lavorazioni per cui erano necessarie. Le tre gru sono poste in punti strategici del lotto, in modo da coprire tutta l'area che sarà destinata alla realizzazione degli edifici, e nei pressi di apposite aree di stoccaggio dei materiali, così da consentire l'utilizzo di questi mezzi anche nelle fasi successive di lavorazione.

Per il dimensionamento si è tenuto conto dell'ingombro di massimo carico, scegliendo:

- Una gru di altezza 18 m, con braccio di 60 e carico massimo di punta pari a 1500kg
- Una seconda gru di altezza 22 m, con braccio di 55 m e con carico massimo in punta pari a 1300 kg
- Una gru automontante con braccio di 25 m e un carico di punta pari a 1100 kg.

Legenda

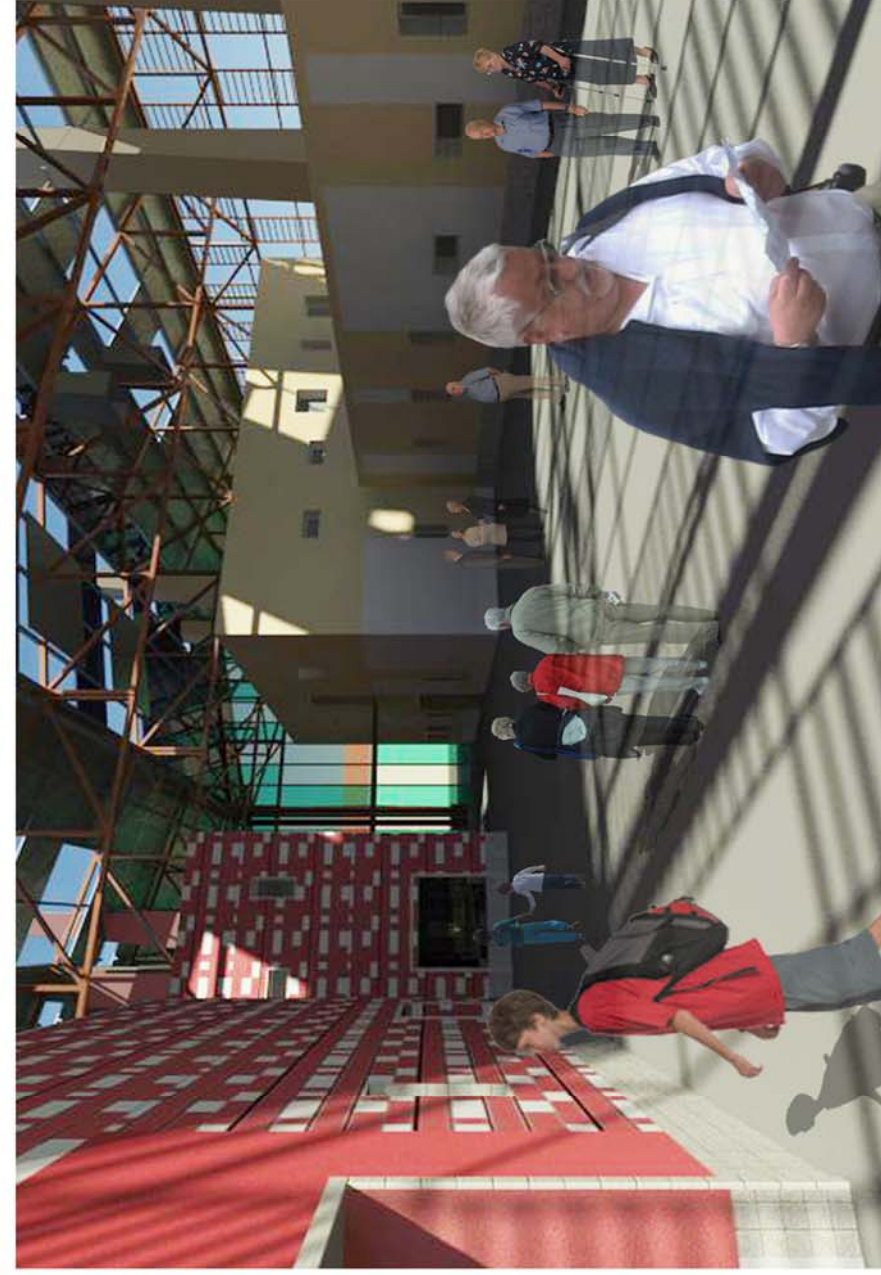
- Recinzione cesata permeabile
- Recinzione cesata impermeabile
- Accesso pedonale : L. = 1,60 m - H. = 2,00 m
- Accesso mezzi : L. = 4,00 m - H. = 2,00 m
- Parcheggi mezzi
- Parapetto di protezione dello scavo H. 3,10 m
- Percorsi mezzi scavo
- Percorsi mezzi
- Deposito ponteggi
- Deposito casseformi
- Stoccaggio rete elettrosaldata
- Stoccaggio predalles
- Stoccaggio ferro per carpenteria
- Cartelli di cantiere
- Banco ferraioili
- Cesola
- Sega circolare
- Quadro principale
- Utilizzatori rete elettrica
- Contatore rete idrica
- Utilizzatori rete idrica

