



POLITECNICO

MILANO 1863

POLO TERRITORIALE DI
LECCO

Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni

Corso di studio: Ingegneria Edile - Architettura



**Riqualificazione energetica e architettonica di un edificio residenziale
pubblico attraverso l'uso di pannelli prefabbricati**

Progetto Europeo EASEE

Relatore:

Prof. Marco di Prisco

Correlatore:

Prof. Graziano Salvalai

A cura di:

Antonino Abate 706656

Andrea Bianchi 718555

Indice

Abstract (Italiano)	pag. 1
Abstract (English Version)	pag. 2
0 – Introduzione	pag. 4
0.1 – Il problema energetico in Europa e in Italia	pag. 5
0.2 – Retrofit energetico degli edifici residenziali	pag. 10
1 – Edilizia Residenziale Pubblica in Italia	pag. 13
1.1 – Evoluzione storica della normativa sulle residenza.....	pag. 14
1.1.1 Piano INA – casa	pag. 15
1.1.2 - Piano GesCal	pag. 16
1.1.3 - Gli anni Settanta	pag. 16
1.1.4 - Quadro normativo in Lombardia	pag. 17
1.1.5 - Eliminazione delle barriere architettoniche	pag. 18
1.1.6 - Dalla progettazione dell'alloggio allo spazio urbano	pag. 19
1.1.7 - Regolamenti e delibere a livello regionale e comunale	pag. 20
1.2 - Housing e Sostenibilità	pag. 21
1.3 - Lo spazio dell'abitare	pag. 21
1.3.1 - "Attività materiali" e "spazi buffer"	pag. 22
1.4 - Flessibilità degli alloggi	pag. 24
1.5 - Il quadro delle esigenze	pag. 27
1.6 - Tipologie di edilizie residenziali	pag. 31
1.7 - Un ulteriore approfondimento... ..	pag. 33
2 – Il progetto EASEE	pag. 37
2.1 - La prefabbricazione di elementi in calcestruzzo	pag. 34
2.2 - L'iniziativa europea.....	pag. 40
2.3 - Il Pannello EASEE	pag. 45
2.3.1 - I componenti	pag. 45
2.3.2 - Sistema di supporto per il fissaggio	pag. 46
2.3.3 - Sistema di ancoraggio	pag. 47

2.4 - Prova a flessione della trave sandwich	pag. 50
2.4.1 - Descrizione dei provini e procedura di prova	pag. 50
2.4.2 - Geometria dei provini e apparato di prova	pag. 51
2.4.3 - Risultati sperimentali	pag. 52
2.4.4 - Modellazione numerica	pag. 53
2.4.5 - Conclusioni	pag. 54
2.5 - Fabbricazione del Pannello EASEE	pag. 55
2.6 - Installazione dei Pannelli EASEE	pag. 57
3 – Analisi del territorio	pag. 60
3.1 - Analisi Storico Ambientale	pag. 61
3.1.1 - Calolziocorte, Comune e Territorio	pag. 61
3.1.2 - Città lineare e frammentata	pag. 61
3.1.3 - La città della Montagna: Il Resegone	pag. 64
3.1.4 - La città della valle: Valle San Martino	pag. 65
3.1.5 - La città del verde: Parco Adda Nord	pag. 66
3.1.6 - La città artistica: Santa Maria del Lavello	pag. 67
3.1.7 - La città delle tradizioni: Il Castello di Rossino	pag. 68
3.2 - Analisi PGT	pag. 69
3.2.1 - Analisi Tessuto Urbano	pag. 70
3.2.2 - Area di progetto	pag. 73
3.2.3 - Analisi del Verde	pag. 74
3.2.4 - Analisi sulla Viabilità	pag. 77
3.2.5 - Vincoli amministrativi e fasce di rispetto	pag. 79
3.3 - Analisi FDOM	pag. 80
3.3.1 - Forze e Debolezze	pag. 80
3.3.2 - Opportunità e Minacce	pag. 82
3.4 - Concept Plan	pag. 83
3.5 - Buone Pratiche	pag. 86
4 - L' edificio Aler oggi	pag. 93
4.1 - Introduzione	pag. 94
4.2 - Analisi Planivolumetrico	pag. 95

4.3 - La distribuzione planimetrica	pag. 96
4.4 - I Prospetti	pag. 97
4.5 - Unità abitative	pag. 98
4.5.1 - Unità abitativa tipo 1	pag. 98
4.5.2 - Unità abitativa tipo 2	pag. 99
4.6 - Materiali	pag. 100
4.7 - Analisi del Degrado	pag. 101
4.7.1 - Stato del degrado	pag. 101
4.7.2 - Anomalie da degrado antropico	pag. 102
4.8 - Il sistema tecnologico	pag. 103
4.8.1 - Unità Tecnologie	pag. 104
5 - L' intervento urbanistico e il progetto architettonico	pag. 110
5.1 - Il progetto urbano	pag. 111
5.1.1 - Recupero del verde	pag. 111
5.1.2 - Identificazione funzionale	pag. 112
5.1.3 - I Percorsi	pag. 113
5.2 - Il progetto architettonico	pag. 115
5.2.1 - Masterplan	pag. 116
5.3 - Planimetria	pag. 118
5.3.1 - Le unità abitative	pag. 120
5.3.2 - Un confronto tra stato di fatto e stato di progetto	pag. 127
5.4 - I prospetti	pag. 128
5.4.1 - Prospetto sud	pag. 129
5.4.2 - Prospetto Nord	pag. 131
5.4.3 - Prospetto est e ovest	pag. 133
5.5 - L'ottimizzazione modulare del pannello	pag. 134
5.6 - I materiali	pag. 138
5.7 - Fotoinserimento	pag. 139
6 - Il progetto tecnologico	pag. 142
6.1 - Involucro e prestazioni energetiche	pag. 143
6.2 - Chiusure Verticali	pag. 144

6.2.1 - Chiusura verticale con aggiunta del pannello EASEE	pag. 144
6.2.2 - Chiusura verticale fronte Sud	pag. 145
6.2.3 - Chiusura verticale Nuova Edificazione	pag. 146
6.2.4 - Altre chiusure verticali	pag. 147
6.3 - Chiusure Orizzontali	pag. 148
6.3.1 - Chiusure orizzontali Nuova Costruzione	pag. 148
6.3.2 - Altre chiusure orizzontali	pag. 149
6.4 - Partizioni Verticali	pag. 150
6.5 - Partizioni Orizzontali	pag. 151
6.6 - L'importanza dell'involucro edilizio	pag. 152
6.6.1 - "Prima e Dopo"	pag. 152
6.6.2 - Strategie passive	pag. 156
6.6.3 - Strategie attive impiantistiche	pag. 157
6.6.4 - Integrazione impiantistica	pag. 158
6.7 - Classificazione Energetica	pag. 161
7- Il progetto strutturale	pag. 163
7.1 - Evoluzione normativa italiana	pag. 164
7.2 - Metodo di calcolo	pag. 167
7.3 - Progetto simulato	pag. 170
7.3.1 - Caratteristiche materiali	pag. 170
7.3.2 - Metodo di progettazione	pag. 170
7.3.3 - Caratteristiche dell' edificio	pag. 172
7.3.4 - Organismo strutturale	pag. 172
7.3.5 - Scelta del metodo di calcolo	pag. 173
7.3.6 - Analisi dei carichi	pag. 173
7.3.7 - Dimensionamento armatura pilastro	pag. 175
7.3.8 - Dimensionamento trave	pag. 175
7.3.9 - Dimensionamento del controvento	pag. 182
7.4 - Verifica nuovi carichi	pag. 190
7.4.1 - Definizione nuovi carichi	pag. 190
7.4.2 - Carichi accidentali	pag. 197
7.4.3 - Verifica Pilastro centrato	pag. 209

7.4.4 - Verifica Trave	pag. 218
7.4.5 - Verifica nucleo di controvento	pag. 227
Appendice	pag. 251
Bibliografia	pag. 258

Abstract (versione Italiana)

Il problema energetico a scala mondiale, legato al tema di efficienza energetica degli edifici esistenti, è un argomento che suscita grande interesse e viene trattato con particolare attenzione.

Il progetto di tesi presentato, consiste nel retrofit energetico di un edificio residenziale pubblico di proprietà dell'Aler, cooperativa sensibile alle tematiche sugli alloggi sociali convenzionati operante nel territorio Lombardo, edificato nel 1972, sito in via Padri Serviti 22 a Calolziocorte, in provincia di Lecco.

Le Social Housing moderne, sono rivolte ad una società in continua evoluzione, la principale peculiarità è quella di essere progettate in funzione di un utenza varia, formata da diverse categorie di persone comprendenti fasce di età e stati sociali differenti, da lavoratori a studenti, dalla giovane coppia a nuclei familiari più ampi.

La prima fase di studio consiste nella conoscenza della normativa italiana sul tema residenze e sull'evoluzione che ha subito negli anni l'edilizia residenziale, per poi definire, successivamente, le varie tipologie moderne e, sulla base delle buone pratiche da seguire sia a livello urbanistico che a livello compositivo e scelta dei materiali, intervenire in maniera ecosostenibile.

L'alloggio viene definito attraverso concetti fondamentali, quali la flessibilità, lo spazio inteso come luogo fisico-funzionale e come luogo dove avvengono relazioni tra le persone, il quadro delle esigenze dell'utenza.

Il "*Retrofit*" riguarda principalmente due aspetti, quello distributivo funzionale degli alloggi e quello tecnologico energetico mediante l'installazione di elementi "sandwich" prefabbricati con materiali innovativi, al fine di migliorare la prestazione di isolamento termico dell'involucro.

All'interno della tesi sono presenti tecniche e modalità di fabbricazione di componenti prefabbricati per chiusure verticali con definizione di giunto.

Il pannello utilizzato è al centro del progetto EASEE, condotto a livello europeo in cui il Politecnico di Milano svolge un ruolo primario, facendo parte di gruppi di ricerca e mettendo a disposizione laboratori per prove sperimentali.

Gli interventi di riqualificazione su edifici esistenti necessitano inoltre adeguamenti dal punto di vista strutturale, ovvero è necessario verificare la struttura esistente a seguito dell'applicazione di "nuovi" carichi.

A seguito delle vicende degli ultimi anni, la resistenza al sisma è diventato oggi un aspetto molto importante, a differenza degli anni Settanta che invece veniva affrontato solo in alcune zone del territorio.

Si tratterà in maniera approfondita, dunque, l'aspetto strutturale, analizzando la struttura esistente con i carichi imposti, verificando le parti strutturali costituenti l'edificio a seguito dell'intervento e, infine, verificando che l'edificio con la nuova tecnologia possa resistere a eventi sismici.

Abstract (English version)

The worldwide energy problem related to the issue of energy efficiency of actual buildings is a topic of great interest which must be discussed very carefully.

The presented thesis project consists in the energy retrofitting of a public residential building built in 1972 and located in via Servite 22 in Calolziocorte, in the province of Lecco, owned by ALER, a cooperative which is sensitive to the social housing issue and which operates in the Lombard territory. The modern Social Housing addresses to a constantly evolving society and its main peculiarity is to be designed for a variety of users, which includes different categories of people of disparate age and social status, from workers to students, from young couples to larger nuclear families.

The first phase of study consists in the observation of the Italian legislation in the matter of residences throughout the years and the evolution of residential building, and, secondly, in the definition of different typologies and practices to follow both at an urban level and at a level of composition and selection of materials.

The definition of "housing" is made explicit through the application of essential characteristics, such as flexibility, space – interpreted as a physical and functional place, and as a place where relationships between people occur, taking into account the framework of users' requirements. The "Retrofitting" mainly refers to two aspects: the functional and distributive one, which concerns the housing, and the technological and energy aspect, which involves the installation of prefabricated "sandwich elements", made up of innovative materials, in order to improve the thermal insulation. The thesis includes manufacturing techniques and methods of prefabricated components for vertical closures with joint definition.

The panel used is the main subject of the EASEE project, conducted at European level, in which the Politecnico of Milan plays a major role, providing groups and research laboratories and performing practical applications.

The requalification operations on existing buildings also require adjustments from a structural point of view as well as tests on the structure with the new loads. Moreover, the resistance to earthquakes has become a very important issue in the last years, while during the seventies it was taken into consideration only in some areas of Italy. Therefore the structural aspect is thoroughly dealt with by analyzing the existing structure with the imposed loads, moving then to the analysis of the new project and finally checking that the building can withstand any seismic events.

Capitolo 0

Introduzione

0.1 - Il problema energetico in Europa e in Italia.

Negli ultimi anni, il tema di efficienza energetica degli edifici, è stato trattato con molta attenzione, grazie soprattutto ad un quadro normativo sempre più chiaro, in chiave europea, prima, e in quella nazionale poi, tutt'ora in continuo mutamento.

La Direttiva Europea 2002/91CE sul rendimento energetico degli edifici definisce l'efficienza energetica, come la quantità annua di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi la climatizzazione invernale ed estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e l'illuminazione.

Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dall'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di trasformazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico.

Lo stile di vita dei Paesi industrializzati è altamente energivoro e gli edifici contribuiscono in maniera sostanziale: il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua calda per usi sanitari, e l'uso di elettrodomestici e l'illuminazione degli edifici assorbono la maggior parte del consumo di energia e producono il 36% delle emissioni complessive di gas serra e sono la causa del 40% dei consumi totali di energia.

In alcuni Paesi, dove le temperature medie rimangono alte durante tutto l'anno, è in crescita esponenziale il consumo estivo per il raffrescamento.

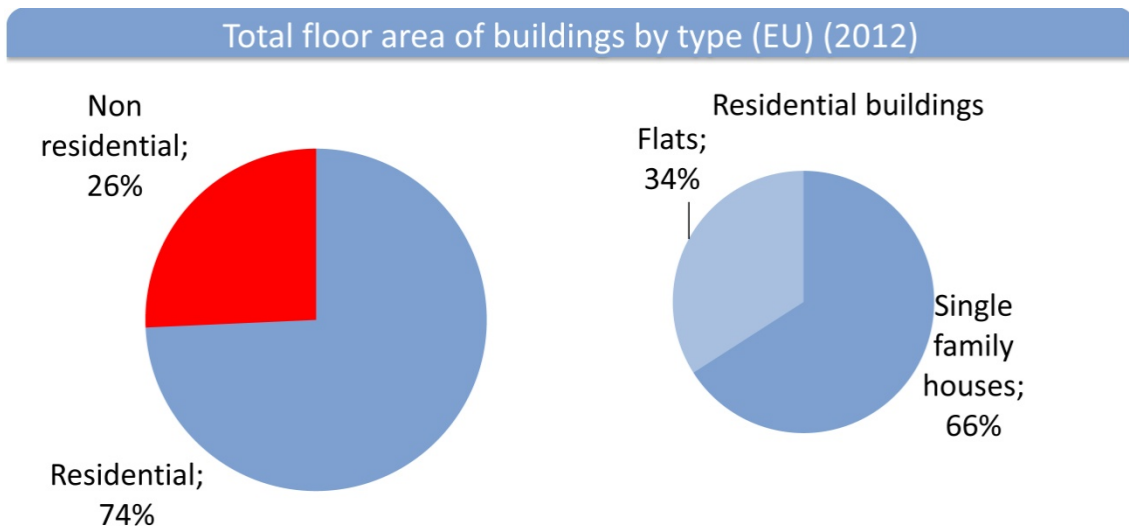


Figura 1. Grafico rappresentante la superficie totale degli edifici in Europa per tipologia.

La superficie totale degli edifici presenti in Europa rappresenta circa 25 miliardi di m², oltre il 50% di edifici sono stati costruiti prima del 1970, mentre in Italia il patrimonio edilizio residenziale attuale include 26,5 milioni di abitazioni.

Negli ultimi 10 anni è emersa la consapevolezza che una significativa riduzione di CO₂ si possa ottenere attraverso una riqualificazione del patrimonio esistente.

Tra il 2002 e il 2006, il numero di edifici residenziali è aumentato rapidamente ed il consumo unitario per m² per gli edifici è di circa 210 kWh/m² nel 2012.

Il consumo di elettricità per m² varia significativamente in base al tipo di edifici e paesi.

Si ha il valore maggiore nei paesi nordici (Norvegia, Svezia e Finlandia) dove principalmente si fa un più largo uso di energia elettrica per il riscaldamento.

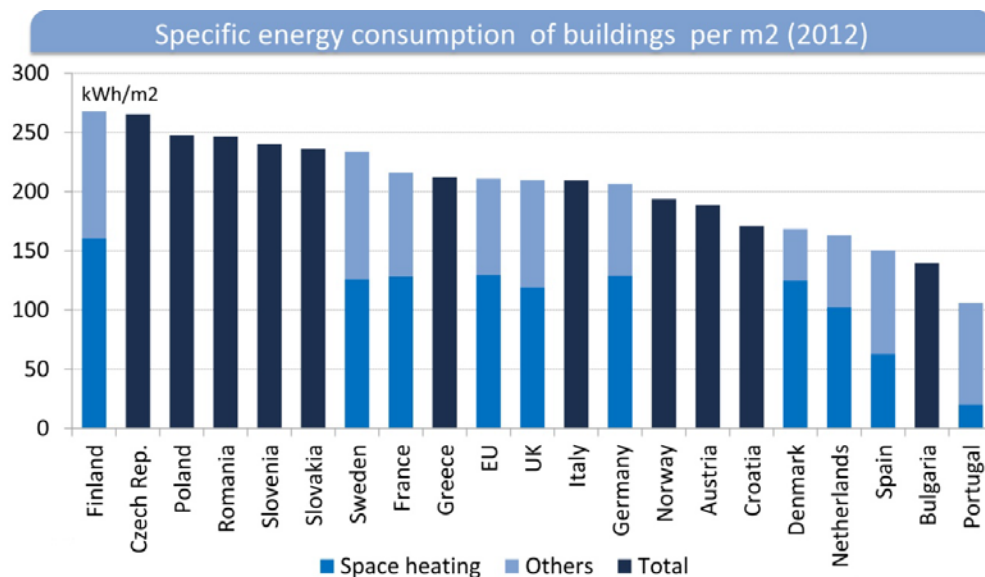


Figura 2. Grafico rappresentante il consumo di energia dei principali Paesi Europei.

Gli edifici già presenti sul territorio, sono, di fatto, più numerosi rispetto ad edifici di nuova costruzione, definibili "moderni".

Essi contengono, tra l'altro, sistemi che consumano energia per fornire servizi di costruzione, molti dei quali inefficienti e/o trascurati. Sicuramente datati.

Il miglioramento degli edifici di vecchia generazione e nello specifico, dei loro sistemi interni, risulta essere un impiego di rilevante spessore, che vede la finalità essenziale della direttiva EPBD.