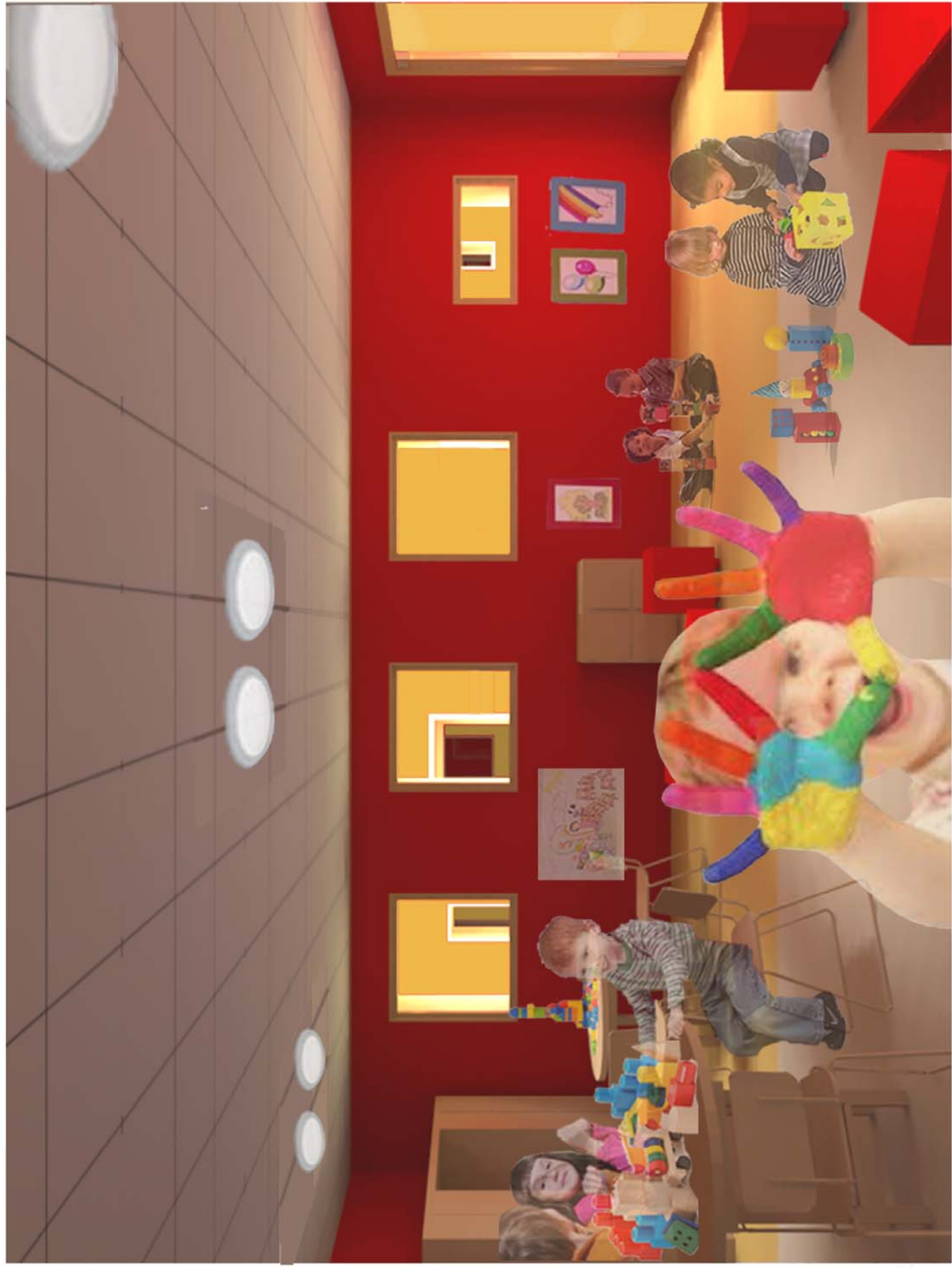


RENDER









CONCLUSIONI

L'intervento oggetto di studio si è proposto di mirare alla realizzazione di un polo attrattivo, attraverso la scelta di collocarvi delle attività ricreative; queste rappresentano infatti un incentivo per i cittadini di tutte le generazioni a interagire e condividere reciprocamente il tempo libero nel proprio paese. Dopo aver analizzato le problematiche in un paese effettivamente piccolo e non in grado di offrire tutto quello che dovrebbe essere necessario al benessere della persona, si è scelto di puntare a dei cambiamenti che potessero giovare sia ai cittadini che alle utenze dei paesi limitrofi.

Da un punto di vista urbanistico il progetto si colloca in una posizione centrale rispetto al paese, e per tale ragione si presta come elemento di connessione fra le attività esistenti, che attualmente risultano separate a nord e a sud dalla strada provinciale che taglia in due il paese. La riorganizzazione del lotto ha consentito quindi di poter dare continuità e creare idealmente una fascia di servizi, collegati tramite dei percorsi pedonali e ciclopedonali alberati. Sono stati inoltre progettati degli spazi verdi e dei nuovi parcheggi, anche interrati, a incrementare quelli già presenti ma piuttosto scarsi e mal gestiti.

Passando invece all'aspetto architettonico, l'edificio principale appare da un lato come elemento nuovo e innovativo, ma dall'altro cerca di rispettare il contesto in cui è inserito: la forma semplice e la copertura a falde inclinate, sono elementi tradizionali, che si ispirano alle abitazioni più tipiche e diffuse nel paese. Anche la scelta dei materiali è finalizzata all'ottenimento di una struttura tecnologicamente e prestazionalmente avanzata, ma comunque senza eccedere, nella piena considerazione dell'ambito in cui è inserito. La tradizione emerge anche nella scelta di voler mantenere viva e intatta un'attività molto diffusa in tanti paesi e città italiane, che è quella del mercato settimanale, che anche in questo caso riunisce la collettività.

Le tecnologie costruttive innovative e le strategie energetiche, hanno reso il complesso funzionale e in grado di offrire delle prestazioni elevate, ma comunque nel rispetto dell'ambiente e dei consumi.

BIBLIOGRAFIA

Fonti a stampa

- [1] Berizzi Carlo, *Rinnovo architettonico nell'area ex caserma Moioli di Presezzo (Bg)*, Tesi di laurea discussa presso la facoltà di Ingegneria Edile-Architettura, Università degli studi di Pavia, 2000-2001.
- [2] Cortesi Maria Elena, *Presezzo e la sua storia*, Verdello (Bg), Edizioni Villadiseriane, 1996.
- [3] De Pascale Enrico, *Palazzo Furietti Carrara a Presezzo*, Azzano San Paolo, Bolis Edizioni, 2003.
- [4] Kenneth Frampton, *Storia dell'architettura moderna*, Zanichelli, 2008.
- [5] Nucifora Sebastiano, *Piazze, strade, cortili e scalinate: luoghi di città tra scambi e mediazione*, Iiriti Editore, 2005.
- [6] Orlandi Piero, *Cortili in Lombardia*, Celip Editore, 1970.
- [7] Strappa Giuseppe, *Unità dell'organismo architettonico*, Edizioni Dedalo, 1995.
- [8] Zucchi Cino, *L'architettura dei cortili milanesi 1535-1706*, Electa, 1989.
- [9] Rossi Iginio, *Mercati coperti per il rinnovamento urbano*, in *Disciplina del Commercio*, 1, 2002, pp. 1-12.
- [10] Zintek, *Le Albere*, GS Printing Group Roncade (Tv), Edizione 2012.
- [11] Imperadori Marco, *La meccanica dell'architettura - La progettazione con tecnologia stratificata a secco*, Il Sole 24 ORE, Milano, 2011.
- [12] Opuscolo Vanoncini Spa, *Abitiamo in classe A*, Settembre 2011.
- [13] Imperadori Marco (a cura di), *Risparmio energetico e forma architettonica*, Politecnico di Milano, supporto scientifico Polo Regionale di Lecco, 2009.
- [14] Imperadori Marco, Senatore Alfonso, *Schematic design*, Il Sole 24 ORE, Milano, 2004.
- [15] Steven V. Szokolay, *Introduzione alla progettazione sostenibile*, Hoepli Editore, Milano 2010, pp. 117-171.
- [16] Claudi de Saint Mihiel Alessandro, *Superfici mutevoli. Tecnologie innovative per involucri trasparenti*, CLEAN Editore, Giugno 2007.
- [17] Manuale Zintek, *Sviluppo in architettura. Manuale per la progettazione e l'esecuzione di coperture e rivestimenti in zintek*, Edizione 2008.

Riviste

- [] *Costruire a secco*, Arketipo, n.14, Giugno 2007
- [] *Nuovi involucri*, Arketipo, n.21, Marzo 2008
- [] *Sostenibilità costruita*, Arketipo, supplemento n.2, 2008
- [] *Edifici ed energia*, Arketipo, n.33, Maggio 2009
- [] *Coperture*, Arketipo, n.38, Novembre 2009
- [] *Lighting design*, Arketipo, supplemento n.4, 2009

Siti internet

- [1] Comune di Presezzo, *tavole del Piano di Governo del Territorio*, in <http://www.presezzo.gov.it>.
- [2] Comune di Bergamo, *Cartografia*, in <http://www.comune.bergamo.it>.
- [3] <http://regione.lombardia.it>.
- [4] Battaglione Logistico Fante Moioli, in <http://www.facebook.com>.
- [5] *Cortile, o corte*, in <http://www.arturbain.fr>
- [6] *La corte lombarda*, in http://it.wikipedia.org/wiki/Corte_lombarda.
- [7] *La tradizione dei mercati rionali*, in <http://www.statigeneralicommercio.it>.
- [8] <http://www.eataly.it>.
- [9] <http://arch.hku.hk/teaching/cases/herne/herne.html>.
- [10] <http://www.akademie-mont-cenis.de/EN/index.html>.
- [11] <http://www.mataderomadrid.org>.
- [12] <http://www.domusweb.it/it/notizie/2012/07/13/mvrdv-call-center-teletech.html>.
- [13] *Ponte San Pietro*, in <http://www.daedaluslab.it>.
- [14] *Il parco della fornace di Madone*, in <http://www.vivimadone.it/speciale-fornace>.
- [15] *Oltre la facciata. HPL per esterni*, in <http://www.inpek.it>.
- [16] *Sistema Aquapanel Outdoor*, in <http://aquapanel.knauf.it>.
- [17] *Coperture. Tipologia di posa, finiture naturali, certificazioni*, in <http://www.rheinzink.it>.
- [18] *Makrolon UV. Lastra compatta di policarbonato*, in <http://www.bayersheeteurope.com>.
- [19] <http://www.okalux.de>.
- [20] *Okawood, vetrocamera con griglia in legno*, in <http://varsystem.it>.

- [21] *Tunnel solare Velux*, in <http://www.velux.it/privati/prodotti/tunnelsolare>.
- [22] <http://lucenergia.velux.it>.
- [23] *COR - TEN*, in <http://www.siderservizi.com/corten.htm>.
- [24] *L'aria umida e l'uso del diagramma psicrometrico*, in <http://www.edilportale.com>.
- [25] *Manuale tecnico pannelli radianti*, in <http://www.nestsystems.it/ita/prodotti>.
- [26] *I carichi termici estivi*, in <http://www.edilportale.com/climatizzazione/pdf>.
- [27] *Pompa di calore Aqua Magis*, in <http://www.gsicontrol.it>.
- [28] Carletti Cristina, *Benessere visivo e illuminotecnico*, in <http://web.taed.unifi.it>.
- [29] <http://www.architetturaecosostenibile.it>.
- [30] *Membrane e scocche per l'architettura diffusa. L'etfe*, in <http://www.architetturatessile.polimi.it>.
- [31] <http://www.cened.it>.