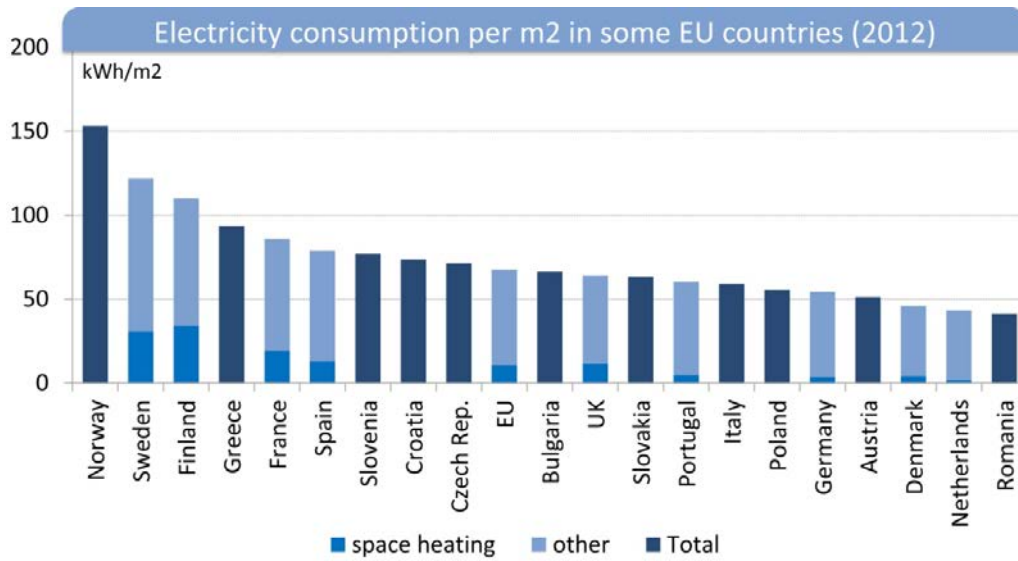


Figura 3. Grafico rappresentante il consumo di elettricità dei principali Paesi Europei.

I dati ODYSEE sul profilo della situazione energetica in Italia risalenti a Settembre 2015, indicano che l'efficienza energetica dei consumatori finali è migliorata del 11,0% nel periodo 2000-2013 con un guadagno di quasi 1% annuo. Il progresso è stato più lento a partire dal 2007 a causa della crisi economica: 1,1% annuo nel periodo 2000-2007, 0,7% annuo dopo il 2007.

Tutti i settori hanno realizzato progressi nell'efficienza energetica dal 2000: il settore trasporti è migliorato del 12,8% (1,0% annuo), seguito dall'industria con il 12,2% (1,0% annuo). Per il settore residenziale si è osservato un miglioramento più lento, 7,5% (0,6% annuo), a causa di un aumento del consumo energetico.

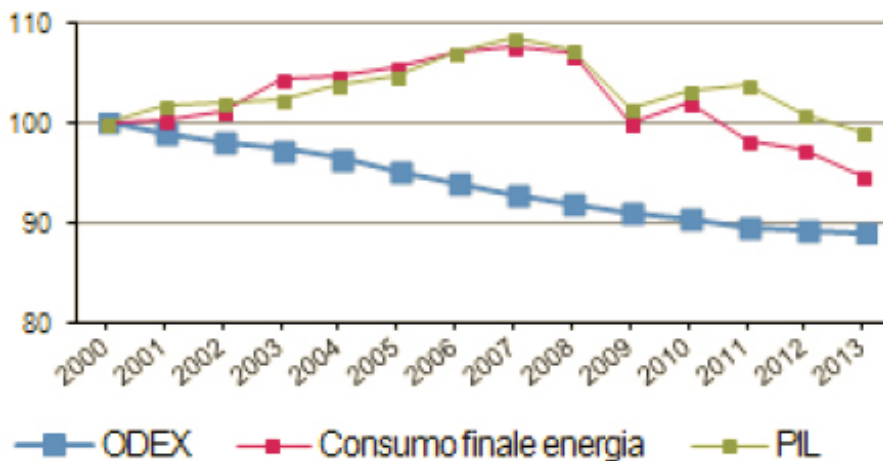


Figura 4. Grafico rappresentante l'andamento dell'efficienza energetica dei consumatori finali.

L'efficienza energetica negli edifici residenziali, nel periodo 2000 - 2013 è migliorata del 7,5%.

Il rallentamento è dovuto ad un aumento del consumo di energia per il riscaldamento, il principale end-users, con circa il 70% del consumo energetico e non di una perdita di efficienza energetica: una notevole crescita del consumo di legna, specialmente legata alle seconde case e l'ampliamento della rete del gas naturale.

Il miglior progresso nell'efficienza energetica è stato osservato per gli elettrodomestici: 22,7% (2,0%), dovuto a una considerevole riduzione del consumo energetico unitario.

Acqua calda e usi relativi alla cucina, sono migliorati del 19,6% e 15,5%, rispettivamente, nel periodo 2000-2013.

ODEX è l'indice utilizzato nel progetto ODYSSEE-MURE per misurare l'efficienza energetica progressi per settore principale (industria, trasporti, famiglie) e per l'intera economia (tutte finale consumatori).

Il riscaldamento viene misurato in k_{ep} per m^2 , mentre gli elettrodomestici in kWh per abitazione.

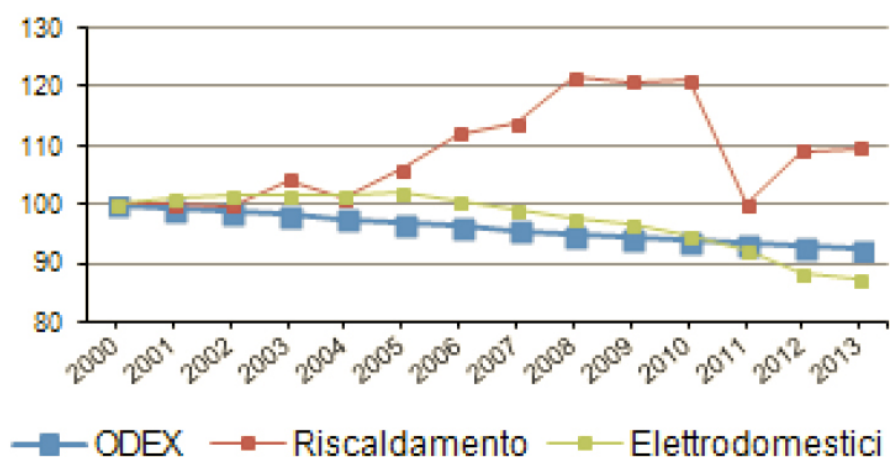


Figura 5. Grafico rappresentante l'andamento dell'efficienza energetica per consumo di energia primaria.

Nel 2013 il consumo totale di energia da parte delle famiglie è stato pari a 30,1 Mtep; condizione stabile rispetto alle indagini registrate nel 2012.

Abbiamo visto, invece, questo dato aumentare, in maniera alquanto esponenziale, dal 2008 al 2010, con un tasso di crescita annuo del 2,7% seguito da un elevato calo del 12,5% nel 2011 e un aumento nel 2012: + 21,7% nel periodo 2000-2013 (Figura 5). La principale fonte di energia è il gas naturale, con una quota del 46,7% nel 2013 e + 11,8% nel periodo 2000-2013.

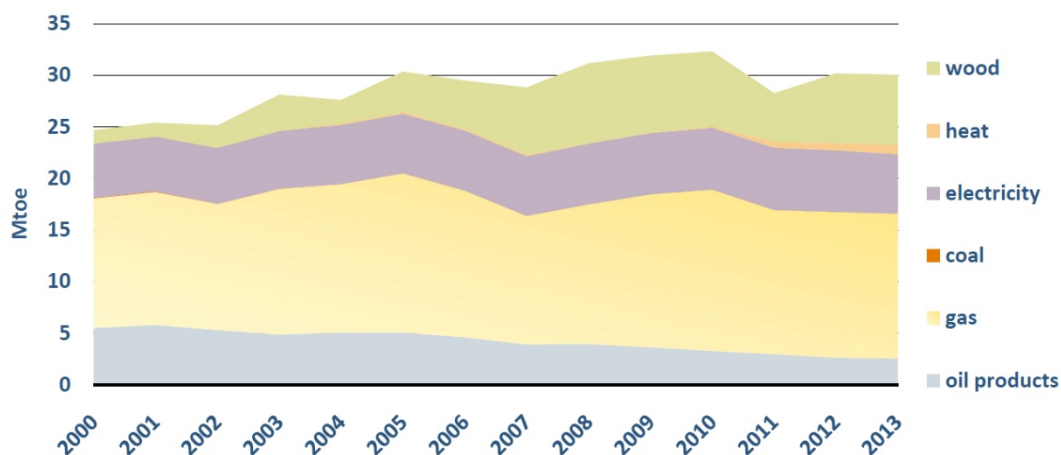


Figura 6. Grafico rappresentante il consumo delle famiglie per fonti energetiche.

Il grafico, di cui sopra, indica il consumo delle famiglie suddiviso per fonti energetiche, misurate in tonnellate equivalente di petrolio (Mtep).

Si può notare come il legno e l'elettricità sono le altre fonti di energia importanti. Nel periodo 2000-2013 il consumo di prodotti petroliferi è diminuito del 53,6% scendendo a una quota del 8,6% del consumo totale nel 2013 (figura 6).

Negli ultimi anni il consumo di legno ha mostrato una crescita esponenziale a causa di una migliore performance di impianti a biomasse (che li rendono preferibile a impianti di gas naturale e GPL in zone di montagna) e una di alta qualità in riscaldamento degli ambienti. Allo stesso tempo, non vi è una riduzione del consumo di gas naturale a causa dell'espansione della rete del gas naturale, soprattutto nel sud Italia.

0.2 - Retrofit energetico degli edifici residenziali.

Il crescente interesse per le problematiche energetiche legate all'ambiente, conduce ad adottare strategie ed interventi finalizzati alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti e la conseguenziale riduzione dei consumi.

La maggior parte degli edifici residenziali costituiti da elementi costruttivi non particolarmente prestanti e, indipendentemente dai livelli di consumo energetico, non forniscono adeguate risposte in termini di comfort e al quadro delle esigenze degli utenti in continua mutazione.

Le superfici spesso sono insufficienti per svolgere le normali attività quotidiane, il dimensionamento delle aperture finestrate risulta essere inadeguato e, in linee più generali, la qualità di vita all'interno dell'abitazione non raggiunge i valori attesi.

A tal proposito, l'intervento di retrofitting energetico include sicuramente le modifiche a livello di organizzazione planimetrica e spaziale dell'edificio, affinché possa rispondere a pieno alle esigenze, non solo degli attuali occupanti, ma anche di quelli futuri e di diverse categorie di utenza.

Lo spazio, la flessibilità e il quadro delle esigenze saranno dei punti cardini per lo svolgimento della tesi.

Si illustrerà il significato di spazio, inteso nel suo duplice aspetto come luogo fisico e anche come luogo dove avvengono relazioni, comuni e private.

La flessibilità abitativa giocherà un ruolo importante, in quanto, ha lo scopo di agevolare il processo di ottimizzazione nella definizione dei locali abitativi e allo stesso tempo, caratterizzare l'ambiente e soddisfare le esigenze per diverse tipologie di utenze che, come detto in precedenza, da studenti universitari a lavoratori, da giovani coppie a famiglie numerose, è molto varia ed in continuo mutamento.

La riorganizzazione interna di un edificio residenziale, può portare, dunque, ad un aumento della densità, nel caso di sopraelevazioni o ampliamenti.

Questo fenomeno interesserà anche la città, il quartiere urbano che dovrà accogliere il "nuovo" edificio sfruttando le infrastrutture esistenti e, a sua volta, l'edificio riqualificato, dovrà essere in grado di "comunicare" con il contesto, con i conseguenti obiettivi di durabilità, aumentando il ciclo di vita dei materiali e quello di rimanere fedele alle tradizioni del luogo e alla sua storia.

Le strategie di intervento possono consistere in interventi di riparazione e manutenzione ordinaria, senza spese eccessive, al fine di ottenere, comunque, un edificio che garantisca livelli elevati di comfort a fronte di consumi energetici ridotti.

Nello specifico si possono individuare due gruppi dal punto di vista di fattibilità economica.

Il primo riguarda: l'aspetto tecnico dell'intervento (comprendente operazioni di isolamento di componenti edilizi; sostituzione infissi; adeguamento impiantistico).

Capitolo 0 - Introduzione

Il secondo comprende, invece: misure attuate per il risparmio tramite i costi di gestione (come l'utilizzo di risorse rinnovabili per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua); sistemi fotovoltaici; ventilazione controllata con recuperatore di calore; controllo della temperatura per ogni singolo ambiente.

e dell'acqua, sistemi fotovoltaici, ventilazione controllata con recuperatore di calore, controllo della temperatura per ogni singolo ambiente.

Capitolo 1

Edilizia residenziale pubblica in Italia

1.1 - Evoluzione storica della normativa sulle residenze.

I provvedimenti che riguardano la costruzione degli alloggi di edilizia economica popolare, hanno avuto in Italia una lunga tradizione, avviata già nei primi anni del XX secolo e successivamente sviluppata in fasi ben distinte.

Nel periodo tra le due guerre, l'Italia si contraddistingue dall'essere un paese prevalentemente agricolo.

Nelle grandi città, il problema dell'alloggio popolare non è ancora rilevante: la produzione edilizia corrente può sommariamente adempiere all'incombenza delle distruzioni belliche e al fabbisogno pregresso, mentre la quota parte mancante trova sfogo nelle abitazioni realizzate nelle aree periferiche e rurali.

Le abitazioni costituite in città, furono caratterizzate dal blocco chiuso di matrice Ottocentesca aventi fabbricati disposti lungo il perimetro dell'isolato, aperto al suo interno da corti, cortili e chiostre.

Gli alloggi di piccolo taglio, con servizi igienici ridotti all'essenziale, se non addirittura collocati all'esterno.

Il fabbricato generalmente costruito con tre murature portanti disposte longitudinalmente di cui una centrale, determinando così, la distribuzione delle stanze disimpegnate da stretti e lunghi corridoi.

Con la legge Luzzati (L.31 Maggio 1903, n. 254) lo Stato intervenne direttamente a promuovere e coordinare tutta una serie di iniziative.

Con il Testo Unico dell'Edilizia Popolare ed Economica del 1938 (testo dal quale nascono gli Istituti Autonomi Case Popolari), il settore si dotò di uno strumento di coordinamento circa le disposizioni legislative prese a livello nazionale.

Se tra le due guerre in Italia il problema dell'alloggio per le classi a basso reddito non risultava essere ancora rilevante, non successe così nel resto d'Europa, dove la tematica si dibatteva e concretamente veniva affrontata. Le assemblee CIAM, formate da architetti e urbanisti dei principali Paesi europei, si riunirono, infatti, per rivendicare una comune identità di vedute circa il ruolo dell'architettura e il destino della città.

Il tema dell'alloggio rappresentò per loro, una tematica fondamentale per i fini preposti, per certi versi rappresentativo di una volontà di lavorare nell'interesse della società moderna.

Nel secondo CIAM tenuto a Francoforte nel 1929, il tema principale fu l'*existenzminimum*, vale a dire l'abitazione per il livello minimo di vita delle persone.

Numerosi furono gli interventi a seguito di tale assemblea: a Dessau, Walter Gropius progettò il quartiere Törten; a Berlino, Bruno Taut si impegnò nel terminare i quartieri Britz e Zehlendorf unificò le tipologie edilizie; a Francoforte, Ernst May adottò nei suoi quartieri, realizzati con alloggi standardizzati, la cucina prefabbricata modulare e componibile per piccoli spazi, contenenti tutte le attrezzature necessarie alla preparazione, conservazione e consumo dei pasti.

Per quanto riguarda i lavori teorici, nel 1928 Alexander Klein si interessò allo studio relativo alla progettazione degli spazi negli alloggi minimi, determinati attraverso l'applicazione di un rigoroso metodo scientifico.

Il metodo di Klein si basa su tre operazioni: la compilazione di un questionario, riguardante dati dimensionali e giudizi su singoli alloggi; la riduzione dei progetti alla medesima scala, per rendere omogeneo il confronto tra diverse soluzioni di pianta; il metodo grafico, che consente di verificare per ogni alloggio l'andamento dei percorsi, la concentrazione delle aree libere da arredi, le analogie tra gli elementi, le zone d'ombra, il frazionamento e l'ingombro sulle superfici delle pareti. Il metodo di Klein costituisce un contributo importante per la determinazione dello standard minimo.

In Italia, negli anni successivi al secondo dopo guerra, milioni di persone si trovarono nella condizione di ricercare un'abitazione, in particolare nelle città più duramente provate dalle distruzioni belliche, dove il processo di inurbamento delle campagne, l'immigrazione dal Sud e l'aumento costante della popolazione, le fecero precipitare in uno stato di emergenza.

1.1.1 - Piano INA-Casa.

Nel 1949 venne approvato il piano INA-Casa: piano per l'incremento dell'occupazione operaia, col compito di agevolare la costruzione di case per i lavoratori.

Tutta la produzione edilizia dei 14 anni di attività dell'INA-Casa viene legata, alle indicazioni fornite ai progettisti, da alcuni piccoli opuscoli.

L'orientamento generale ispira l'abbandono del tradizionale blocco edilizio chiuso, ritenuto non più rispondente ai requisiti igienico-sanitari minimi. Si suggeriscono tipologie edilizie aperte come la casa multipiano in linea e la casa a schiera. Riguardo i singoli alloggi, viene evidenziata la necessità di avere una suddivisione funzionale tra zona giorno e notte e di avere grandi logge.

Le esperienze dei primi anni Settanta fanno emergere carenze tecnico-costruttive delle realizzazioni, dovute in gran parte alla volontà di mantenere il settore edilizio su basi artigianali (questo per assicurare una larga occupazione di forza lavoro non specializzata).

La progettazione di edifici prevedeva pochi piani, l'abbandono di alloggi duplex e di quelli dotati di unico vano. Inoltre, gli ingressi erano separati, la cucina pranzo divisa dal soggiorno, camera matrimoniale ampia, bagni dotati di lavabo, vasca, wc, bidet e attacchi per scaldabagni e lavatrici. Si fissano infine le superfici minime:

- 50mq per due vani utili (bilocale)
- 70mq per tre vani utili (trilocale)
- 90mq per quattro vani utili (quadrilocale)
- 110mq per cinque vani utili.

1.1.2 - Piano GesCal.

Nel 1963, al precedente piano INA-Casa, succedette il piano GesCal, importante poiché mise a sistema, una normativa tecnica per la risoluzione di numerosi problemi pratici della progettazione.

La normativa tecnica GesCal divenne un riferimento imprescindibile per i progettisti e può ritenersi un primo momento di sintesi circa le realizzazioni precedenti e gli studi teorici riguardo la tipologia dell'alloggio.

Tale normativa si orientò verso un'uniformità di superfici, a fronte di tipologie differenti.

Indipendentemente dal fatto che le case fossero multipiano in linea, a schiera o a torre, le superfici prescritte rimasero le stesse.

Inoltre, la normativa fornisce ai progettisti un elenco di unità ambientali alle quali attenersi nell'organizzazione interna.

Nell'alloggio fu previsto un ingresso separato e un soggiorno preferibilmente autonomo, isolato dal resto della casa, per essere secondo gli usi e costumi italiani di allora, utilizzato nelle occasioni festive.

La cucina venne collocata accanto, ma separata, prevista in un ambiente dove poter svolgere le funzioni specifiche. Nel bagno vennero previsti: una vasca, un lavabo, un bidet e un wc.

La normativa GesCal è all'avanguardia soprattutto per due ragioni: garantisce uno standard minimo elevato, attorno al quale poter organizzare al meglio i locali degli alloggi; prevede un carattere sperimentale.

1.1.3 - Gli anni Settanta.