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 : Estratto tavola previsioni di piano.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 : Fotografie del fronte e dall'alto.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3 : Fotografie del fronte e dall'alto.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4 : Estratto del lotto dal bando di concorso.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 : Il comune di Presezzo e i paesi confinanti.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6 : Estratto mappa PTCP, suolo e acque.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7 : Estratto mappa PTCP, paesaggio e ambiente.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 8 : Estratto mappa PTCP, paesaggio e ambiente.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9 : Estratto mappa PTCP, infrastrutture per la mobilità.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 10 : Rete delle piste ciclabili sovracomunale.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 11 : Estratto mappa PTCP, organizzazione del territorio e sistemi insediativi... 17</i>	<i>17</i>
<i>Figura 12 : Estratto mappa PTCP, ambiti di rilevanza paesistica.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 13 : Estratto mappa PTCP, centri e nuclei storici.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 14 : Soglie urbanizzative dal 1885 al 1994, fonte Provincia di Bergamo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15 : Ripartizione dell'uso del suolo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16 : Vecchi edifici rurali nell'antico nucleo di Capersego.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 17 : Ex Parrocchiale dei SS. Fermo e Rustico.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 18 : Palazzo Furietti Carrara.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 19 : Ex caserma Moioli.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 20 : Estratto mappa Google Earth, lotto di progetto.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 21 : Estratto mappa Google Earth, area comunale e area privata.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 22 : Immagine storica della filanda Morali - Steiner.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 23 : Zona di deposito.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 24 : Zona di deposito.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 25 : Limitazione territoriale dell'area di studio.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 26 : Inquadramento ravvicinato del lotto.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 27 : Esempio di rilievo fotografico su un edificio.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 28 : Tabella descrittiva di alterazione e degrado.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 29 : Tabella descrittiva di alterazione e degrado.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 30 : Tipologie architettoniche a corte.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 31 : Tipologie architettoniche a corte.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 32 : Tipologie architettoniche a corte.....</i>	<i>62</i>

<i>Figura 33 : Mercati nell'antichità.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 34 : Mercati attuali</i>	<i>64</i>
<i>Figura 35 : Mercato Orientale, Genova.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 36 : Mercato di Porta Palazzo, Torino</i>	<i>69</i>
<i>Figura 37 : Mercato coperto, Perugia.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 38 : Progetto mercato coperto, Ravenna.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 39 : "Eataly", Torino</i>	<i>72</i>
<i>Figura 1 : Interno "Eataly", Torino</i>	<i>72</i>
<i>Figura 41 : Mercato coperto S. Caterina, Barcellona.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 42 : Interno mercato coperto S. Caterina, Barcellona.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 43 : Progetto New Market Hall, Rotterdam.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 44 : Interno New Market Hall, Rotterdam</i>	<i>75</i>
<i>Figura 45 : Guggenheim Museum of New York.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 46 : Ingresso e edificio principale a corte</i>	<i>77</i>
<i>Figura 47 : Schema di distribuzione dei servizi del paese</i>	<i>81</i>
<i>Figura 48 : Percorso ciclopedonale esistente, via Montessori.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 49 : Percorso ciclopedonale esistente, via Olimpia</i>	<i>82</i>
<i>Figura 50 : Sezione "tipo" di strada con percorso ciclopedonale</i>	<i>83</i>
<i>Figura 51 : Distribuzione funzionale del lotto.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 52 : Distribuzione delle aree verdi nel lotto.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 53 : Accessi e circolazione pedonale nel lotto.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 54 : Vista dall'alto dell'edificio a corte esistente.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 55 : Scuola media, attuale sede della biblioteca.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 56 : Università di scienze applicate, Wiesbaden, Germania.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 57 : Università di scienze applicate, Wiesbaden, Germania.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 58 : Stadio di Danzica, Polonia</i>	<i>95</i>
<i>Figure 59 : Pannelli di Rheinzink.....</i>	<i>96</i>
<i>Figure 60 : Esempio applicativo Rheinzink.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 61 : Casa residenziale rivestita in Aquapanel.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 62 : Scuola elementare a Quinto Vicentino</i>	<i>97</i>
<i>Figura 63 : Accademia di Mont Cenis, Herne, Germania</i>	<i>100</i>
<i>Figura 64 : Distribuzione funzionale all'interno della struttura.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 65 : Scorcio interno dell'accademia.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 66 : Serramenti apribili del rivestimento esterno.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 67 : Strategie energetiche.....</i>	<i>103</i>

<i>Figura 68 : Centro socioculturale El Matadero, Madrid, Spagna</i>	<i>103</i>
<i>Figura 69 : Interno del centro socioculturale</i>	<i>104</i>
<i>Figura 70 : Vista notturna dell'esterno della struttura</i>	<i>105</i>
<i>Figura 71 : Interno del centro socioculturale</i>	<i>105</i>
<i>Figura 72 : Ciminiera della vecchia filanda Morali - Steiner</i>	<i>106</i>
<i>Figura 73 : Ciminiera dell'ex fornace di Madone</i>	<i>107</i>
<i>Figura 74 : Progetto nell'area dell'ex fornace di Madone.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 75 : Progetto nell'area dell'ex fornace di Madone.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 76 : Call center Teletech, Digione, Francia</i>	<i>109</i>
<i>Figura 77 : Call center Teletech, Digione, Francia</i>	<i>109</i>
<i>Figura 78 : Esterno del call center Teletech.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 79 : Spazio di incontro all'interno del call center.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 80 : Ambiente di condivisione all'interno del call center.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 81 : Caratteristiche del Cor-Ten.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 82 : Forze agenti sul travetto.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 83 : Sezione di arcareccio.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 84 : Sistema di aggancio dei montanti</i>	<i>125</i>
<i>Figura 85 : Sistema di aggancio dei controventi.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 86 : Direzioni delle forze agenti sulla struttura.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 87 : Schema statico controvento.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 88 : Diagramma taglio controvento</i>	<i>132</i>
<i>Figura 89 : Schema statico montante.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 90 : Diagramma azione assiale montante</i>	<i>135</i>
<i>Figura 91 : Trave reticolare.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 92 : Schema statico trave reticolare</i>	<i>140</i>
<i>Figura 93 : Diagramma azione assiale trave reticolare.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 94 : Sollecitazione delle aste.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 95 : Capriata reticolare di copertura.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 96 : Diagramma del taglio sull'arcareccio fittizio.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 97 : Schema statico capriata centrale</i>	<i>145</i>
<i>Figura 98 : Diagramma azione assiale capriata centrale.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 99 : Sollecitazioni capriata centrale.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 100 : Sollecitazioni capriata centrale.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 101 : Valori di calcolo secondo il tipo di profilo scelto.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 102 : Schema statico capriata laterale</i>	<i>151</i>

<i>Figura 103 : Diagramma azione assiale capriata laterale.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 104 : Sollecitazioni capriata laterale.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 2 : Sollecitazioni capriata laterale.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 106 : Strutture reticolari in acciaio.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 3 : Schema statico pilastro reticolare centrale.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 4 : Diagramma azione assiale pilastro reticolare centrale</i>	<i>155</i>
<i>Figura 5 : Sollecitazioni pilastro reticolare centrale</i>	<i>156</i>
<i>Figura 6 : Sollecitazioni pilastro reticolare centrale</i>	<i>157</i>
<i>Figura 111 : Valori di calcolo secondo il tipo di profilo scelto.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 72 : Schema statico pilastro reticolare di bordo.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 113 : Diagramma azione assiale pilastro reticolare di bordo</i>	<i>159</i>
<i>Figura 114 : Sollecitazioni pilastro reticolare di bordo</i>	<i>160</i>
<i>Figura 115 : Elemento reticolare in acciaio</i>	<i>162</i>
<i>Figura 116 : Schema statico trave semi-calastrellata.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 117 : Diagramma azione assiale trave semi-calastrellata.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 118 : Sollecitazioni trave semi-calastrellata.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 119 : Sollecitazioni trave semi-calastrellata.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 120 : Schema statico pilastro circolare.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 121 : Schema statico pilastro circolare.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 122 : Unione bullonata tra pilastro e capriata</i>	<i>171</i>
<i>Figura 123 : Dimensioni per il calcolo delle unioni bullonate</i>	<i>173</i>
<i>Figura 124 : Unione bullonata tra pilastro e piastra di fondazione</i>	<i>174</i>
<i>Figura 125 : Schema statico traverso.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 126 : Diagramma taglio traverso.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 127 : Le classi energetiche</i>	<i>203</i>
<i>Figura 128 : Classificazione energetica in termini di Energia Termica</i>	<i>206</i>
<i>Figura 129 : Indicatori di prestazione energetica in termini di Energia Termica.....</i>	<i>206</i>
<i>Figura 130 : Classificazione e Indicatori in termini di Energia Primaria</i>	<i>206</i>
<i>Figura 131 : Rappresentazione grafica delle componenti del fattore solare</i>	<i>208</i>
<i>Figura 132 : Tipologie di flussi di luce</i>	<i>209</i>
<i>Figura 133 : Parametri di riferimento del fattore di luce diurna</i>	<i>210</i>
<i>Figura 134 : Schematizzazione dei carichi termici per un edificio generico</i>	<i>218</i>
<i>Figura 135 : Schematizzazione flusso aria.....</i>	<i>237</i>
<i>Figura 136 : Schema di funzionamento della pompa di calore</i>	<i>239</i>
<i>Figura 137 : Tipologie pompe di calore.....</i>	<i>240</i>

<i>Figura 137 : Tipologie pompe di calore</i>	240
<i>Figura 138 : Funzionamento invernale della pompa</i>	241
<i>Figura 139 : Funzionamento estivo della pompa</i>	241
<i>Figura 140 : Pompa di calore GSI AQUA</i>	241
<i>Figura 141 : Schema “tipo” di produzione di ACS</i>	242
<i>Figura 142 : Recuperatore di calore</i>	243
<i>Figura 143 : Percorso del flusso d'aria attraverso il pacco di scambio</i>	244
<i>Figura 144 : Funzionamento invernale del recuperatore</i>	244
<i>Figura 8 : Funzionamento estivo del recuperatore</i>	245
<i>Figura 146 : Funzionamento dell'impianto fotovoltaico</i>	253
<i>Figura 147 : Distribuzione dei pannelli fotovoltaici sulla copertura</i>	254
<i>Figura 148 : Pannelli fotovoltaici Rheinzink</i>	255
<i>Figura 149 : Applicazione dei pannelli fotovoltaici</i>	255
<i>Figura 150 : Risultati relativi alla potenza dell'impianto</i>	255
<i>Figura 151 : Schema “tipo” di raccolta dell'acqua</i>	257
<i>Figura 152 : Definizione radiazione solare</i>	259
<i>Figura 153 : Esempi di pannelli vetrati composti con TIM</i>	262
<i>Figura 154 : Serramento con schermatura interna OKALUX</i>	265
<i>Figure 155 : Struttura dell'ETFE</i>	266
<i>Figure 156 : Struttura dell'ETFE</i>	266
<i>Figura 157 : Water Cube, Centro acquatico di Pechino</i>	267
<i>Figura 158 : Padiglione italiano EXPO Shangai</i>	268
<i>Figura 159 : Lastra in LUCEM</i>	268
<i>Figura 160 : Normativa di riferimento per ambienti termici moderati</i>	274
<i>Figura 161 : Indice di gradimento di un ambiente</i>	273
<i>Figura 162 : Grado di insoddisfazione in un ambiente</i>	273
<i>Figura 163 : Caratteristiche geometriche dell'edificio</i>	274
<i>Figura 164 : Componenti costruttive dell'edificio</i>	277
<i>Figura 165 : Caratteristiche porte e finestre dell'edificio</i>	278
<i>Figura 166 : Affluenza, temperature interne e schermature</i>	278
<i>Figura 167 : Caratteristiche relative alla ventilazione</i>	279
<i>Figura 168 : Simulazione modello edificio in vetro</i>	280
<i>Figura 169 : Simulazione modello edificio in policarbonato</i>	281
<i>Figura 9 : Simulazione modello edificio in etfe</i>	282
<i>Figura 171 : Illuminamento dell' involucro in vetro</i>	284