Successivamente, negli anni '70, l'edilizia pubblica subì una svolta dal punto di vista legislativo.

La legge quadro sulla casa (L. 22 Ottobre 1971, n. 865), rappresentò uno dei più rilevanti atti di riforma presi nei riguardi del settore dell'edilizia residenziale pubblica.

Essa introdusse il principio di programmazione unitaria di tutti gli interventi, riorganizza gli organi e gli enti preposti a tale scopo attraverso degli IACP, unici soggetti pubblici incaricati delle esecuzioni, e l'istituzione dei CER, ai quali venne affidata la distribuzione dei fondi previsti e la scelta della localizzazione degli interventi.

Nella legge però non vi fu nessuna traccia di una normativa tecnica che potesse essere d'aiuto per progettare residenze, né considerazione o prescrizione sui singoli locali all'interno dell'alloggio.

Solo dopo l'emanazione della legge del 27 Maggio 1975, n.166 si considerò la possibilità di organizzare le funzioni e gli spazi all'interno della casa.

Furono norme per interventi straordinarie, di emergenza per l'attività edilizia, ma apportano delle prime modifiche anche all'organizzazione tipologica degli edifici residenziali; negli articoli 18 e 19, la legge prevedeva servizi igienici e scale in ambienti non direttamente areati e illuminati dall'esterno, a condizione che ciascun ambiente fosse dotato di un sistema di ventilazione forzata.

Per quanto riguarda la progettazione, si concede, finalmente, la possibilità di rompere con i modelli adottati nei piani precedenti e di usufruire, quindi, in modo intelligente, anche della fascia centrale dell'edificio, finora destinata a lunghi corridoi e labirintici disimpegni.

Il decreto del 5 Luglio 1975, n.190, consentì la riduzione dell'altezza dei locali adibiti ad abitazione a 270cm, riducibili a 240cm per bagni, corridoi, disimpegni, ripostigli, e fissò, in modo definitivo, lo standard minimo dell'alloggio e dei singoli locali, prevedendo una superficie abitabile non inferiore ai 14 mq per i primi quattro abitanti, di 10 mq per i successivi; 14mq per ciascuna stanza a due letti e per il soggiorno, 9mq per ogni stanza a un solo letto; (per quanto riguarda i singoli ambienti).

Infine, fissò, per ciascuna stanza, l'ampiezza della superficie fenestrata apribile, prevista non inferiore di 1/8 della superficie pavimentata.

Questo provvedimento divenne così importante da influenzare tutta la progettazione residenziale pubblica degli anni a venire e attualmente mantiene ancora la sua efficacia.

La legge dell' 8 Agosto 1977, n.513, peggiorò, di fatto, la qualità degli alloggi poiché ridusse la superficie minima consentita, facendola passare da 60 a 45mq e quella massima da 110 a 95mq (Art.19).

Introdusse una norma che stabilì la cosiddetta "altezza virtuale" , calcolata come rapporto tra i metri cubi vuoto per pieno dell'edificio e la somma della superficie utile abitabile degli alloggi, che non può superare i 450cm.

La legge del 5 Agosto 1978, n. 457, pur non portando sostanziali modifiche riguardò l'assetto degli enti pubblici che operano nell'ambito dell'edilizia residenziale, completando il decentramento di alcune funzioni, dallo stato alle regioni, iniziato anni prima.

Da questo momento in avanti, quasi tutta la composita materia riguardante il settore edilizio venne trasferita alle regioni, le quali furono obbligate a dotarsi di opportune normative tecniche per la progettazione e realizzazione degli alloggi.

1.1.4 - Quadro normativo in Lombardia.

Lo stesso anno, il consorzio regionale IACP della Lombardia, cominciò a predisporre una serie di strumenti in materia di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata.

L'innovazione consistette nella stesura di una normativa tecnica a uso dei progettisti per rispondere ai reali problemi da affrontare.

La normativa prescrisse il superamento della tradizionale suddivisione in zona giorno e zona notte, con cinque tipi base di alloggi: 45mq per coppia di anziani e per giovane coppia, composto da servizio igienico e due locali, di cui la stanza o il soggiorno suddivisibili in due parti, per ricavare uno spazio di 6mq per un eventuale figlio piccolo; 65mq per tre/quattro persone, composto da tre locali e servizio igienico; 85mq per

cinque/sei persone, con quattro locali e servizio igienico; 95mq per famiglie numerose, composto da cinque locali e servizio igienico.

Tutti i precedenti alloggi forniti di un piccolo ripostiglio di superficie pari a 1,2 mq o prevedere armadi a muro per almeno 0,9mq.

La cucina considerata uno spazio autonomo ma strettamente collegata allo spazio pranzo.

La dotazione minima vuole: unità cottura, di 60x60cm; lavello a due vasche con scolapiatti laterale di 120cm, riducibile a 105cm con solo una vasca; due piani di lavoro di 60x60cm; frigorifero verticale; mobili e pensili per disporre almeno 1,8 mq di elementi.

Inoltre, viene previsto uno spazio di manovra davanti a piani di lavoro non inferiore a 100cm.

Il soggiorno come uno spazio destinato alle relazioni della vita familiare, pertanto deve possedere i requisiti minimi di fruibilità e accoglienza; deve essere inoltre possibile ricavare uno spazio pranzo.

Infine, il bagno deve contenere almeno quattro apparecchi sanitari, più eventualmente una lavatrice.

1.1.5 - Eliminazione delle barriere architettoniche.

A causa della diminuzione della crescita della popolazione, con gli anni Ottanta, il “fabbisogno abitativo” nelle periferie delle grandi aree metropolitane va lentamente arrestandosi.

La residenza pubblica è abbandonata a sé stessa, non si trova più al centro degli interessi della cultura architettonica italiana. Gli anni Ottanta non fanno registrare decisivi avanzamenti sul fronte della progettazione funzionale dell'alloggio e gli architetti si occupano prevalentemente di linguaggio delle forme, emancipandosi del peso della cultura funzionalista.

La prima mostra di architettura organizzata alla Biennale di Venezia nel 1980 fu un esempio importante a segno di un mutamento.

Con la legge del 9 Gennaio 1989, n.13, si introdusse la Legge sulle prescrizioni tecniche atte all'eliminazione delle barriere architettoniche; da questo momento, tutti gli edifici costruiti sono da considerarsi alla stregua di tre livelli qualitativi: accessibilità, visibilità e adattabilità.

Fatte salve le eccezioni consentite, la legge prescrive un sano principio etico, a fronte del quale, alle persone con ridotte o impedito capacità motorie o sensoriali è garantita una buona usufruibilità dello spazio. Deve essere accessibile almeno il 5% degli alloggi previsti in un nuovo intervento di edilizia residenziale pubblica, mentre tutti devono possedere almeno i requisiti di visibilità limitato a una porzione degli spazi per non impedire spostamenti fondamentali alla persona disabile.

Superata la necessità di dare un tetto a un milione di persone, con la legge n.13 emerge l'esigenza di realizzare edifici non più anonimi e ripetitivi, ma dotati di una precisa identità e qualità architettonica rispondente allo stile di vita degli abitanti, un luogo rappresentativo della dimensione personale, emancipata e in costante evoluzione.

1.1.6 - Dalla progettazione dell'alloggio allo spazio urbano.

Con l'avvento degli anni Novanta si ha un ulteriore rallentamento della crescita edilizia, a preoccupare è la quantità di edifici e intere parti di tessuto urbano che richiedono di essere riutilizzati -anche in modi differenti- se non vogliono andare perduti, ovvero: nasce la necessità di affrontare il problema del "riuso" del patrimonio abitativo, prodotto nell'arco dei decenni precedenti.

Con la legge del 17 Febbraio del 1992, n.179, si istituiscono i programmi integrati di intervento (Art 16), che definiscono e coordinano alcuni tipi di trasformazione urbana.

Con l'Art 2 si introducono i programmi di Riquilificazione Urbana, che hanno come obiettivo la riqualificazione del tessuto edilizio, urbanistico e ambientale delle città e del territorio.

Il recupero è rivolto sia alla città consolidata, sia alle aree di riconversione, completamento o trasformazione d'uso, ma, in particolar modo, lo è specifico per interventi sui quartieri di edilizia residenziale pubblica.

Una particolare tipologia di Programmi di Recupero Urbano sono i Contratti di Quartiere, che presentano un sostanziale elemento innovativo, quello, cioè, di coniugare gli aspetti fisici e sociali di un intervento di recupero, al fine di risolvere o migliorare un persistente stato di degrado.

Essi prendono avvio nel 1997, con un decreto del Ministro dei lavori pubblici che approva il bando di gara relativo al finanziamento.

Gli obiettivi cui devono rispondere sono di tipo urbanistico-edilizio, socio-economico e riguardanti la sperimentazione edilizia.

Quest'ultimo appare lungimirante, poiché, contiene i termini dell'aggiornamento e della formazione della normativa tecnica nazionale in materia di bioarchitettura ed ecologia, risparmio delle risorse, e miglioramento delle qualità ambientali.

Sebbene in ritardo rispetto a quanto avvenuto in altri Paesi europei, si intende operare un decisivo spostamento del baricentro decisionale, per cui, la posizione centrale nelle politiche di trasformazione urbane, diventa la concertazione tra i soggetti coinvolti.

Un altro aspetto importante di questi programmi è l'integrazione delle funzioni, ovvero, la *mixité* urbana, intesa come definizione di un paesaggio ricco e variegato, sotto il profilo fisico, sociale ed economico, inducendo verso un approccio di tipo strategico, non più gerarchico e vincolistico.

A fronte dei provvedimenti di edilizia pubblica degli anni passati, i Programmi Integrati sembrano accordare maggiore spazio e interesse agli aspetti urbani e territoriali, a discapito di quelli funzionali legati alla progettazione dell'alloggio e alla definizione dello standard minimo di vita.

Pertanto, non sembra più plausibile definire tipologie abitative per le diverse famiglie, in quanto, costituirebbe un'impresa difficile definire, in modo inequivocabile, i nuclei familiari attuali, sempre più destrutturati.

Allo stato attuale le indicazioni tecniche della progettazione dell'alloggio sono demandate ai regolamenti edilizi ed igiene dei singoli comuni.

Anche lo standard vitale minimo nell'edilizia pubblica non è più ridotto a parametri quantitativi, ma, piuttosto, viene definito attraverso l'integrazione di una pluralità di aspetti in grado di determinare una migliore qualità della vita urbana.

1.1.7 - Regolamenti e delibere a livello regionale e comunale.

Come detto precedentemente, la progettazione degli alloggi è demandata ai regolamenti edilizi ed igiene dei singoli comuni, nello specifico, i regolamenti vigenti nel comune dove è situato l'oggetto di tesi, sono principalmente: il "regolamento locale di igiene tipo" e "il regolamento edilizio comunale" della città di Calolziocorte.

Il capitolo quarto del regolamento di edilizia e di igiene, esplicita i requisiti che gli alloggi devono avere per gli aspetti inerenti di igiene e sanità pubblica, a tutti i nuovi interventi soggetti a rilascio di concessione o autorizzazione da parte del comune.

Nello specifico, ogni alloggio a pianta libera, deve avere una superficie minima, comprensiva di servizi, se per una persona, non inferiore a 28mq e non inferiore a 38mq per due persone.

Per interventi di ristrutturazione edilizia, su fabbricati esistenti, i locali adibiti ad abitazione o accessori, dovranno garantire la volumetria di 75mc per alloggio monostanza, 24mc per locali adibiti a cucine e camere da letto singole, e 38mc per la sala da pranzo, soggiorno e camere a due letti.

Un importante punto all'interno del regolamento è rappresentato dal tema del soleggiamento e requisiti minimi di illuminazione naturale diretta e superficie illuminante utile, dove vengono esplicitati i valori minimi di fattore medio di luce diurna, superficie finestrata utile e profondità di aggetti.

Vengono, inoltre, date disposizioni riguardo la ventilazione e areazione degli alloggi, che devono essere progettati e realizzati in modo che le concentrazioni di sostanze inquinanti e vapore acqueo non possano costituire rischio per il benessere e la salute delle persone e anche per la buona conservazione delle cose e degli elementi costitutivi degli alloggi.

Il regolamento edilizio comunale della città di Calolziocorte, in particolare l'Art 72 del CAPO II riguardante i requisiti delle costruzioni in rapporto all'ambiente e allo spazio urbano, indica che le nuove costruzioni e le ristrutturazioni debbano avere un opportuno decoro al fine di dare un'importante definizione nel rinnovo dei caratteri urbani, con particolare riguardo ai materiali e finiture usati, che gli elementi costitutivi delle facciate, delle coperture in tutte le loro componenti, in quanto elementi di rilevante interesse figurativo, debbano determinare un rapporto equilibrato con il contesto e con le caratteristiche dei luoghi circostanti, nonché alle condizioni climatiche e storiche.

Le ulteriori indicazioni del medesimo capo riguardano principalmente le misure adottate per i prospetti su spazi pubblici, le sporgenze e gli aggetti, disciplina del colore e obbliga all'impegno di mantenere i fabbricati, internamente ed esternamente, in condizioni di salubrità, di decoro, di sicurezza e di igiene attraverso manutenzioni e revisioni periodiche delle costruzioni.

1.2 - Housing e Sostenibilità.

Nell'ultimi quindici anni, molte città europee, hanno visto e stanno vedendo un radicale cambiamento del proprio assetto urbano. Ciò è dovuto all'aumento di popolazione nelle aree metropolitane con un numero destinato sempre più ad aumentare, e con l'aumento della popolazione cresce la necessità di costruire delle abitazioni adeguate.

In questo contesto, la previsione delle dinamiche sociali non è una cosa semplice anche perché la popolazione è molto più dinamica di un tempo e può orientare le proprie aspettative verso i luoghi in cui condizioni economiche, sociali, politiche, religiose e culturali possono essere adeguate per un certo periodo, ma non per lungo termine.

Il recupero di importanti aree post industriali, aree portuali e aree di rinnovo edilizio, sono state al centro dell'attenzione delle politiche di sviluppo urbano. Alcuni di questi interventi sono stati portati avanti con l'attenzione ai temi ambientali inclusi, a volte, quelli sociali.

Nelle aree di maggior interesse commerciale, l'attenzione si è più rivolta alla sostenibilità del singolo edificio, piuttosto che, a insediare delle nuove relazioni con l'ambiente complessivo e con i futuri abitanti.

Nonostante i temi a riguardo siano condivisi, in queste aree si è voluto cercare di dare una buona qualità complessiva recando particolare attenzione ai consumi energetici e lasciare al progetto edilizio la proposizione ambientale.

L'approccio di sostenibilità in edilizia può assumere molte nomenclature, quali bioarchitettura, architettura ecologica, architettura bioclimatica e l'obiettivo comune è quello di sviluppare il tema di miglioramento delle condizioni di vita e di maggior equilibrio con l'ambiente che ci circonda.

1.3 - Lo spazio dell'abitare.

Il luogo dell'abitare è un luogo primario, dove si svolgono le attività principali della vita, ma è anche uno spazio di rappresentazione, d'identità sociale e individuale.

Le relazioni che l'abitazione instaura dentro e fuori il proprio spazio di rappresentazione, d'identità sociale e individuale.

Le relazioni che l'abitazione instaura dentro il fuori e il proprio spazio fisico segnano il territorio della memoria della città.

Lo spazio dell'abitare non è solo fisicamente un tracciato materiale che permette lo svolgimento di attività, ma è anche il luogo del trasferimento immateriale delle esperienze umane. Altri luoghi, altre strutture, accolgono attività fondamentali per la vita, ma è nell'abitazione che si trasferiscono i significati delle esperienze esterne e anche il luogo di sintesi dell'evoluzione personale.

Il significato della parola stessa ci porta alla radice "tenere/trovarsi per lungo tempo".

L'architetto norvegese Christian Norberg-Schulz, importante critico e teorico dell'architettura, si esprime così:

"La struttura della casa è soprattutto quella di un luogo, ma in quanto tale, contiene anche una struttura interna, differenziata in vari vani subordinati, e in percorsi di comunicazione. In casa vengono svolte varie attività, che prese insieme e coordinate costituiscono una forma di vita. Le attività intrattengono relazioni mutevoli con l'esterno e con le direzioni fondamentali della verticale dell'orizzontale"

La formazione di spazio, intesi come interazione umana, non può essere semplicemente il luogo in cui si possono svolgere delle attività ma anche un luogo di "senso" comprensibile agli utenti, con il quale potersi interfacciare e poter instaurare relazioni a diversi gradi di complessità, in cui la natura è presente.

Nella progettazione dello spazio residenziale esteso, nella progettazione del limite materiale e immateriale fra l'interno e l'esterno, nella definizione di quello spazio *In-between* fra unità abitativa e città si possono trovare le condizioni di complessità abitativa e di sostenibilità dell'intervento urbano.

Lo spazio è un contenitore di attività che hanno bisogno di un volume in cui poter essere svolte ma non necessariamente, ovvero, alcune attività sono a volume zero.

Nella residenza si stabiliscono delle relazioni con oggetti fisici, con persone, ma anche con l'esterno e con se stessi.

Ciò avviene sia nell'ambiente confinato semplice, un locale, che in un ambiente confinato complesso, nell'aggregazione di spazi unitari e nello spazio aperto.

L'interrelazione fra attività e la capacità dello spazio di accoglierle, è definibile sia quantitativamente che dal punto di vista qualitativo.

1.3.1 - "Attività materiali" e "spazi buffer"

Il progetto della residenza collettiva deve fare riferimento ad un programma, lo spazio della residenza individuale deve rispondere a delle esigenze. Le esigenze sono essenzialmente riassumibili in "ciò che è necessario". È evidente come le esigenze si possano riferire solo ad un'utenza che nel caso della residenza individuale è spesso già definita dal futuro destinatario o da chi gestisce il processo, mentre nel caso della residenza collettiva è definita dal programma edilizio.

Il progetto della casa collettiva, l'Housing sociale, difficilmente può essere portato avanti secondo un metodo sistematico e senza un programma che definisce l'utenza o che ne ipotizzi un mix complessivo

relativo al luogo e alla sua composizione, per quel luogo e in quel momento. Se l'esigenza è ciò che è necessario allo svolgimento delle attività abitative dovrebbe essere chiaro, come si presume, si possa svolgere l'attività abitativa da parte dell'utente.

La semplificazione funzionalistica, l'utente medio o le categorie di utenza, è facilmente superabile teoricamente, ma non è così semplice ipotizzare la formulazione di un quadro di esigenze "richieste" senza definire un qualsiasi genere di utente; al tempo stesso è abbastanza improbabile lasciare aperta la proposta progettuale alla definizione di un utente di progetto con un progetto per l'utente.

Inoltre l'utente cambia nel tempo, o l'utente virtuale, colui a cui sarebbe orientata la progettazione iniziale, modifica le sue necessità o si viene a modificare completamente la composizione sociale o la "qualità" del destinatario seguente dell'abitazione.

Le attività materiali che si svolgono nell'abitazione sono quelle che necessitano l'uso di uno strumento, di un attrezzo, di un "mobile" o meglio di qualcosa che può essere spostabile nello spazio o di qualcosa che non può essere spostato nello spazio.

Ad esempio, si potrebbe ipotizzare che l'attività di cucinare piuttosto che l'attività della cura dell'igiene personale si debba svolgere in un punto fisso determinato dell'abitazione. Queste attività necessitano di essere localizzate anche perché hanno dotazioni impiantistiche che sarebbero troppo complesse rendere mobili, ma ad esempio l'attività di qualcosa che normalmente avviene in un'area definita dell'abitazione potrebbe essere anche svolta in un altro luogo, sempre o occasionalmente.

Le attività immateriali non necessitano di particolari attrezzature, alcune di queste sono dei comportamenti, o degli stati personali o delle azioni; ad esempio parlare tra due persone è un'attività che si può svolgere seduti, in piedi, vicino, lontano, tra due stanze, all'aperto, al chiuso.

Nelle nostre case noi abbiamo bisogno di uno spazio sociale nel quale ci si possa mettere in relazione con la nostra famiglia, con i nostri amici e spazi nei quali stare bene da soli.

Lo spazio buffer è lo spazio di mediazione, ovvero lo spazio che regola due attività, due ambienti differenti, due tempi differenti; è uno spazio in-between, fra due o più elementi spaziali, fisici, condizioni di tempo.

Nella progettazione bioclimatica lo spazio buffer regola due condizioni climatiche mettendole in relazione senza appartenere né all'una né all'altra.

Lo spazio in-between come lo spazio buffer può essere un "estensione" di un limite di uno spazio fisico, o di uno dei suoi limiti (termico, acustico, visivo, d'uso, ecc..).

Grazie alla presenza di questi luoghi si riesce a trovare una collocazione per diverse attività, anche discordanti tra loro, nella medesima unità elementare di spazio e creare così meccanismi di scambio dinamico per spazi destinate a determinate attività gestibili, non solo nello spazio, ma anche nel tempo.

1.4 - Flessibilità degli alloggi.

La flessibilità abitativa è un requisito ma anche uno strumento per ottenere la qualità degli spazi progettati, ovvero, la corrispondenza delle esigenze dell'utente alle prestazioni dello spazio.

L'unità abitativa deve essere in grado di mantenere inalterata nel tempo la qualità delle risposte alle richieste, indicate dagli utenti, di miglioramento delle capacità dell'alloggio di adeguarsi alle varie situazioni che il nucleo familiare si trova a vivere in rapporto all'evoluzione del gruppo di convivenza.

Tali esigenze, a fronte dell'aumento delle abitazioni di proprietà e del contrarsi del mercato e dell'affitto, sono definibili come richieste di trasformazione e di riqualificazione e/o di ricambio di un nuovo alloggio.

Il concetto di alloggio evolutivo è presente in molte ricerche progettuali di questo secolo.

Nella maggior parte dei casi la flessibilità dell'edificio residenziale si è concretizzata in proposte distributive, rivolte alla trasformazione dell'organizzazione dell'alloggio mediante l'utilizzo di elementi divisori mobili all'interno di un impianto strutturale autonomo.

Gli interventi sorti con l'obiettivo di realizzare alloggi flessibili hanno, però, sviluppato solo in parte le loro potenzialità di trasformazione, circoscritte in prevalenza a una serie di variazioni operate in fase iniziale di appropriazione dello spazio domestico, che non hanno poi subito ulteriori modifiche nel corso del tempo.

Il concetto di flessibilità dell'alloggio va oggi rielaborato rispetto al modello della "pianta libera" diffusosi negli anni Settanta, che proponeva un'immagine di abitazione in grado di consentire qualsiasi variazione distributiva, per orientarsi nella direzione di concentrare la ricerca di un uso flessibile su quegli spazi per i quali esistono reali richieste di variabilità d'uso o nel tempo, in relazione all'evoluzione del nucleo familiare e dei differenti ritmi del gruppo di convivenza.



Figura 1. Esempio di flessibilità abitativa :zona giorno/notte, Social Housing in Carabanchel



Figura 2. Esempio di flessibilità abitativa: zona chiusa/aperta, Void Space/Hinged Space Housing.

La flessibilità progettuale si può raggiungere in molteplici modi e gradi d'intensità in rapporto al contesto ed è necessariamente affiancata da una flessibilità di programmazione, vale a dire dall'intenzione degli organi deputati alla pianificazione di mantenere costante nel tempo il soddisfacimento delle esigenze degli utenti.

Essa, dunque, si attua attraverso la predisposizione di una serie di alloggi di diverso taglio, corrispondenti alle ipotizzabili esigenze dei futuri utenti, oppure, in modo più efficace, mediante la partecipazione attiva degli utenti nella fase di progetto.

La flessibilità, sinteticamente, si può distinguere in:

- flessibilità d'uso;
- flessibilità spaziale, interna ed esterna;
- flessibilità costruttiva;
- flessibilità tecnologica;
- flessibilità climatica.

La flessibilità d'uso indica la capacità dell'unità abitativa e dell'organismo edilizio di accogliere nel tempo necessità di utilizzo di variazioni delle attività dell'utente grazie all'utilizzo di sistemi o attrezzature disponibili nel sistema edilizio

La flessibilità spaziale è la capacità dello spazio di variare nella sua composizione interna ed esterna, permettendo aumenti o riduzioni di superficie o volume dell'ambiente costruito.

La flessibilità costruttiva è la capacità degli elementi singoli o di parti del sistema costruttivo di essere modificati, sostituiti senza modificare altre parti dell'edificio che non sono oggetto della variazione.

La flessibilità tecnologica è la capacità dei sistemi tecnologici, impiantistici e delle tecnologie applicate alla costruzione, di essere modificati nel tempo, di essere mantenuti e di essere sostituiti in tutto o in parte, senza che le opere coinvolgano altre parti dell'edificio.

La flessibilità climatica è la capacità dell'organismo edilizio di rispondere qualitativamente al variare delle esigenze conseguenti il variare delle condizioni climatiche di contorno.

In sintesi, il progetto della flessibilità è contenuto nel dna del progetto, difficilmente può entrare in seguito perché coinvolge tutti gli aspetti della progettazione del sistema edificio.

Considerando la flessibilità come variazione dello spazio nel tempo al variare delle esigenze, di fatto si tratta di definire condizioni dinamiche e di configurazione di uno spazio cinematico, ovvero di uno spazio che modifica le sue proprietà geometriche nel tempo.

1.5 - Il quadro delle esigenze.

Nel processo di progettazione la definizione delle esigenze nel suo complesso non può avvenire in fase di progetto che differentemente deve dare delle risposte spaziali a quelle esigenze. Le classi di esigenza dell'utenza finale nella normativa italiana sono definite dalla norma UNI 8289, il cui scopo è fornire la classificazione delle esigenze degli utenti del sistema edilizio e la loro definizione. Di seguito viene riportata la tabella relativa alla classificazione delle esigenze della norma UNI 8289.

UNI 8289 ESIGENZE DELL'UTENZA FINALE
<i>Classi di esigenze e relative definizioni</i>
Sicurezza Insieme delle condizioni relative alla incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in dipendenza da fattori accidentali, nell'esercizio del sistema edilizio.
Benessere Insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute e allo svolgimento delle attività degli utenti.
Fruibilità Insieme delle condizioni relative all'attitudine del sistema edilizio ad essere adeguatamente usato dagli utenti nello svolgimento delle attività.
Aspetto Insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti.
Gestione Insieme delle condizioni relative all'economia di esercizio del sistema edilizio.
Integrabilità Insieme delle condizioni relative all'attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi funzionalmente tra loro.
Salvaguardia dell'ambiente Insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovra-sistemi di cui il sistema edilizio fa parte.

Figura 3. Tabella relativa alla classificazione delle esigenze, norma UNI 8289.

La sintesi della tabella è sicuramente funzionale alla progettazione generica e comunque contiene tutti gli elementi fondamentali per la produzione di un programma abitativo che possa essere verificato con le norme correlate. La norma pur essendo prestazionale, non tratta la qualità dello spazio architettonico e la qualità delle relazioni che si instaurano nello spazio, ma essenzialmente definisce dei "contenitori" di esigenze, che possono essere utilizzati a seconda degli obiettivi di programma. Leggendo la definizione di "aspetto", troviamo che la fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti è un concetto che va oltre l'approccio funzionalistico dello spazio, e che lascia ampi spazi di interpretazione. In modo più chiaro la norma UNI 0050 definisce i requisiti che deve avere il sistema edilizio di riferimento alle esigenze.

Capitolo 1 - Edilizia Residenziale Pubblica in Italia

<i>Classe esigenziale</i>	REQUISITI del sistema edilizio e PRESTAZIONI	
	<i>Classe requisiti</i>	<i>Prestazioni assolte</i>
SICUREZZA Prevenzione dei danni e dei rischi, derivanti da fattori naturali e accidentali per salvaguardare le condizioni di salute e l'incolumità degli utenti	Sicurezza dagli incendi	Garantire la sicurezza contro i rischi di folgorazioni, scoppi, incendi.
	Sicurezza d'utenza	Garantire la sicurezza nei rischi di uso e manutenzione e nello svolgimento delle normali attività.
	Sicurezza strutturale	Garantire che eventi prevedibili non siano causa della riduzione della funzione portante degli elementi strutturali.
BENESSERE Adeguatezza del sistema edilizio alla vita, alla salute e allo svolgimento delle attività degli utenti	Benessere acustico	Controllare, regolare, e ridurre il livello di rumore all'interno degli ambienti.
	Benessere microclimatico	Assicurare le condizioni igrotermiche adeguate in funzione del clima, dell'orientamento, della variazione delle condizioni dinamiche e delle condizioni di uso e della tipologia di utenza.
	Benessere visivo	Controllo del livello di illuminazione degli spazi mediante sistemi di illuminazione naturale e/o artificiale e oscuranti.
	Controllo del fattore solare	Controllo del flusso di radiazione solare diretta in relazione alle condizioni bioclimatiche e alle necessità fisiologiche degli utenti.
	Benessere olfattivo	Garantire adeguate condizioni di qualità dell'aria ed eliminazione delle emissioni inquinanti interne.
	Isolamento termico	Assicurare un'opportuna resistenza alla trasmissione del calore in funzione delle condizioni climatiche esterne e di quelle interne.
	Tenuta e controllo degli agenti atmosferici	Assicurare un'opportuna resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici esterni.
FRUIBILITÀ Uso adeguato da parte dell'utenza del sistema edilizio per lo svolgimento delle proprie attività	Flessibilità	Attitudine degli spazi alla trasformabilità e a recepire variazioni delle esigenze dell'utenza nel tempo.
	Idoneità dimensionale	Attitudine di uno spazio a consentire, per le sue caratteristiche intrinseche formali e dimensionali, lo svolgimento delle attività a cui è destinato.
	Idoneità distributiva	Compatibilità delle soluzioni planimetriche e spaziali allo svolgimento delle attività degli utenti nelle migliori condizioni richieste.
	Arredabilità	Possibilità di posizionare agevolmente elementi di arredo in un ambiente per lo svolgimento delle attività a cui è destinato.
	Idoneità alle attività	Compatibilità tra le attività assegnate o riconosciute a spazi elementari o aggregazione di spazi fisici.
	Correlazione	Capacità di uno spazio elementare a mettersi in relazione con un altro spazio elementare e di una unità tipologica a mettersi in relazione con un'altra unità tipologica secondo le relazioni e i comportamenti che caratterizzano l'utenza e secondo le regole che governano i tipi edilizi.
	Aggregabilità	Capacità di uno spazio elementare ad essere aggregato con un altro spazio elementare e di una unità tipologica ad essere aggregata con un'altra unità tipologica secondo le relazioni e i comportamenti che caratterizzano l'utenza e secondo le regole che governano i tipi edilizi.

(Segue)

Capitolo 1 - Edilizia Residenziale Pubblica in Italia

Classe esigenziale	REQUISITI del sistema edilizio e PRESTAZIONI	
	Classe requisiti	Prestazioni assolte
	Accessibilità	Attitudine di uno spazio ad essere raggiungibile e praticabile in particolare da parte di utenti con ridotta o impedita capacità motoria e sensoriale.
	Visitabilità	Possibilità da parte di utenti con ridotta o impedita capacità motoria e sensoriale ad accedere e fruire di spazi di relazione (soggiorno, pranzo) di un bagno in ogni unità residenziale.
	Adattabilità	Predisposizione di uno spazio ad essere modificato nel tempo, con semplici e poco onerosi interventi, per renderlo completamente fruibile da parte di utenti con ridotta o impedita capacità motoria e sensoriale.
	Tranquillità e riservatezza	Fruizione ottimale degli spazi per quanto concerne la privacy acustica e visiva e la riservatezza degli utenti.
ASPETTO Aspetti spaziali, fisici, morfologici o tecnici adeguati al contesto e capaci di esprimere un'identità riconoscibile	Caratteri architettonici e decorativi	Esprimere precise caratteristiche fisico-linguistiche in funzione delle valenze morfologiche e dei contenuti simbolico-raffigurativi di parti ed elementi dell'ambiente antropico.
	Caratteri costruttivi	Idoneità tecnica dei materiali e delle tecniche costruttive in relazione con le caratteristiche morfologiche, tipologiche e architettonico-decorative.
	Caratteri tipo-morfologici	Riconosciuta ricorrenza di specifici caratteri comuni che riguardano: - aspetti strutturanti e organizzativi, - soluzioni planimetriche, morfologiche, tipologiche, - le destinazioni d'uso degli ambienti.
	Percezione degli spazi	Idoneità della conformazione e dell'organizzazione degli ambienti tale da consentire una valenza percettiva degli spazi (riferita al campo dell'esperienza sensibile degli individui) nel rispetto della compatibilità con le caratteristiche del contesto.
GESTIONE Amministrazione ed economia di utilizzo del sistema edilizio	Fattibilità economica	Competitività economica del prodotto edilizio.
	Manutenibilità	Mantenere a prestabilite condizioni di conformità i sistemi edilizi tra gli intervalli temporali degli interventi di manutenzione.
	Durabilità	Capacità dei materiali e del sistema edilizio nel suo complesso a mantenere inalterate nel tempo le proprie caratteristiche fisiche meccaniche, prestazionali, ecc.
INTEGRABILITÀ IMPIANTISTICA Possibilità di integrare funzionalmente agli oggetti e ai sistemi edilizi le parti impiantistiche	Affidabilità	Mantenere costante nel tempo la qualità degli spazi, dei sistemi edilizi e dei materiali costruttivi nelle normali condizioni di utilizzazione.
	Integrazione impiantistica	Capacità dei sistemi edilizi e dei sistemi impiantistici a integrarsi funzionalmente.
SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE - lo sviluppo delle tecnologie per migliorare la qualità ambientale e il comfort abitativo degli utenti - favorire uno sviluppo economico compatibile con l'equità sociale e il rispetto dell'equilibrio ambientale - un efficiente e razionale uso delle risorse per garantirne la conservazione della quantità e della qualità per le generazioni future	Biocompatibilità	Attitudine degli edifici a creare ambienti di vita biologicamente compatibili con l'utente.
	Ecosostenibilità	Attitudine ad inserirsi nell'ambiente con un impatto il più possibile contenuto in termini di consumi energetici, emissioni inquinanti, ecc.
	Controllo dei fattori inquinanti	Uso di materiali edilizi a basso impatto ambientale che non rilascino sostanze inquinanti e non creino effetti negativi sull'ambiente e sulla salute degli utenti.
	Ciclo di vita delle opere (LCA)	Controllo dell'impatto ambientale (emissioni di CO ₂ , energia grigia, ecc.) del ciclo di vita dei materiali e del sistema edilizio nel suo complesso dal processo produttivo iniziale del prodotto alla fase di riuso, riciclo e/o recupero o eventuale smaltimento.

Figura 3. Tabella dei requisiti del sistema edilizio, norma UNI 0050.

Capitolo 1 - Edilizia Residenziale Pubblica in Italia

Il rispetto dei requisiti non potrà sicuramente assicurare la qualità dell'architettura, ma lo strumento di analisi, verifica e controllo imposto dalle norme può sicuramente articolare la progettazione verso maggior rispetto delle esigenze in elenco, o ad essere propositiva per esigenze nuove. La classificazione è stata la struttura base per l'elaborazione di liste di requisiti di ecosostenibilità, contenute in diversi sistemi di valutazione, e di regolamenti edilizi.

1.6 - Tipologie di edilizie residenziali.

L'analisi spaziale delle percorrenze orizzontali e verticali negli edifici residenziali permette di evidenziare alcune peculiarità distributive che hanno diretta incidenza con l'installazione delle infrastrutture tecniche di cablaggio necessarie alla posa dei montanti principali verticali e delle tratte di piano orizzontali.

Possiamo ricondurre a livello generale le tipologie residenziali a sei schemi classici distributivi da cui si possono derivare con innumerevoli possibilità di ricombinazione a maggioranza degli edifici abitativi.

Le tipologie residenziali edilizie di base sono:

- Edificio in linea (a corridoio, a ballatoio);
- Edificio a torre;
- Edificio a schiera;
- Edifici a corte.

Per quanto concerne le tipologie edilizie residenziali risulta importante la collocazione della scala sul corpo di fabbrica dell'edificio in riferimento alla distribuzione degli alloggi, ai fini del discorso sulla predisposizione dei montanti verticali e delle relative tratte di piano in riferimento all'infrastruttura tecnica di cablaggio.

Gli edifici in linea sono costituite da aggregazioni "lineari" di unità immobiliare accorpate a due a due intorno a uno o più corpi scala e vano di distribuzione interno o esterno; qualora questo conducesse ad un lungo disimpegno di molte unità l'edificio è "a corridoio", se invece la distribuzione è tramite un percorso esterno è "a ballatoio". La lunghezza dell'organismo edilizio è maggiore dell'altezza, i piani generalmente non vanno oltre i tre fuori terra e la profondità del corpo fabbrica è variabile.

In questo contesto risulta abbastanza agevole predisporre i montanti verticali nell'atrio anche di non eccessive dimensioni. Le tratte orizzontali di derivazione dai montanti verticali, nel pianerottolo, avranno una lunghezza ridotta così come le tracciature da effettuare sui muri fino alla scatola di derivazione in prossimità della porta di ingresso.

L'edificio a torre è l'edificio con l'altezza maggiore della lunghezza, con uno o più corpi scala e ascensori, normalmente isolato può distribuire da un unico grande alloggio fino a sei alloggi, di cui due mono-affaccio. Nei casi standard gli alloggi saranno due o quattro serviti da una scala centrale non necessariamente baricentrica. Lo sviluppo delle pareti dell'atrio dovrà agevolmente poter contenere i necessari montanti. Le tratte di piano risultano ridotte come lunghezza. In caso di torri molto alte è opportuno lo studio di cavedi tecnologici multiservizi per tutti gli impianti.

Gli edifici a schiera e unifamiliari normalmente sono caratterizzati da abitazioni con accesso diretto sul fronte stradale, dal quale è separata da un giardino o uno spazio privato di competenza, normalmente dotata di un giardino anche sul retro, l'unità immobiliare è accostata lateralmente ad altre simili o identiche disposte in serie, le aperture sono rivolte su due fronti e l'altezza è normalmente di almeno tre piani; il locale tecnico e/o centralina dipartono direttamente le distribuzioni degli impianti elettrici, di telecomunicazione, domotici.