<i>Figura 172 : FLD dell'involucro in vetro.....</i>	<i>284</i>
<i>Figura 173 : Illuminamento dell'involucro in policarbonato</i>	<i>285</i>
<i>Figura 174 : FLD dell'involucro in policarbonato.....</i>	<i>285</i>
<i>Figura 175 : Illuminamento dell'involucro in etfe.....</i>	<i>286</i>
<i>Figura 176 : FLD dell'involucro in etfe.....</i>	<i>286</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 : Popolazione residente al 31.12, fonte ISTAT.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 2 : Indice di vecchiaia</i>	<i>24</i>
<i>Tabella 3 : Percentuale di popolazione oltre i 65 anni</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 4 : Occupati, addetti e residenti</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 5 : Percentuale delle abitazioni in edifici ad uso abitativo per epoca di Costruzione.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 6 : Superficie territoriale e superficie agraria</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 7 : Ripartizione della superficie agricola</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 8 : Caratteristiche meccaniche del Cor-Ten.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabella 9 : Categoria di esposizione del sito</i>	<i>119</i>
<i>Tabella 10 : Caratteristiche dimensionali dei vari elementi.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabella 11 : Caratteristiche dimensionali dei pannelli.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabella 12 : Forze agenti sulla falda</i>	<i>123</i>
<i>Tabella 13 : Valori fissati da normativa</i>	<i>124</i>
<i>Tabella 14 : Caratteristiche dimensionali di copertura.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabella 15 : Caratteristiche dei pannelli di vetro.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabella 16 : Forze agenti sulla falda</i>	<i>127</i>
<i>Tabella 17 : Valori fissati da normativa</i>	<i>128</i>
<i>Tabella 18 : Valori dei carichi permanenti</i>	<i>133</i>
<i>Tabella 19 : Caratteristiche tecniche degli elementi</i>	<i>134</i>
<i>Tabella 20 : Riassunto dei carichi agenti.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabella 21 : Valori di calcolo</i>	<i>136</i>
<i>Tabella 22 : Caratteristiche tecniche degli elementi</i>	<i>139</i>
<i>Tabella 23 : Caratteristiche tecniche della trave reticolare</i>	<i>139</i>
<i>Tabella 24 : Caratteristiche tecniche delle aste della trave reticolare</i>	<i>141</i>
<i>Tabella 25 : Valori di carico sulla capriata centrale</i>	<i>144</i>
<i>Tabella 26 : Azioni puntuali agenti sulla capriata.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabella 27 : Valori di carico sulle aste della capriata.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabella 28 : Valori di carico sui montanti della capriata.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabella 29 : Valori di calcolo</i>	<i>148</i>
<i>Tabella 30 : Valori di carico agenti sulla capriata laterale.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabella 31 : Azioni agenti sulla capriata laterale</i>	<i>150</i>

<i>Tabella 32 : Valori di carico agenti sulla capriata laterale.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabella 33 : Valori di carico agenti sulla capriata laterale.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabella 34 : Valori di calcolo</i>	<i>153</i>
<i>Tabella 35 : Azioni agenti sul pilastro reticolare</i>	<i>156</i>
<i>Tabella 36 : Azioni agenti sul pilastro reticolare</i>	<i>156</i>
<i>Tabella 37 : Valori di calcolo</i>	<i>157</i>
<i>Tabella 38 : Azioni agenti sul pilastro reticolare</i>	<i>159</i>
<i>Tabella 39 : Azioni agenti sul pilastro reticolare</i>	<i>160</i>
<i>Tabella 40 : Valori di calcolo</i>	<i>160</i>
<i>Tabella 41 : Carichi agenti sulla trave sagomata.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabella 42 : Azioni puntuali sulla trave.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabella 43 : Azioni agenti sulla trave.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabella 44 : Azioni agenti sulla capriata.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabella 45 : Valori di calcolo</i>	<i>166</i>
<i>Tabella 46 : Valori di calcolo</i>	<i>168</i>
<i>Tabella 47 : Caratteristiche meccaniche dei bulloni</i>	<i>173</i>
<i>Tabella 48 : Caratteristiche meccaniche dei bulloni</i>	<i>175</i>
<i>Tabella 49 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>179</i>
<i>Tabella 50 : Proprietà della struttura</i>	<i>179</i>
<i>Tabella 51 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>180</i>
<i>Tabella 52 : Proprietà della struttura</i>	<i>180</i>
<i>Tabella 53 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>181</i>
<i>Tabella 54 : Proprietà della struttura</i>	<i>181</i>
<i>Tabella 55 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>182</i>
<i>Tabella 56 : Proprietà della struttura</i>	<i>182</i>
<i>Tabella 57 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>183</i>
<i>Tabella 58 : Proprietà della struttura</i>	<i>183</i>
<i>Tabella 59 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>184</i>
<i>Tabella 60 : Proprietà della struttura</i>	<i>184</i>
<i>Tabella 61 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>185</i>
<i>Tabella 62 : Proprietà della struttura</i>	<i>186</i>
<i>Tabella 63 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>187</i>
<i>Tabella 64 : Proprietà della struttura</i>	<i>187</i>
<i>Tabella 65 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>188</i>
<i>Tabella 66 : Proprietà della struttura</i>	<i>188</i>