La tipologia di edifici a corte è composta da uno o vari corpi di fabbrica disposti a quadrato o a rettangolo con un vuoto centrale che è utilizzato al piano terra per attività residenziali, la distanza tra i corpi fabbrica deve essere tale da consentire l'illuminazione naturale e la ventilazione degli ambienti rivolti verso la corte; gli edifici possono avere altezze differenti ma sono pluripiano con diversi corpi scala e ascensori per la distribuzione verticali a vari livelli. La variante è rappresentata dalla corte aperta verso l'esterno.

1.7 - Un ulteriore approfondimento...

Un ulteriore approfondimento sulla conoscenza e sul significato della Social Housing all'interno del nostro territorio, e delle componenti che creano un'architettura nuova e un modo di progettare innovativo è dato da un intervento dell'architetto palermitano Mario Cucinella, sensibile a questa tematica, dove spiega i punti cardini e le linee guida da seguire, attraverso un progetto modello di riqualificazione urbana in uno storico quartiere di edilizia popolare.



“Non bisogna più costruire tanto quanto abbiamo fatto in passato ed è necessario ristrutturare il patrimonio esistente. Se non facciamo così non riusciremo a contenere l'inquinamento e i costi legati allo sfruttamento delle risorse”

Mario Cucinella, architetto

Di seguito viene riportato un articolo scritto nell'ottobre 2011 dalla piattaforma multimediale internazionale Wise Society a seguito di un incontro con l'architetto.

“Stop al consumo di suolo, sì al recupero del patrimonio di case popolari e alle costruzioni in housing sociale che crescono sui tetti. A Milano, con l'intervento nel quartiere storico e degradato dell'Aler (Azienda lombarda per l'edilizia residenziale) di via Russoli, nella periferia del capoluogo lombardo, Mario Cucinella fa tris e centra tre obiettivi in un solo progetto: realizzazione di abitazioni per i giovani universitari, recupero e adeguamento alle nuove prestazioni di efficienza energetica del patrimonio residenziale esistente, rigenerazione e riqualificazione urbana. Vincitore del concorso pubblico lanciato dall'Aler per la riqualificazione delle quattro torri da otto piani ciascuna e l'ampliamento della superficie di circa 3.500 metri quadrati, Cucinella ha puntato sul concetto di “mixité” (la capacità di rigenerare insediamenti urbani integrando diverse funzioni e altrettante fasce sociali): alla riqualificazione energetica e al ridisegno degli spazi comuni interni ed esterni agli edifici si è affiancata la costruzione di residenze per studenti universitari. Collocate sulle coperture delle torri con una vista grandiosa sulla metropoli, le nuove residenze per circa cento studenti (edificate utilizzando sistemi costruttivi prefabbricati di legno) si sviluppano con due diverse tipologie: il microvillaggio con piccole unità abitative indipendenti di forme e dimensioni diverse, e una costruzione più compatta sul modello dell'albergo, dove gli alloggi sono distribuiti attorno a un nucleo centrale. Tutto con una buona dose di verde. Il tornaconto, per Aler e i suoi inquilini, è moneta sonante. A fine intervento (i cantieri apriranno a primavera 2012), le “nuove” case Aler frutteranno all'ente 71mila euro

l'anno di ricavo applicando gli incentivi del Conto Energia; gli edifici esistenti avranno classe energetica B e consumeranno il 50 per cento in meno di energia primaria per il riscaldamento invernale (grazie al rifacimento integrale degli involucri esterni e dei serramenti), mentre i nuovi sopralzi saranno in classe A. I Inoltre 1.500 metri quadrati di superficie di pannelli fotovoltaici copriranno la metà del fabbisogno di elettricità delle abitazioni realizzate ex novo e abatteranno le emissioni di CO2 di 108 tonnellate/anno. L'uso del verde sulle coperture degli spazi di collegamento comuni al piano terra contribuirà, infine, al raffreddamento passivo riducendo l'effetto "sola di calore" nei mesi estivi.

Con questa esperienza di riqualificazione nasce un progetto-modello per un nuovo approccio alla città e alla sua trasformazione?

Tutto è partito da un'esigenza molto importante: il ripristino della qualità e della salubrità delle torri, che a quarant'anni dalla costruzione avevano raggiunto un livello elevato di decadimento, aggravato dalla presenza di pannelli di amianto. Dalla riqualificazione di questo patrimonio è quindi stata colta l'occasione per realizzare una residenza per studenti. Nello stesso tempo per queste case, nelle quali si sono insediate negli anni vere e proprie comunità, la riqualificazione è un'azione edilizia e anche sociale: l'inserimento degli universitari nel contesto generale ha suscitato entusiasmo fra gli abitanti e il loro arrivo creerà una nuova mixité nell'intero insediamento. Ma non solo. Gli edifici acquisiranno anche una nuova dignità e un valore di immagine. Case riqualificate, sane e a risparmio energetico che potranno in qualche modo risarcire gli abitanti storici del quartiere per un lungo disagio e una situazione degenerata negli anni.

Il progetto prevede, fra l'altro, la costruzione di minivillaggi pensili e il ridisegno anche funzionale degli spazi comuni. Come cambierà il modo di abitare lo spazio?

L'idea di una riqualificazione totale è piaciuta molto agli abitanti, soprattutto per gli spazi al piano terra pensati fin dall'inizio per un uso comune ma da sempre, invece, inutilizzati. Da parte loro è stata forte l'esigenza di "sentire" che questo spazio fosse rimesso finalmente in gioco, il progetto lo recupera a un uso destinato in parte alla ricollocazione di appartamenti e in parte a spazi comuni al servizio degli studenti. Alla scala urbana il ruolo del piano terra è fondamentale perché con un percorso comune lega fra loro le quattro torri in un solo complesso. Un principio di unitarietà che abbiamo ribadito con il rifacimento delle pavimentazioni esterne, la creazione di micro-piazze e giardini e la manutenzione degli orti urbani.

Perché avete scelto di utilizzare un sistema di prefabbricazione in legno?

Innanzitutto per un fattore tecnico: il legno, materiale più leggero del cemento, ci ha consentito di realizzare velocemente due piani al di sopra gli edifici esistenti senza incidere sul peso a carico delle strutture, con importanti prestazioni strutturali e di comfort abitativo. In più questo materiale ha il grande vantaggio di trattenerne CO2 e quindi di contribuire a ribilanciarne le quote in atmosfera e combattere l'inquinamento.

Quali sono i problemi legati all'attuazione di un intervento come quello avviato con Aler a Milano?

Il primo è legato alla cartolarizzazione degli immobili che ha frammentato la proprietà edilizia: se non c'è una proprietà pubblica omogenea come in questo caso, che si faccia carico del varo di un'azione sociale di questa portata, dei lavori e dei relativi costi, si rischia l'impossibilità di intervenire.

E i vantaggi?

Un progetto di queste dimensioni mette in moto un importante meccanismo di microeconomia, e nel contempo si fa portatore di un messaggio chiaro: non bisogna più costruire tanto quanto abbiamo fatto in passato ed è necessario ristrutturare il patrimonio esistente. O mettiamo le mani sull'edilizia già costruita o non riusciremo a contenere l'inquinamento e i costi legati allo sfruttamento delle risorse. Solo in questo modo i temi dell'energia e della sostenibilità hanno un senso. E si tratta del 90 per cento di quello che è stato costruito.

Cosa pensa degli interventi radicali di demolizione e ricostruzione che recenti dispositivi di legge iniziano a recepire in chiave operativa?

L'apertura alla possibilità di demolire e ricostruire è uno strumento giusto per cercare di dare vita a un meccanismo virtuoso nella riqualificazione urbana, ma parlando di interventi per l'housing sociale bisogna usare qualche cautela. Se pensiamo ai problemi legati alla rimozione e allo smaltimento dell'amianto, alla necessità di sostituire impianti tecnologici a rischio oppure serramenti vecchi e non efficienti per risparmiare energia, demolire sembra l'operazione più semplice. Il problema è ricollocare le famiglie che ci vivono. Oggi si parla di housing sociale solo in termini di chilowattora e consumi energetici ma dentro gli edifici soggetti a questo tipo di interventi risiedono persone e famiglie da 30-40 anni. In questi quartieri si sono radicate comunità con le quali si deve dialogare e spiegare loro il cambiamento in atto, con adeguati strumenti di comunicazione. Dobbiamo fare i conti con questa complessità e non con una questione legata solo ai metri cubi o al numero di alloggi. Demolire un quartiere fatiscente non deve essere l'occasione per demolire una comunità.,,

a cura di Alessandra Manetto, 12 Ottobre 2011

Wise Society

Capitolo **2**

Il progetto EASEE

2.1 - La prefabbricazione di elementi in calcestruzzo.

Le tecniche di prefabbricazione in calcestruzzo consentono la realizzazione di manufatti di forma, dimensioni, peso e caratteristiche meccaniche diversi a seconda delle funzioni da svolgere nell'ambito del sistema tecnologico dell'edificio. I fattori che negli anni hanno inciso sul settore produttivo della prefabbricazione in cls riguardano la morfologia dei componenti, le tecniche produttive e di montaggio, la modularità degli elementi ed i sistemi di integrazione.

I sistemi di prefabbricazione in cls possono essere distinti essenzialmente in sistemi chiusi, caratterizzati da un insieme di componenti prefabbricati, anche di grandi dimensioni, compatibili fra loro, in grado di consentire la riproducibilità dei manufatti edilizi, e sistemi aperti, definiti da componenti singoli prodotti industrialmente che, opportunamente combinati, consentono una maggiore flessibilità e versatilità delle scelte progettuali. Il tipo di prefabbricazione si può suddividere in pesante, riferita alla produzione di pannelli di grandi dimensioni o cellule tridimensionali, e leggera, contraddistinta da componenti più piccoli e più maneggevoli nei trasporti.

I processi produttivi degli elementi in cls prefabbricato fanno riferimento ad impianti complessi, capaci di sfruttare tutti i vantaggi di una produzione meccanizzata di tipo industriale, in grado di controllare il dosaggio di cemento, aggregati, additivi, acqua ed il successivo impasto, determinandone la qualità, secondo i requisiti di ciascun tipo di componente ed utilizzando tecniche differenti.

I componenti prefabbricati in cls possono essere distinti in base alla funzione ed alle caratteristiche prestazionali. I più comuni sono:

- componenti per strutture portanti (plinti, pilastri, travi, travetti, pannelli, lastre) che formano l'ossatura dell'edificio il cui completamento può avvenire con tecniche tradizionali (getti integrativi) o con altri elementi prefabbricati;
- componenti per chiusure verticali (pannelli monostrato, pluristrato, sandwich ecc.) che svolgono la funzione di tamponamento e si agganciano alla struttura portante. Possono essere di dimensioni variabili (larghezza da 1,20 a 3 m, altezza da 3 m fino ad un massimo di 6 m e spessore da 25 a 5 cm a seconda della tecnica produttiva) e presentano bordi conformati sia verticalmente che orizzontalmente per favorirne la giunzione (a maschio e femmina). I giunti possono essere completati con sigillanti elastomerici;
- componenti per partizioni orizzontali che possono essere impiegati con maggiore libertà poiché devono rispondere solamente a funzioni portanti, non pongono problemi di scelte formali;
- componenti per strutture di copertura, possono essere normali pannelli di solaio impiegati per coperture piane o inclinate.

Capitolo 2 - Il Progetto EASEE

Facendo riferimento alla tecnologia produttiva, si può fare un quadro descrittivo a seconda del tipo di manufatto che si vuole ottenere e delle funzioni per la quale è impiegato. La produzione di elementi prefabbricati può avvenire mediante:

- vibrocompressione, sono prodotti i pannelli di tamponamento prefabbricati,
- precompressione, per la fabbricazione di manufatti in cls armato che devono soprattutto sottostare a sforzi di trazione e flessione. La precompressione può essere realizzata con un sistema di pre-tensione, usato prevalentemente per elementi strutturali orizzontali, e con un sistema di post-tensione, utilizzata nell'esecuzione di opere che richiedono l'impiego di elementi di notevoli dimensioni.
- centrifugazione, usata per ottenere manufatti in cls molto compatti e resistenti come ad esempio tubi, pali, canalette, ecc..
- tecniche di spalmatura, con questi sistemi sono prodotti i prefabbricati più evoluti, costituiti da cls fibrosi. Le tecniche di spalmatura possono essere diverse, a seconda del materiale fibroso che viene utilizzato, ovvero a seconda che nella matrice cementizia siano distribuite fibre di acciaio, di vetro, o polimeriche.

Le soluzioni più significative sono quelle relative a soluzioni costruttive che impiegano sistemi di facciata appesi, agganciati direttamente alla struttura portante dell'edificio e che svolgono funzione di tamponamento e di finitura.

I motivi principali che hanno determinato il relativo successo della chiusura verticale industrializzata sono di natura tecnica, pratica ed economica in quanto la messa in opera risulta essere veloce e di semplice assemblaggio oltre al fatto che il tutto è garantito da una precisione derivante dalla fabbricazione industriale. Un ulteriore importante vantaggio che offrono riguarda l'eliminazione dei ponti termici, e nel caso del pannello Easee, può inglobare uno strato di isolamento termico nella tipologia a "sandwich", che garantisce il comfort termico.

E' preferibile in queste situazioni avere le due lastre in cls superficiali indipendenti, al fine di non trasmettere all'interno i movimenti che la lastra subisce per effetto, principalmente, delle dilatazioni termiche, azioni del vento, assicurandole tra loro mediante staffe in acciaio inossidabile.

2.2 - L'iniziativa europea.

Il progetto europeo EASEE - *Envelope Approach to improve Sustainability and Energy efficiency in Existing multi-storey multiowner residential buildings*, ha come obiettivo primario lo sviluppo di un sistema integrato di soluzioni per il recupero efficiente di facciate di edifici esistenti multi-piano e pluri-proprietà. Per affrontare la questione, il progetto mira ad essere un processo progettuale integrato, unendo strategie evolute di analisi e rilievo dell'esistente con lo sviluppo di strategie innovative di intervento, inseguendo l'obiettivo della riduzione di energia richiesta dagli occupanti dell'edificio.



Figura 1. Logo progetto EASEE.

Il progetto presenta linee guida ben precise, le caratteristiche principali sono:

- prefabbricazione, impiego di elementi modulari prefabbricati;
- sistemi costrutti e di assemblaggio a secco;
- materiali isolanti performanti;
- messa in opera senza l'utilizzo di ponteggi;
- miglioramento del comfort termico.

Il progetto EASEE tenta quindi di rispondere al problema della domanda di energia da parte di certa edilizia, proponendo soluzioni che riducano le tempistiche per il retrofitting energetico ottimizzando le attività di cantiere e, allo stesso tempo, che creino nuove opportunità di business all'interno del settore del recupero e dell'efficienza energetica, facendo collaborare tramite contratti di licenza imprese e istituti di ricerca, come il Politecnico di Milano.

Gli edifici per i quali è stato pensato, sono tutti quegli immobili residenziali all'interno del territorio europeo costruiti prima del 1975, caratterizzati da sistemi costruttivi molto simili (muratura a cassa vuota) e l'assenza, totale o parziale, di qualsiasi tipo di coibentazione termica.

EASEE opera attraverso un approccio olistico basato su soluzioni tecniche innovative che pone come risultato una notevole riduzione della domanda di energia attraverso tre livelli di intervento; il retrofitting energetico infatti avviene sull'involucro, dall'esterno tramite la coibentazione degli elementi prefabbricati, all'interno con i prodotti di rifinitura innovativi e isolamento nell'intercapedine.

Per ciascuna strategia di intervento, vengono poi valutati non solo gli aspetti tecnici per la progettazione, ma anche i parametri dei costi e della manutenzione nel ciclo di vita dell'edificio recuperato.

A livello economico, il progetto EASEE mira ad avere un forte impatto come a livello energetico: tra gli obiettivi del progetto infatti c'è anche quello di incentivare lo sviluppo di soluzioni innovative ed efficienti nel settore del recupero nel mercato delle costruzioni.

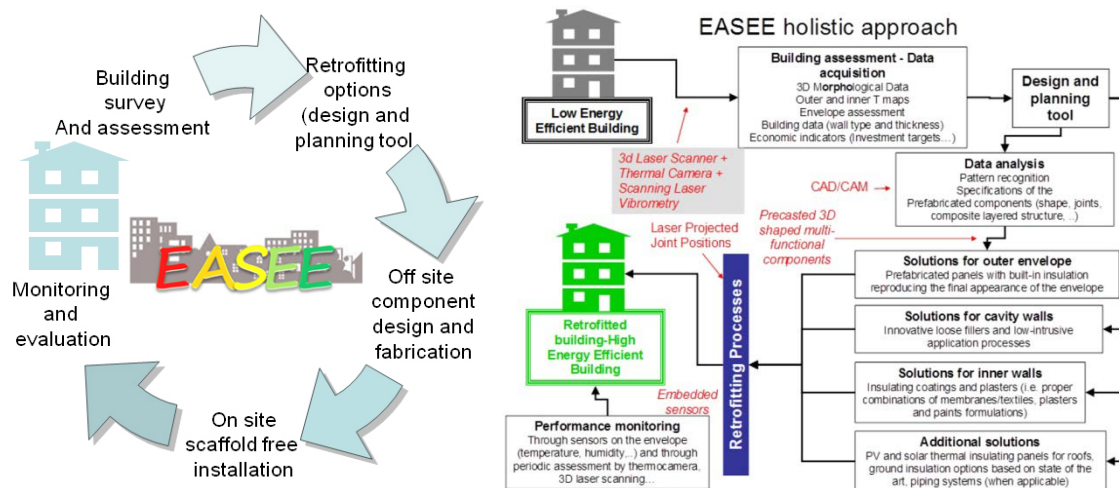


Figura 2. Schema di intervento e approccio olistico del progetto EASEE.

Il progetto EASEE è stato lanciato nel marzo 2012, nei primi due anni, per ogni singola strategia di intervento, sono stati studiati i materiali da impiegare, le tecnologie, le soluzioni e i componenti necessari; sono stati effettuati test su prototipi e sono stati definiti i requisiti che le soluzioni avrebbero dovuto superare.

Inoltre sono state fatte delle simulazioni su edifici esistenti in vari Paesi Europei e in Italia. Il primo caso studio italiano è stato eseguito del Politecnico di Milano, il *Test Facades*, è un'applicazione pratica dei risultati di progetto; il progetto è stato eseguito con l'installazione di prototipi su una facciata di uno degli edifici del polo, al fine di misurare e valutare le prestazioni in un ambiente reale "controllato". In particolare, sono stati installati prototipi per la riqualificazione interna e nella cavità della parete, mentre il processo di retrofitting esterno consiste nell'installazione di 13 pannelli in facciata di diverse trame e colori ed installati senza l'utilizzo di impalcature.

I dati manifestano un immediato miglioramento a causa della soluzione sviluppata in termini di trasmittanza termica del muro. Dai risultati e le foto termiche è emerso che i pannelli prefabbricati attenuano il flusso di calore riducendo le perdite di energia e minimizzando i ponti termici. In particolare, secondo la campagna di monitoraggio eseguita, è stata trovata una diminuzione del valore di trasmittanza del 68.88%.

Inoltre, a causa dell'inerzia termica dei pannelli, la soluzione esterna ha permesso di ridurre la temperatura dell'aria ambiente interno durante l'estate. Così, la facciata test è stato in grado di rallentare la velocità con cui il sole riscalda lo spazio ufficio.

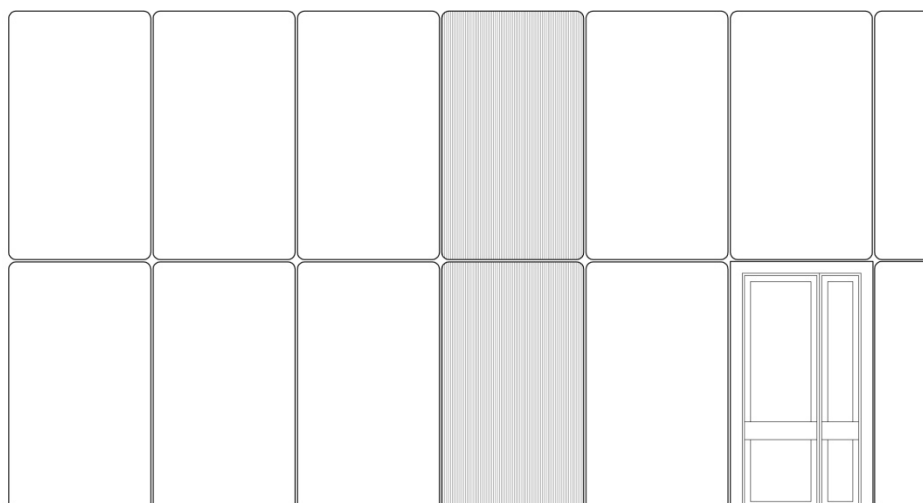


Figura 3. Prospetto del Test Facades a Milano.



Figura 4. Collage di foto: Installazione Test Facades a Milano.



Figura 3. Dettagli dei Pannelli EASEE nella Test Facades a Milano.

Di recente realizzazione, è stato interamente adattato il progetto ad un edificio residenziale multipiano a Cinisello Balsamo (MI), di proprietà dell'Aler, installando 186 pannelli EASEE aventi diverse texture di diversi tonalità, per un totale di 28 tipologie. La parete dell'edificio, a differenza della configurazione iniziale, ha subito una riduzione del 67% di trasmittanza termica. Questo dato è traducibile in riduzione di consumo energetico e maggior comfort termico, la combinazione tra massa termica e isolamento termico ha consentito di ridurre la differenza di temperatura tra ambiente esterno e ambiente interno.



Figura 4. Realizzazione dell'intervento a Cinisello Balsamo.



Figura 5. Collage di foto : Fasi realizzative dell'intervento a Cinisello Balsamo.

2.3 - Il Pannello EASEE.

Come detto precedentemente, La strategia di retrofitting energetico tramite l'impiego di pannelli prefabbricati esterni permette di raggiungere buone prestazioni di isolamento sia a livello termico che acustico, risolvendo il problema dei ponti termici.

Il pannello così concepito permette il recupero dell'involucro dell'edificio senza la demolizione o il rifacimento di alcuna parte dell'edificio: infatti l'intervento consiste semplicemente nell'installazione dei pannelli innovativi sulle facciate dell'edificio, come se si andasse a rivestire l'edificio con una seconda pelle.

Il Pannello è composto da un doppio rivestimento in TRC, Textile Reinforced Concrete, cemento fibrorinforzato, di 12 mm ciascuno, e uno strato di isolante sintetico EPS, Polistirene Espanso Sintetizzato posto tra i due strati di TRC.

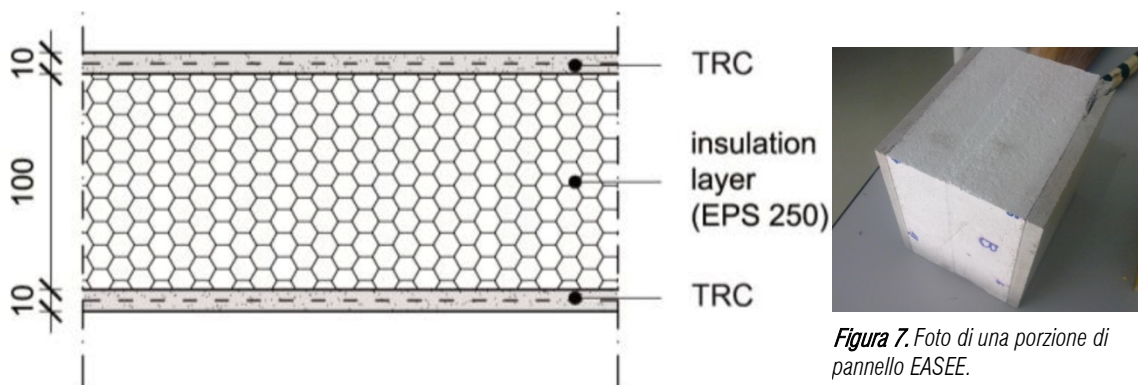


Figura 6. Stratigrafia del Pannello EASEE.

Figura 7. Foto di una porzione di pannello EASEE.

2.3.1 - I componenti.

TRC - Textile Reinforced Concrete.

Il cemento armato tessile, Textile-Reinforced Concrete (TRC) è un tipo di cemento armato in cui l'usuale acciaio barre di rinforzo viene sostituito da materiali in fibre tessili. Questa tecnica utilizza una "gabbia tessuto" all'interno al posto di utilizzare la tradizionale gabbia metallica all'interno dello stesso.

Il TRC è un materiale composito, a base di cemento rinforzato con tessuti a fibre che permettono ai progettisti di ottenere strutture sottili e leggere caratterizzati da una elevata resistenza a trazione.

Infatti, i principali vantaggi di questo materiale composito derivano appunto dalla possibilità di orientare il rinforzo lungo la direzione degli sforzi di trazione, quindi avere la capacità di carico bi-assiale.

I tessuti di rinforzo possono essere realizzati in carbonio, amide o in fibra di vetro alcali-resistente; quest'ultimo tipo di rinforzo è il più ampiamente utilizzato per il suo buon rapporto resistenza/costo, anche se l'alcalinità cementizia può influenzare il comportamento meccanico del composito. Da sperimentazioni si

è osservato che la diminuzione della durezza con crescente alcalinità dipende principalmente dalla formazione di fasi solide in tessuto-matrice interfaccia, piuttosto che sul deterioramento del tessuto di vetro. I campi di applicazione di questo materiale composito includono sia nuova strutture ed edifici esistenti e, in particolare, per pannelli multistrato prefabbricati.

La durabilità è l'aspetto essenziale quando si trattano le tematiche riguardo la struttura dei materiali, ed essendo che il TRC è un materiale strutturale, la sua durata deve essere garantita così come deve essere garantito il mantenimento della risposta meccanica per tutto il suo ciclo di vita.

Diversi ricercatori hanno sviluppato modelli di durabilità per quantificare la perdita di resistenza dei compositi tessili rinforzati in funzione dei problemi di degrado e condizioni atmosferiche (umidità e temperatura), altri invece si sono concentrati sull'effetto della composizione della matrice (cinetica di idratazione e alcalinità) sulla durabilità del TRC osservando che una matrice ridotta di alcali dimostra ottime prestazioni anche quando si è esposti all'invecchiamento accelerato. Quando lo strato di TRC è esposto ad un ambiente esterno, può essere oggetto di attacchi di cicli di gelo-disgelo e la sua durata può ridursi.

EPS - Polistirene Espanso Sinterizzato.

Il polistirene è il polimero dello stirene, aromatico termoplastico dalla struttura lineare. A temperatura ambiente è un solido vetroso; al di sopra della sua temperatura di transizione vetrosa, circa 100 °C, acquisisce plasticità ed è in grado di fluire. Il polistirene espanso si presenta in forma di schiuma bianca leggerissima, spesso modellata in sferette, e viene usato nel campo dell'edilizia per sistemi di isolamento nella sua forma sinterizzata.

L'EPS ha generalmente massa volumica compresa tra i 10 e 40 Kg/mc, una conducibilità termica ridotta che le conferisce un'ottima efficacia come isolante termico, è traspirante, permeabile al vapore acqueo ma non all'acqua, quindi dotato di una notevole resistenza alla diffusione del vapore.

Dal punto di vista meccanico, i pannelli sono robusti e in grado di assorbire gli urti, ha una buona resistenza agli agenti chimici e questo, non marcisce, non è tossico, e inoltre possiede un buon comportamento al fuoco in quanto è un materiale a ritardata propagazione di fiamma e autoestingente.

È un materiale estremamente versatile, può essere fabbricato in svariate forme e dimensioni oltre a essere compatibile con la maggior parte di materiali usati in edilizia; la sua durata, in termini prestazionali, è illimitata in quanto ha la caratteristica di essere riciclabile al 100%.

2.3.2 - Sistema di supporto per il fissaggio.

Lo strato in EPS, oltre essere tagliato nelle dimensioni utili alla realizzazione del pannello, è sagomato in modo da ospitare nei lati inferiore e superiore il supporto per il fissaggio: una scatola in cemento ad alta resistenza (UHPFRC – Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete) che ha il compito di ospitare il

perno del sistema di ancoraggio alla parete e il gancio per la movimentazione del pannello in cantiere. Per venire incontro alle tolleranze, inevitabili in fase di progettazione e salvifiche in fase di montaggio, il foro che ospiterà il perno di ancoraggio è costituito da un'asola al cui interno è ospitato un sistema a ghigliottina: questo permetterà di avere più agio in cantiere durante il montaggio dei pannelli.

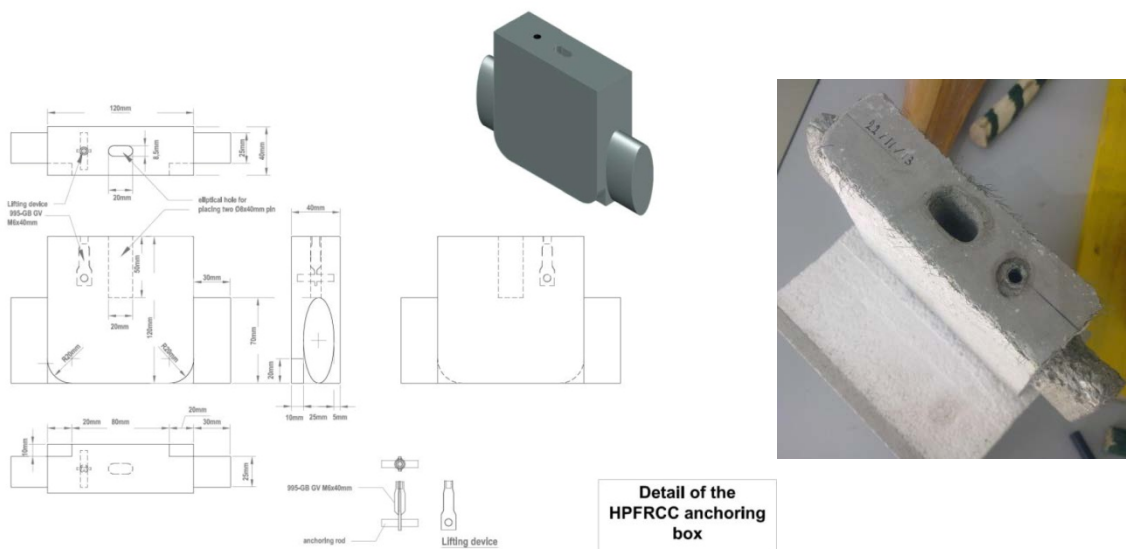


Figura 6. Supporto per il fissaggio del pannello EASEE : Scatola in cemento ad alta resistenza.

Con questo sistema di supporto e la posizione delle scatole, i pannelli sono collegati tra di loro in senso verticale.

Una volta avvenuto il getto del TRM, la scatola verrà integrata uniformemente con quest'ultimo e il pannello risulterà come un elemento unico costituito da uno strato in cemento fibro-rinforzato intorno ad un'anima in EPS.

2.3.3 - Sistema di ancoraggio.

Il sistema di ancoraggio a parete è realizzato in acciaio inox e permette due tipi di regolazione: una dedicata alla sua altezza sulla parete grazie all'asola, un'altra relativa alla distanza del perno di supporto dalla parete garantita dal sistema a vite estensibile (la dimensione minima garantita dagli ancoraggi è di 5,5 cm).

Questa caratteristica è fondamentale per il posizionamento ottimale del pannello: infatti il sistema pannello-ancoraggio è pensato per mantenere separato il pannello dalla parete su cui viene montato, andando a formare in questo modo un'intercapedine d'aria, che, se ferma, realizza un'ulteriore contributo isolante all'edificio. Quest'ultima è variabile, principalmente a causa dei fuori piombo delle diverse pareti: la nuova facciata, costituita dai pannelli, andrà a ridefinire l'involucro correggendo i fuori-piombo delle pareti esistenti. In funzione dello spessore d'intercapedine che si vuole creare si usano profili diversi.

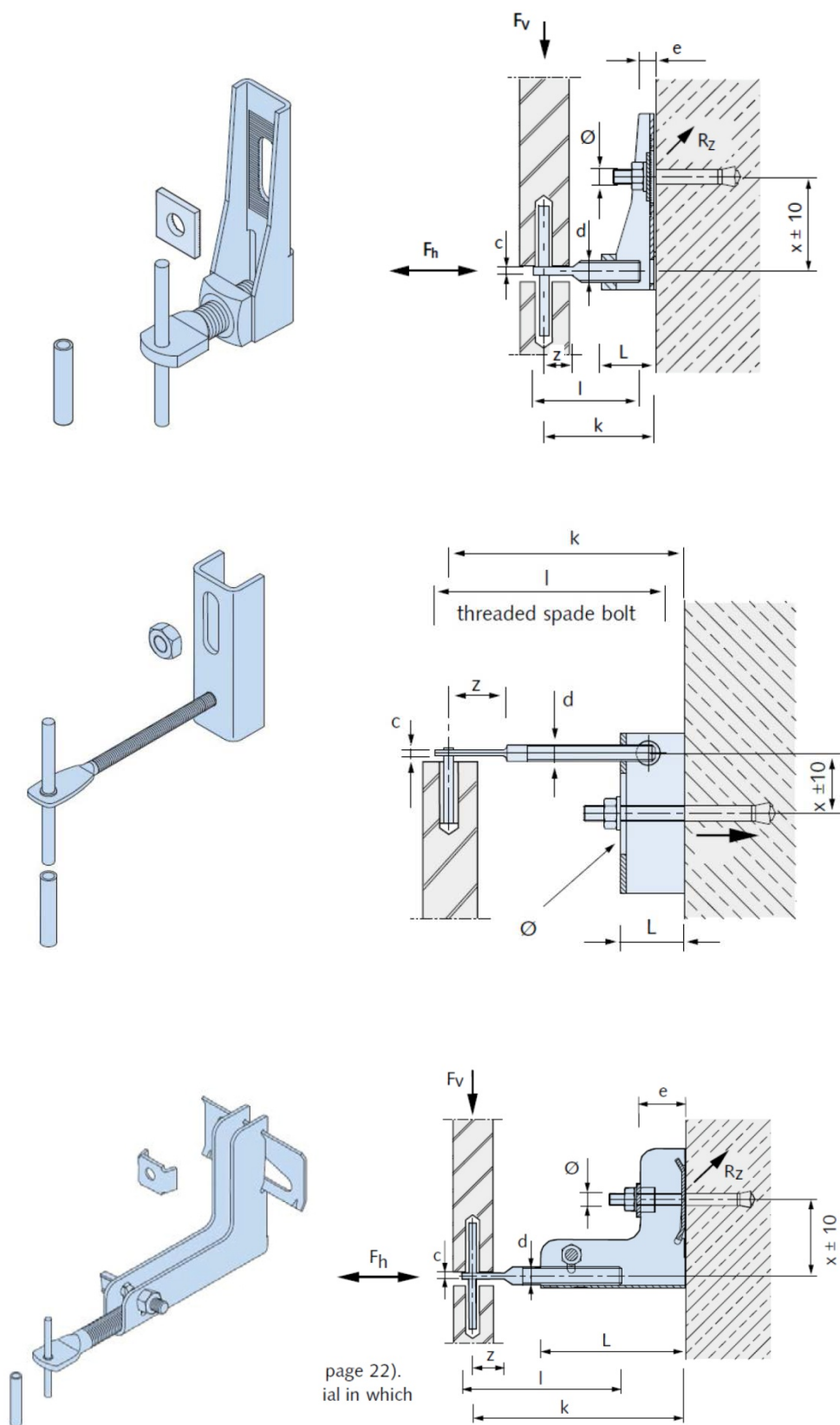


Figura 7. Sistemi di ancoraggio a parete.

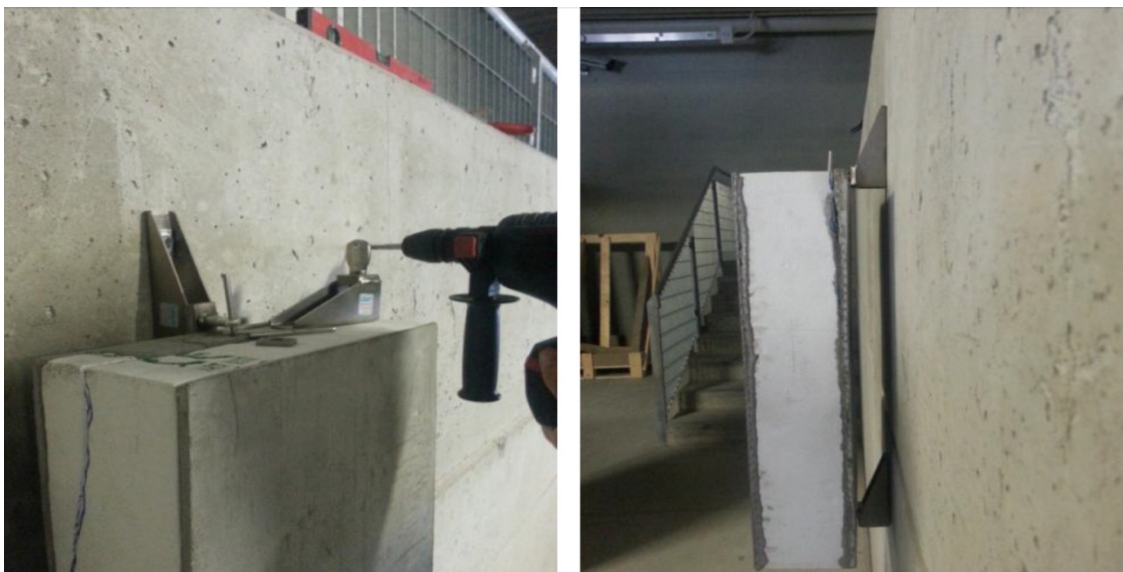


Figura 8. Modalità di affissione mediante i sistemi di ancoraggio a parete

2.4 - Prova a flessione della trave sandwich.

In questo paragrafo verrà descritta una prova sperimentale sul pannello per caratterizzarne i comportamenti meccanici. La prova a flessione è stata condotta dal Politecnico di Milano, dai docenti ing. Marco di Prisco, Isabella G. Colombo, Matteo Colombo.

Il principale obiettivo del lavoro è quello di caratterizzare meccanicamente il pannello descritto. La ricerca è stata sviluppata a vari livelli: quello del materiale, quello sezionale e quello strutturale. Il comportamento del TRC in trazione era già stato analizzato considerando sia condizioni standard, sia condizioni estreme: si è pertanto concentrata l'attenzione sul comportamento sezionale del travetto composito. Indagando la flessione con pannelli sandwich di dimensioni 55x15 cm e 120x30 cm. In parallelo sono state condotte alcune simulazioni numeriche validate con i risultati sperimentali.