<i>Tabella 67 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>192</i>
<i>Tabella 68 : Proprietà della struttura</i>	<i>192</i>
<i>Tabella 69 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>193</i>
<i>Tabella 70 : Proprietà della struttura</i>	<i>193</i>
<i>Tabella 71 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>194</i>
<i>Tabella 72 : Proprietà della struttura</i>	<i>194</i>
<i>Tabella 73 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>195</i>
<i>Tabella 74 : Proprietà della struttura</i>	<i>195</i>
<i>Tabella 75 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>196</i>
<i>Tabella 76 : Proprietà della struttura</i>	<i>196</i>
<i>Tabella 77 : Composizione degli strati della struttura</i>	<i>197</i>
<i>Tabella 78 : Proprietà della struttura</i>	<i>197</i>
<i>Tabella 79 : Classificazione edifici classe E1 – Lombardia</i>	<i>204</i>
<i>Tabella 80 : Classificazione edifici classe non E1 – Lombardia.....</i>	<i>204</i>
<i>Tabella 81 : Valori di carico termico per dispersione</i>	<i>223</i>
<i>Tabella 82 : Valori di portata d'aria per i diversi blocchi.....</i>	<i>225</i>
<i>Tabella 83 : Valori dei fattori correttivi.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabella 84 : Fattori correttivi secondo tipo di vetro e oscuramento.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabella 85 : Fattori di accumulo per vetro con schermo esterno</i>	<i>228</i>
<i>Tabella 86 : Valori di carico termico per irraggiamento.....</i>	<i>229</i>
<i>Tabella 87 : Valori di DT equivalente</i>	<i>230</i>
<i>Tabella 88 : Valori di carico termico per trasmissione</i>	<i>232</i>
<i>Tabella 89 : Carico termico per ventilazione</i>	<i>233</i>
<i>Tabella 90 : Valori di calore emesso dalle persone</i>	<i>233</i>
<i>Tabella 91 : Valori di carico per affollamento</i>	<i>234</i>
<i>Tabella 92 : Valori di carico per illuminazione</i>	<i>235</i>
<i>Tabella 93 : Valori di carico termico dato dalle apparecchiature.....</i>	<i>236</i>
<i>Tabella 94 : Valori di potenzialità termica della pompa di calore</i>	<i>241</i>
<i>Tabella 95 : Condizioni ambientali in regime invernale.....</i>	<i>246</i>
<i>Tabella 96 : Condizioni ambientali in regime invernale.....</i>	<i>247</i>
<i>Tabella 97 : Condizioni ambientali in regime estivo.....</i>	<i>248</i>
<i>Tabella 98 : Resa termica</i>	<i>251</i>
<i>Tabella 99 : Valori di temperatura per la resa termica</i>	<i>251</i>
<i>Tabella 100 : Potenza dei pavimenti radianti.....</i>	<i>252</i>
<i>Tabella 101 : Potenza raddoppiata dei pavimenti radianti</i>	<i>252</i>

Tabella 102 : Valori di carico termico totali..... 256
Tabella 103 : Caratteristiche dei tre materiali..... 271
Tabella 104 : Variabili che influenzano il benessere termico 273

INDICE DEI GRAFICI

<i>Grafico 1 : Movimenti anagrafici della popolazione residente.....</i>	<i>21</i>
<i>Grafico 2 : Tassi demografici, fonte ISTAT.....</i>	<i>22</i>
<i>Grafico 3 : Tassi migratori, fonte ISTAT.....</i>	<i>23</i>
<i>Grafico 4 : Percentuale popolazione straniera residente.....</i>	<i>24</i>
<i>Grafico 5 : Grado di istruzione.....</i>	<i>25</i>
<i>Grafico 6 : Occupati e addetti.....</i>	<i>26</i>
<i>Grafico 7 : Composizione media per famiglia.....</i>	<i>27</i>
<i>Grafico 8 : Abitazioni occupate da persone residenti; superficie media.....</i>	<i>29</i>
<i>Grafico 9 : Imprese attive presenti nel registro delle Imprese.....</i>	<i>29</i>
<i>Grafico 10 : Classe di rugosità del terreno.....</i>	<i>119</i>
<i>Grafico 11 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>180</i>
<i>Grafico 12 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>181</i>
<i>Grafico 13 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>182</i>
<i>Grafico 14 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>183</i>
<i>Grafico 15 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>184</i>
<i>Grafico 16 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>185</i>
<i>Grafico 17 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>186</i>
<i>Grafico 18 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>187</i>
<i>Grafico 19 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>188</i>
<i>Grafico 20 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>193</i>
<i>Grafico 21 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>194</i>
<i>Grafico 22 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>195</i>
<i>Grafico 23 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>196</i>
<i>Grafico 24 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>197</i>
<i>Grafico 25 : Andamento giornaliero della temperatura.....</i>	<i>198</i>
<i>Grafico 26 : Diagramma psicrometrico.....</i>	<i>250</i>
<i>Grafico 27 : Valori di resa termica dei pannelli radianti.....</i>	<i>251</i>
<i>Grafico 28 : Grafici relativi all'impianto fotovoltaico.....</i>	<i>256</i>
<i>Grafico 29 : Temperature a bulbo secco e umido.....</i>	<i>273</i>
<i>Grafico 30 : Andamento della temperatura per il vetro.....</i>	<i>280</i>
<i>Grafico 31 : Andamento delle temperature per i tre materiali.....</i>	<i>281</i>