2.4.1 - Descrizione dei provini e procedura di prova.

Il pannello proposto è caratterizzato da due strati strutturali dello spessore di 10 mm realizzati in calcestruzzo rinforzato con rete in fibra di vetro (Textile Reinforced Concrete, TRC) connessi da uno strato di isolante in polistirene espanso (EPS) dello spessore di 100 mm. Il TRC è ottenuto rinforzando una malta ad alta resistenza con una rete in vetro Alkali-Resistente, prodotta con la tecnica "Leno-weave"

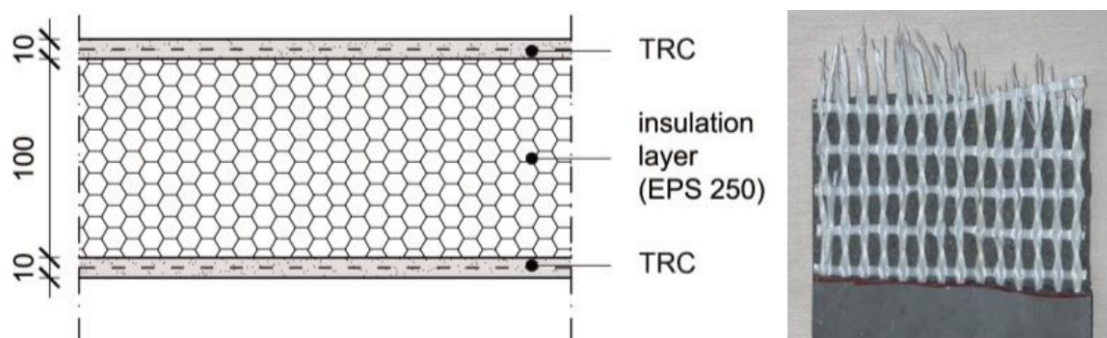


Figura 9. Sezione corrente della trave sandwich (a sinistra). Provino in TRC (a destra)

La matrice utilizzata è caratterizzata da un rapporto acqua/legante pari a 0.225 e da un rapporto superfluidificante/cemento pari al 9.3%. La dimensione massima degli aggregati è pari a 1 mm. Queste caratteristiche garantiscono una buona fluidità, con conseguente buona aderenza fra matrice e rete e la possibilità di gettare la malta in pressione. Si è utilizzata la tecnica di getto in pressione dal basso verso l'alto al fine di minimizzare la presenza di vuoti nella malta e di aumentare l'aderenza fra gli strati di TRC e lo strato di EPS, dal momento che il trasferimento del taglio fra gli strati esterni in TRC è affidato all'interfaccia matrice/EPS senza l'interposizione di alcun adesivo. La matrice è caratterizzata da una

resistenza a trazione per flessione (f_{ctf}) pari a 13.5 MPa e da una resistenza a compressione (f_{cc}) pari a 73 MPa.

La rete utilizzata come rinforzo, le cui caratteristiche geometriche e meccaniche sono raccolte in Tabella 2, è stata selezionata in seguito a un'indagine volta a ottimizzare la prestazione in termini di duttilità e resistenza del composito in TRC, l'aderenza fra matrice e rete e lo scorrimento dei filamenti interni. Le variabili considerate nell'indagine preliminare sono state: la geometria della rete (distanza dei fili di ordito e di trama e loro rispettiva sezione), tessitura della rete e appretto della stessa. Il polistirene espanso utilizzato è commercialmente conosciuto come EPS250 ed è caratterizzato da una resistenza a compressione pari a 0.25 MPa (al 10% di deformazione) e da una conduttività termica pari a 0.034 W/mK.

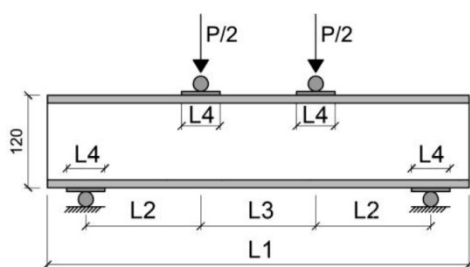
Componente	Contenuto	Passo fili ordito [mm]	4.9
Cemento I 52.5 [kg/m ³]	600	Passo fili trama [mm]	10.1
Sabbia (0-1mm) [kg/m ³]	846	Peso ordito [Tex]	2 x 1200
Acqua [l/m ³]	248	Peso trama [Tex]	1200
Superfluidificante [kg/m ³]	56	Max. carico a trazione su 70 mm [kN] ^a	11.02
Loppa [kg/m ³]	500	STD %	6.52

Tabella 1. Miscela Malta.

Tabella 2. Caratteristiche rete

2.4.2 - Geometria dei provini e apparato di prova.

Sono state effettuate prove di flessione a quattro punti su travi sandwich utilizzando una pressa elettromeccanica INSTRON 5867 (massima capacità di carico 30kN). Si sono considerate due geometrie di provini: travi piccole con dimensione pari a 550x150x120 mm (identificate con la lettera "S") e travi grandi con dimensione pari a 1200x300x120 mm (identificate con la lettera "B"). La geometria dei provini è mostrata in Figura 10. Sui provini sono state incollate piastre metalliche, in corrispondenza degli appoggi e dei coltelli di carico, con lo scopo di evitare concentrazioni degli sforzi. In entrambi i casi le prove sono state effettuate su quattro provini nominalmente identici. L'ordito della rete risulta sempre allineato con l'asse longitudinale del provino.



L	Small	Big
1	550	1200
2	150	306
3	150	308
4	50	80

Figura 10. Geometria delle travi sandwich sottoposte a prova.

2.4.3 - Risultati sperimentali.

In Figura 11 e 12 sono riportati i risultati sperimentali in termini di carico/spostamento per entrambe le geometrie. In entrambi i casi le curve risultano ben sovrapposte, specialmente nella fase iniziale; lo scarto rimane molto limitato anche nel secondo ramo della curva (deviazione standard minore del 5%). La prova effettuata sul provino S1 è stata fermata per cause non correlabili al comportamento meccanico del provino, mentre il provino B2 ha presentato una rottura prematura a causa della presenza di un difetto locale nello strato di isolante. Nel caso del provino B1 si è verificato un mancato controllo del carico, che ha causato lo schiacciamento dello strato superiore di TRC. Nei provini piccoli si è verificata multifessurazione sia nello strato superiore che in quello inferiore di TRC, da cui si deduce che la sezione agisce come parzialmente composita: lo strato di isolante è in grado di trasferire solo una percentuale del taglio e non la sua totalità, come nel caso di un pannello completamente composito. Ovviamente questo mancato trasferimento è esaltato dalla presenza di un carico concentrato che non corrisponde ad una condizione di carico realistica. Il comportamento ultimo è legato alla rottura a trazione dello strato di TRC inferiore, ma si possono identificare diversi meccanismi coinvolti, come la rottura per taglio dello strato di isolante e la perdita di aderenza fra lo strato superiore di TRC e l'isolante ad un estremo della trave. La multifessurazione e la formazione di una banda di taglio sono visibili in Figura 6 rispettivamente per i provini S2 e S1.

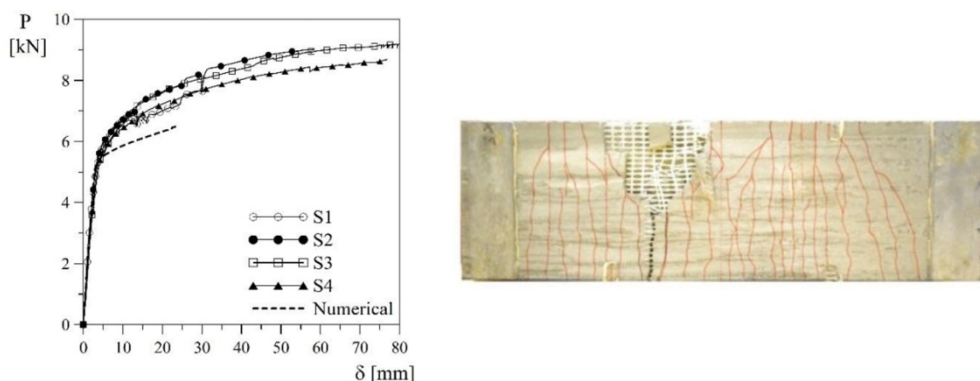


Figura 11. Risultati e multifessurazione nello strato inferiore di TRC per provini piccoli.

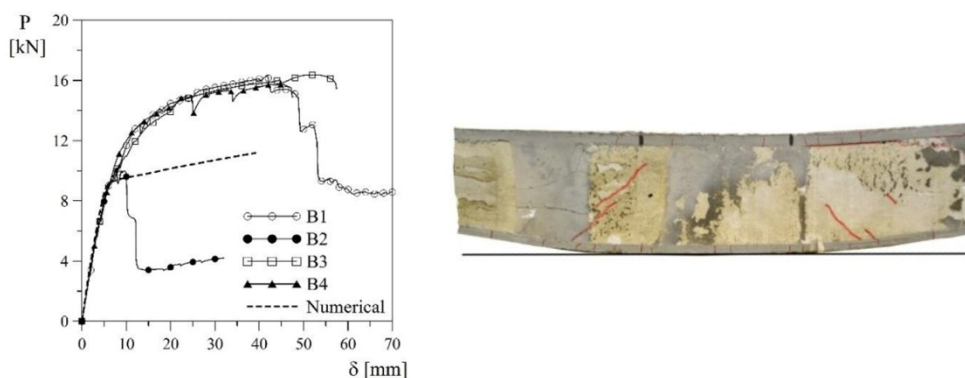


Figura 12. Risultati e multifessurazione nello strato inferiore di TRC per provini grandi.

Anche nel caso di provini grandi la sezione risulta parzialmente composita e presenta multifessurazione in entrambi gli strati di TRC, tuttavia si possono individuare alcune differenze se si confronta il comportamento con quello dei pannelli piccoli. In primo luogo, sebbene la formazione di bande di taglio nell'EPS sia evidente e caratterizzi la risposta, il contributo flessionale è più importante che nel caso dei pannelli piccoli. Si è osservato che in corrispondenza degli appoggi agisce un momento negativo dal momento che si sono formate alcune fessure al lembo superiore in questa posizione; inoltre, in entrambi i provini che hanno raggiunto la rottura ultima (B3 e B4), questa rottura è dovuta alla propagazione di una fessura di taglio nello strato di EPS e non alla rottura per trazione dello strato inferiore di TRC, come atteso.



Figura 13. Rottura del provino B4: formazione di una fessura di taglio nell'EPS.

2.4.4 - Modellazione numerica.

Al fine di comprendere meglio il comportamento meccanico del pannello composito è stato sviluppato un modello numerico 3D in Abaqus FEA software. Tale modello è stato validato considerando i dati sperimentali precedentemente illustrati. Sia il TRC che l'EPS sono stati modellati come solidi omogenei, ipotizzando una perfetta aderenza alle interfacce fra i due materiali: per questo motivo non è stato introdotto alcun elemento di interfaccia. Per gli strati di TRC ed EPS e per le piastre metalliche sono stati utilizzati elementi esaedrici lineari a 8 nodi. Sull'altezza dell'EPS sono stati imposti 10 elementi, con dimensione pari a 10 mm di lato, mentre sullo spessore di ogni strato di TRC sono stati imposti 3 elementi, con dimensione pari a 3.33 mm. Questo modello considera due meccanismi di rottura principali: la fessurazione a trazione e lo schiacciamento a compressione. Per il TRC a compressione si ipotizza un comportamento elastico-perfettamente plastico, con uno sforzo di snervamento pari a 73 MPa, mentre il comportamento fragile a trazione è definito introducendo un legame sforzo-deformazione in grado di cogliere il ramo elastico, la fessurazione della matrice ed il successivo ramo fessurato incrudente garantito dalla trazione della rete irrigidita dalla malta, ed infine il ramo corrispondente alla rottura della rete.

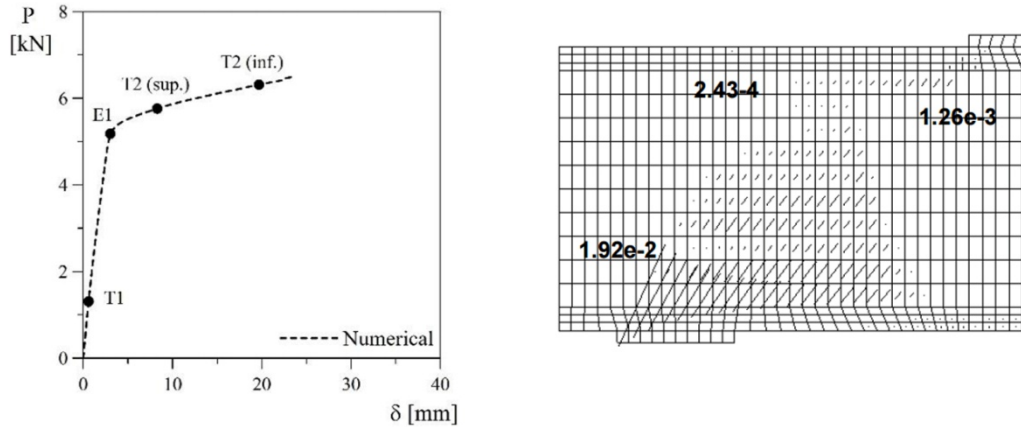


Figura 14. Risposta numerica per il sandwich piccolo: curva carico-spostamento, identificazione dei punti di rilievo (a sinistra), puntone compresso nello strato di EPS (a destra).

2.4.5 - Conclusioni.

Con riferimento ad entrambe le geometrie dei provini considerati, la soluzione numerica ben rappresenta il comportamento della trave sandwich, non solo in termini di risposta carico-spostamento, ma anche in termini di identificazione delle modalità di rottura. Ciò significa che prima della rottura l'ipotesi di perfetta aderenza fra TRC a EPS può essere considerata realistica. Quando si raggiunge la rottura, il modello non è in grado di cogliere la perdita di aderenza fra l'EPS e il TRC, dal momento che non sono stati utilizzati elementi di interfaccia. Sono in via di sviluppo ulteriori modelli numerici considerando un legame costitutivo più accurato per il TRC a trazione, volendo considerarne il comportamento ortotropo introdotto dal differente peso della rete in vetro AR lungo l'ordito e lungo la trama un più accurato modello per descrivere il comportamento a taglio dell'EPS.

2.5 - Fabbricazione del Pannello EASEE.

Il TRC viene gettato tramite l'impiego di una pompa all'interno di un cassero avente spalle mobili per essere impostate in funzione della misura del pannello che si vuole ottenere.

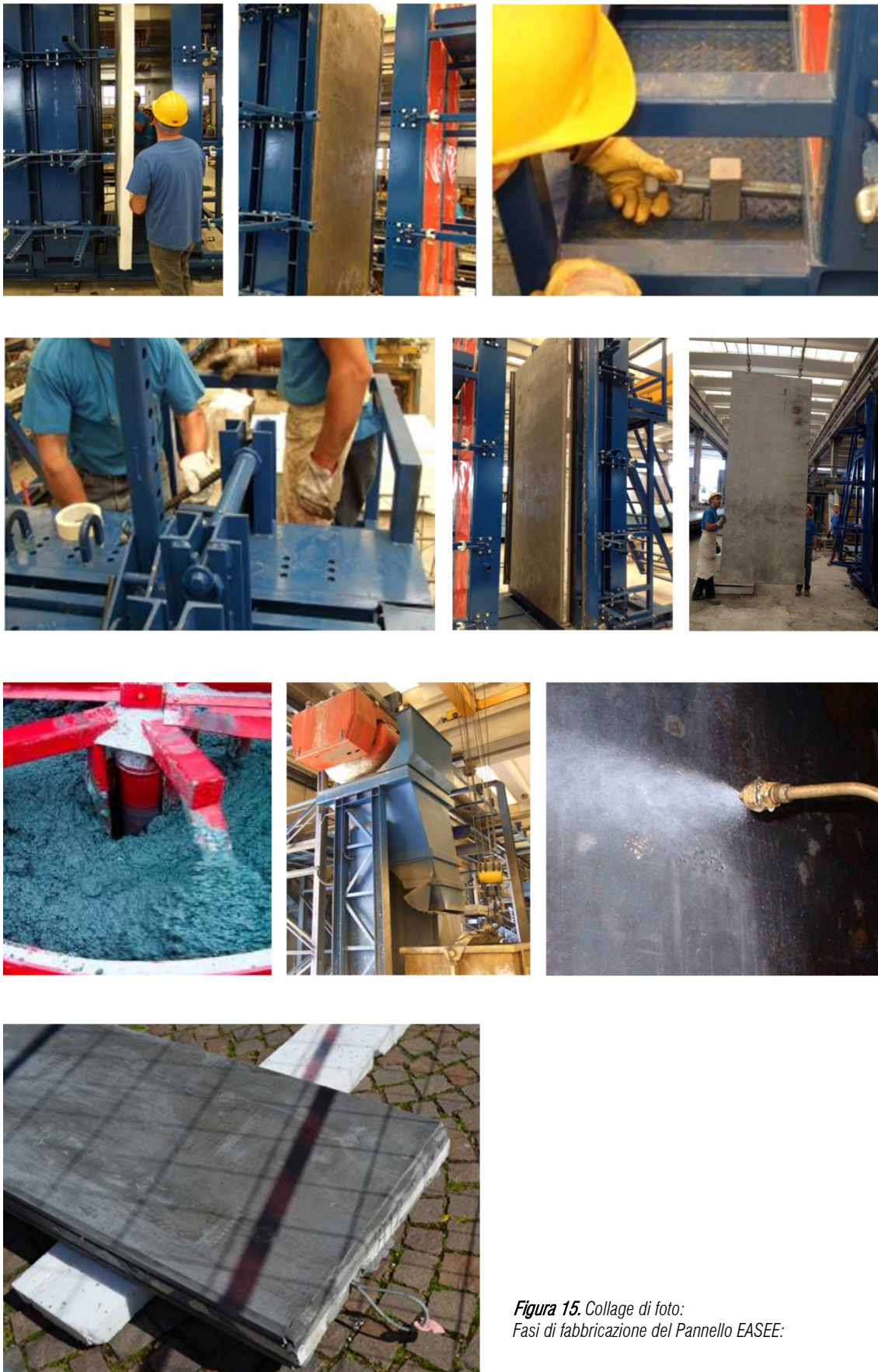
La prima operazione, dunque, consiste nel regolare larghezza e altezza della cassaforma, a seguito della pulitura della superficie del cassero per evitare imperfezioni estetiche nella malta, si applica tramite spray una soluzione nella superficie laterale del cassero al fine di creare una forma di barriera fisica tra la cassaforma e lo strato di malta del pannello e per facilitare la corretta separazione nella fase di sformatura.

A questo punto, se richiesto, si applica lo stampo della texture che servirà per decorare il lato esterno del pannello, successivamente si passa al posizionamento dello strato di EPS all'interno del sistema di cassetta e dopo aver chiuso e serrato il cassero attraverso tiranti, le viti bloccaggio si passa alle operazioni di getto del TRC.