INDICE DELLE TAVOLE

- Tavola 01 : L'ex caserma fante Moioli
- Tavola 02 : Inquadramento territoriale
- Tavola 03 : Inquadramento ravvicinato
- Tavola 04 : Viabilità
- Tavola 05 : Uso del suolo
- Tavola 06 : Vincoli
- Tavola 07 : Ambiti di trasformazione
- Tavola 08 : Evoluzione storica 1
- Tavola 09 : Evoluzione storica 2
- Tavola 10 : Opportunità
- Tavola 11 : Criticità
- Tavola 12 : Rilievo fotografico : fronte sud - est
- Tavola 13 : Rilievo fotografico : fronte sud - ovest
- Tavola 14 : Rilievo fotografico : capannone
- Tavola 15 : Rilievo fotografico : fronte nord - est
- Tavola 16 : Rilievo fotografico : corte
- Tavola 17 : Rilievo fotografico : shed
- Tavola 18 : Rilievo fotografico : locali interni
- Tavola 19 : Rilievo metrico : pianta piano terra
- Tavola 20 : Rilievo metrico : pianta piano primo
- Tavola 21 : Rilievo metrico : pianta piano secondo
- Tavola 22 : Rilievo metrico - materico : ingresso 1
- Tavola 23 : Rilievo metrico - materico : ingresso 2
- Tavola 24 : Rilievo metrico - materico : corte
- Tavola 25 : Rilievo metrico - materico : fronte sud - ovest
- Tavola 26 : Rilievo metrico - materico : fronte nord - est
- Tavola 27 : Rilievo metrico - materico : capannone
- Tavola 28 : Rilievo del degrado : ingresso 1
- Tavola 29 : Rilievo del degrado : ingresso 2
- Tavola 30 : Rilievo del degrado : fronte nord - est
- Tavola 31 : Le corti e le piazze a Presezzo
- Tavola 32 : Demolizioni - conservazioni

Tavola 33 : Evoluzione del lotto 1
Tavola 34 : Evoluzione del lotto 2
Tavola 35 : Concept modulo C
Tavola 36 : Collegamenti con l'intorno
Tavola 37 : Masterplan
Tavola 38 : Distribuzione spaziale Modulo A
Tavola 39 : Pianta interrato
Tavola 40 : Pianta piano terra
Tavola 41 : Pianta piano primo
Tavola 42 : Pianta copertura
Tavola 43 : Prospetti nord e sud
Tavola 44 : Riferimenti architettonici
Tavola 45 : Prospetti strutturali
Tavola 46 : Copertura strutturale
Tavola 47 : Abaco 1 : edificio esistente
Tavola 48 : Abaco 2 : edificio esistente
Tavola 49 : Abaco 3 : edificio esistente
Tavola 50 : Abaco 4 : edificio nuovo (teca)
Tavola 51 : Abaco 5 : edificio nuovo (teca)
Tavola 52 : Abaco 6 : edificio nuovo (interno)
Tavola 53 : Abaco 7 : edificio nuovo (interno)
Tavola 54 : Sezione verticale 1
Tavola 55 : Sezione verticale 2
Tavola 56 : Spaccati assonometrici
Tavola 57 : Scheme design teca vetrata
Tavola 58 : Scheme design edifici interni
Tavola 59 : Studio illuminotecnico (teca)
Tavola 60 : Studio illuminotecnico (edifici)
Tavola 61 : Sezione impiantistica
Tavola 62 : Confronto involucro : il vetro
Tavola 63 : Confronto involucro : il polycarbonato
Tavola 64 : Confronto involucro : l'ETFE
Tavola 65 : Layout di cantiere
Tavola 66 : Render esterni 1 Tavola 67 : Render esterni 2
Tavola 68 : Render interni

RINGRAZIAMENTI

La realizzazione del progetto di tesi ha comportato un lavoro molto impegnativo, abbiamo intrapreso un percorso intenso e faticoso, durato molti mesi, che ci ha regalato sia momenti di grande soddisfazione, che qualche situazione di sconforto. Abbiamo avuto il piacere di condividere queste emozioni con alcune persone che desideriamo ringraziare.

Prima di tutto vogliamo citare il nostro relatore, il Professor Marco Imperadori, che ha accettato di seguirci e di appoggiare il nostro progetto; i suoi preziosi consigli si sono rivelati indispensabili per superare momenti di incertezza e difficoltà; lo ringraziamo per aver messo a disposizione le sue conoscenze, stimolandoci continuamente a cercare informazioni sui contenuti che abbiamo affrontato, senza fermarci mai alle prime impressioni; lo ringraziamo per averci spronato a fare sempre meglio, e ad affrontare le difficoltà.

Ringraziamo il Professor Matteo Colombo, che ci ha supportato per la parte strutturale, dimostrandosi sempre molto disponibile, e offrendoci consigli utili e soprattutto pratici che ci hanno permesso di risolvere tutte le nostre perplessità.

Ringraziamo il Professor Ferruccio Galmozzi, per averci dato un valido aiuto nell'affrontare la parte impiantistica.

Ricordiamo infine anche il Professor Danilo Palazzo che, nonostante ci abbia seguito per poco tempo durante la fase iniziale, ci ha dato degli spunti e dei suggerimenti per le prime fasi di analisi.