Il pannello prefabbricato deve giacere per circa 12-14 ore, a seconda delle condizioni ambientali principalmente legati a umidità e temperatura. Per incrementare la produttività, la cassaforma è dotata di un sistema di tubazione che regola le condizioni di temperatura e umidità al fine di accelerare il processo di polimerizzazione. Una volta terminato il processo di presa, il pannello viene lentamente estratto e lo si posiziona in verticale nella zona di stoccaggio.

Una volta pronto ed estratto dal cassero mediante delle apposite asole poste all'estremità superiore, il pannello si presenta come un monolite rettangolare; tuttavia le teste del pannello svelano la sua natura composita: queste sono costituite dai risvolti dei due strati di TRM e dalla parte restante a vista in EPS.

La testa inferiore e superiore del pannello si differenziano da quelle laterali per la presenza delle asole di supporto al fissaggio e dal foro per la movimentazione del pannello.



*Figura 15. Collage di foto:
Fasi di fabbricazione del Pannello EASEE:*

2.6 - Installazione dei Pannelli Easee.

Una volta individuato l'edificio da riqualificare e definita la progettazione esecutiva e in fase operativa, si procede con l'installazione dei pannelli che andranno a definire la facciata.

Attraverso la corretta georeferenziazione della modellazione 3D, al progetto esecutivo sviluppato in 2D e lo studio tridimensionale della superficie della facciata tramite laser, si identificano e localizzano le discontinuità, i "fuori piombo", verticalità e orizzontalità di ogni punto e si procede con il corretto posizionamento sistemi di ancoraggio tramite una livella a bolla. L'installazione e livellamento del primo pannello della prima fila è fondamentale per la corretta installazione delle file successive; è importante verificare di volta in volta che l'ancoraggio lavori correttamente a taglio e che sia posizionato sull'apposito piattino.

Il pannello non presenta alcun tipo di battentatura principalmente perchè è una scelta dettata dal sistema di produzione, ma anche per agevolare il trasporto e la movimentazione all'interno del cantiere. Per questo, risulta indispensabile studiare i giunti al fine di garantire la tenuta all'acqua e all'aria e garantire la continuità dell'isolamento termico evitando così i ponti termici. A tal proposito, in corrispondenza dei giunti, puntualmente viene inserito un cordone di tamponamento in polietilene espanso, facilmente applicabile nonostante il riempimento risulta essere particolarmente profondo.

Tra una fila e l'altra inoltre viene applicato un nastro autoespandente in poliuretano morbido impregnato di resina sintetica precompressa che tenderà a espandersi col tempo per colmare il "gap" tra pannello e struttura esistente così da resistere alla pioggia battente e alla diffusione del vapore all'esterno, mentre all'interno garantire tenuta all'aria e isolamento termo-acustico attraverso l'eliminazione dei ponti termici.

Un'ulteriore accorgimento da prendere, nel caso alcuni punti da coibentare non siano facilmente raggiungibili, è quella di adoperare una schiuma cellulare poliuretanic per ridurre ulteriormente la dispersione termica, evitare formazioni di ponti termici, che abbia le proprietà di tenuta all'aria e permeabilità al vapore.

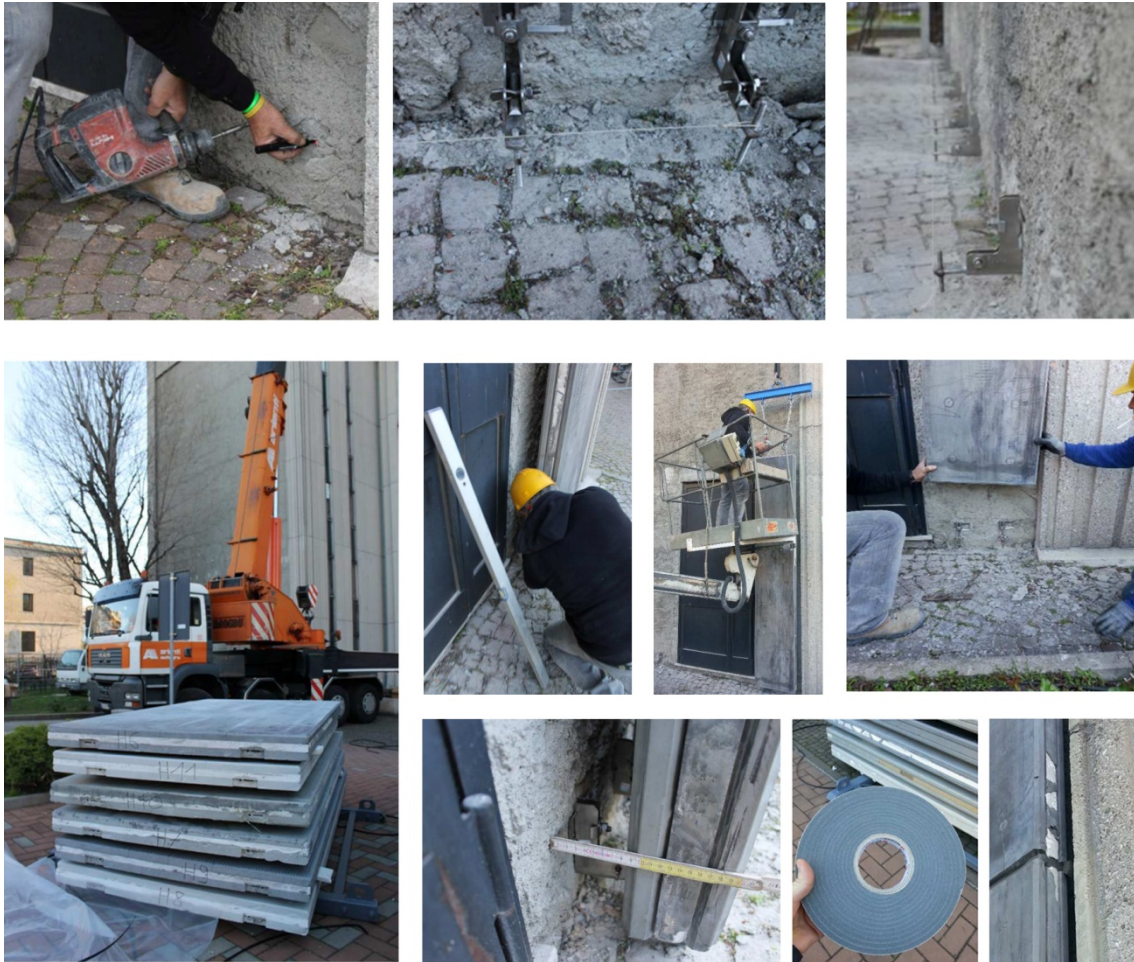


Figura 16. Collage di foto: Fasi di installazione del Pannello EASEE.

Come facilmente deducibile, l'obiettivo dell'intervento di retrofit energetico è quello di creare un involucro iperisolato, una seconda pelle costituita da elementi singoli che, combinati con i giunti, permette di creare una protezione continua paragonabile all'intervento di isolamento esterno mediante cappotto tradizionale, ma minimizzando i tempi e i costi, peculiarità dell'uso della prefabbricazione nell'ambito delle riqualificazioni energetiche in edilizia.

Capitolo **3**

Analisi del territorio

3.1 - Analisi Storico Ambientale

Per una descrizione più accurata, che descriva al meglio il contesto ambientale-paesaggistico in tutti i suoi componenti, bisogna ripercorrere la storia che ha portato alla formazione e l'evoluzione del territorio, dal punto di vista fisico, antropologico, culturale, industriale e artistico.

3.1.1 - Calolziocorte, Comune e Territorio.

Il Comune di Calolziocorte confina con i comuni di Olginate, Vercurago, Erve, Carenno, Torre de Busi, e Monte Marenzo. Il territorio comunale si estende su di una superficie di 9,01 Km² e ha una popolazione di 14399 abitanti. Dal capoluogo provinciale, Lecco, dista 7,7 Km circa. L'altitudine della casa comunale è di 241 m. s.l.m., l'altitudine minima è 198 m e l'altitudine massima 1110 m (escursione altimetrica di 912 m). L'espansione di Calolziocorte non è avvenuta per occupazione di fasce contigue nel territorio, ma in forma discontinua e per saturazione progressiva dello spazio interposto fra diversi centri storici, cosicché oggi non è facile riconoscere parti di città omogenee e sufficientemente estese, e gli stessi vecchi nuclei si perdono nelle realizzazioni successive. È questo processo di crescita della città che spiega l'immagine della frammentazione.

3.1.2 Città lineare e frammentata.

Calolziocorte può essere definita come una città lineare organizzata in quattro fasce parallele al corso dell'Adda. La prima fascia è quella compresa fra l'Adda e il tracciato ferroviario, dove ancora persistono aree un tempo agricole, ma ora per lo più abbandonate, e si sono addensate le grandi industrie attratte dalla buona accessibilità. È una città costruita negli ultimi decenni.

La seconda fascia è compresa fra la ferrovia e la strada Bergamo-Lecco; la città si presenta poco omogenea, densa, residenziale, commerciale, produttiva con palazzine e condomini realizzate negli anni 60' e 70'. In questa fascia è collocato l'oggetto di tesi.

La terza fascia è quella dei vecchi nuclei, soprattutto residenziale e meno densa rispetto la precedente, formata da case unifamiliari, palazzine, case a schiera ma anche condomini e da ciò che rimane dei vecchi nuclei con i relativi monumenti, chiese e piazze. Geograficamente è modellata da una complessa orografia poiché si "arrampica" sulle prime pendici montuose.

Infine c'è la città di montagna, quarta fascia costituita da case sparse e piccoli nuclei urbani disposti lungo le strade di comunicazione con i comuni limitrofi e gli antichi camminamenti. Questa zona è rimasta isolata e a sé stante, è poco abitata ed è immersa in un ambiente naturale di grande pregio e suggestione.

L'immagine della frammentazione è data dall'accostamento di oggetti radicalmente diversi e dall'impossibilità di riconoscere parti compiute e differenti. A Calolziocorte è facile trovare accostati uno

Capitolo 3 - Analisi del Territorio

all'altro il condominio multipiano e la casa a schiera, la fabbrica e la villa liberty, il nucleo storico e il supermercato, la cascina e l'officina, la torre medioevale e il quartiere in corso di costruzione.

Le cause sono diverse. In parte questa frammentazione è dovuta alla particolare orografia, in parte sicuramente anche alla sua storia e al fatto che sia sorta dall'unione di più città distinte.

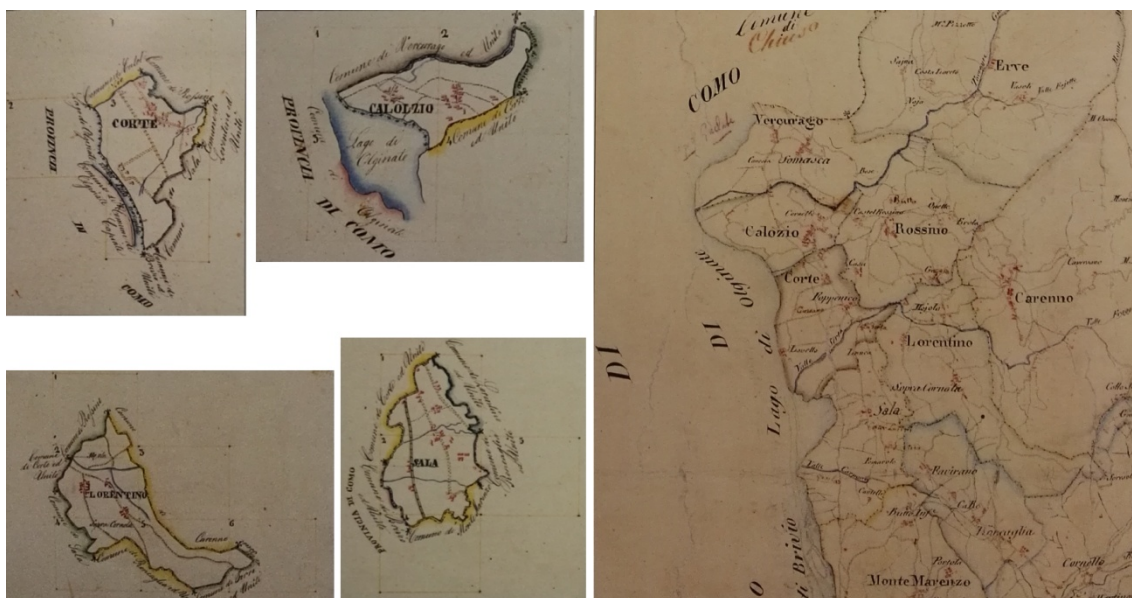


Figura 1. Cartografia storica dei centri di Calozio, Corte, Rossino, Lorentino.

Inizialmente il centro culturale e sociale era l'antico nucleo di Calozio, che comunicava con le vicinanze di altri nuclei indipendenti Corte, Rossino e Lorentino.

La fusione dei comuni di Calozio e Corte venne sancita con il Regio Decreto n.305 del 27 febbraio 1927 intitolato "Unione dei Comuni di Calozio e Corte in un unico comune denominato "Calolziocorte".

Successivamente, un anno dopo, vi fu la fusione dei comuni di Lorentino e Rossino con Calolziocorte che avvenne tramite Regio Decreto n. 2.527 del 18 Ottobre 1928 intitolato "Riunione dei Comuni di Calolziocorte, di Lorentino e Rossino in un unico comune con denominazione e capoluogo Calolziocorte."



Figura 2. Evoluzione storica del comune di Calolziocorte.

Come descritto dalla rappresentazione grafica sopra, a seguito dell'unificazione dei centri indipendenti e da quando il comune di Calolziocorte è diventata un'istituzione nel 1959, i fabbricati presenti erano sparsi all'interno del territorio in maniera sporadica, distribuiti per lo più nella parte nord, nelle parti più vicine al comune di Vercurago già sviluppato.

Tra il 1958 e il 1976 si ha il maggior incremento di edificazione per via dell'esigenza di dare alloggio a un numero di persone in continuo aumento. La maggior parte di edifici che hanno occupato il suolo, di fatto, sono stati quelli a uso residenziale, sia di tipo estensivo che intensivo, ma anche piccoli nuclei abitativi unifamiliari e villette.

Dagli ultimi decenni del '900 fino ad oggi l'uso del suolo è andato via via definendosi accogliendo varie destinazioni d'uso, incrementando e modernizzando i già presenti servizi pubblici come scuole, biblioteche, uffici e cercando di fare integrare l'intero contesto urbano in continuo mutamento, portando novità innovative attraverso infrastrutture e collegamenti con quello che esiste da sempre, operando nel rispetto delle tradizioni e della storia del luogo.

3.1.3 - La città della Montagna: Il Resegone

Chi è nato, vissuto o solo trascorso un breve periodo in zona non potrà mai togliersi dalla mente e dagli occhi la montagna, quella che sovrasta con la sua inconfondibile cresta dentata, con undici cuspidi, punto di riferimento inconfondibile nel vario panorama delle Prealpi lombarde: il Resegone.



Figura 3. Vista Sud del Resegone

Una montagna di aspetto massiccio e rude, costituita da una roccia di tipo calcareo dolomitico, simile a quella delle vette alpine.

Il Resegone è emerso dal mare un centinaio di milioni di anni fa ed è poi scivolato fino ad assestarsi nella sua attuale posizione.

Meta per gli escursionisti lombardi, riserva motivi di specifico interesse anche per gli appassionati di natura. Gli elementi di pregio riguardano soprattutto l'aspetto floristico: oltre la fascia di boschi misti e le faggete delle quote più alte, si estende infatti l'ambiente delle praterie alpine e quello estremo delle vette. Qui la vegetazione è altamente specializzata per adattarsi all'inhospitale substrato delle rocce calcaree, ma annovera comunque numerose specie erbacee, alcune delle quali rarissime o addirittura esclusive. Gerenziane, sassifraghe, gigli e molte altre per una varietà cromatica che impreziosisce il quadro di una delle montagne lombarde più affascinanti.

3.1.4 - La città della valle: Valle San Martino.

Situata alle falde del Resegone, si estende la Valle di San Martino, territorio pedemontano compreso tra la riva orientale del fiume Adda e la Valle Imagna, è oggi costituita di nove Comuni per un totale di 60 kmq di estensione e 33.000 abitanti circa.

A livello morfologico non propriamente si tratta di una valle quanto piuttosto di una costiera esposta a mezzogiorno e affacciata sul Lago di Garlate e sull'Adda. Essa è collocata all'estremità occidentale del territorio bergamasco, a cavallo tra le Province di Lecco e Bergamo, lo stesso limite confinario fra gli Stati del Ducato di Milano e Repubblica di San Marco, e che fu materia di controversie secolari. Esiste qui uno degli esempi più espliciti e incontrovertibili del fenomeno chiamato "continuo urbano", dove fisicamente non si avverte il passaggio di confine tra i due luoghi, che del resto ingloba anche il successivo Comune di Calolziocorte, centro più importante di Val San Martino.



Figura 4. Vista della Valle S.Martino - Lago di Garlate

3.1.5 - La città del verde: Parco Adda Nord

L'ambiente fisico attraversato dal tratto di fiume Adda compreso nel Parco Adda Nord, che va da Lecco a Truccazzano, passando ovviamente dal sito di progetto, è caratterizzato dalla presenza di un sistema di terrazzi fluvio-glaciali

Ritiratosi definitivamente il ghiacciaio, il fiume si è lentamente scavato il proprio letto trasportando con sé enormi quantità di detriti morenici. I territori attraversati dal fiume sono perciò costituiti sia da depositi fluvio-glaciali più antichi (argille rosso giallastre, i cosiddetti ferretti) e localmente, soprattutto tra Paderno e Trezzo, da banchi conglomeratici (ceppo), erosi dal corso del fiume che ha formato in loro ripide pareti verticali, sia da depositi di epoca più recente, materiali ghiaiosi e sabbiosi, che risultano presenti soprattutto tra Cassano e Truccazzano.

Passate le grandi ere glaciali, il mutato clima ha consentito la formazione di vaste e grandi foreste che ricoprivano in gran parte anche la zona padana, oltre a quella collinare. I grandi boschi, che fino al secolo scorso ricoprivano ancora in larga parte il territorio circostante il fiume, sono stati in seguito fortemente ridimensionati dalla presenza stabile e sempre più robusta delle comunità umane, cresciute unitamente allo sviluppo delle attività produttive agricole e industriali. Malgrado ciò, oggi rimangono ancora non poche aree interessanti per la vegetazione, quali le zone umide a canneto dell'Isola della Torre e dell'Isolone del Serraglio, circondate da prati e alberi di alto fusto: ontani neri, platani, pioppi, betulle, salici, querce. Lungo le rive a nord di Trezzo sono pure presenti pioppi neri, robinie, salici bianchi, ontani neri, farnie. Oltre al bosco di alto fusto, vaste aree sono ricoperte di essenze tipiche del bosco ceduo e del sottobosco: carpino, castagno, sanguinella, nocciolo, robinia. Tra la vegetazione palustre si possono ammirare i più bei fiori d'acqua: la delicata ninfea, il giglio selvatico giallo, il mughetto e numerose famiglie di veronica a spiga.

In questo ambiente trova rifugio una ricca fauna. L'anfibio più bello e significativo della zona è senz'altro la raganella dalla livrea verde brillante con una striscia nera che corre lungo i fianchi ma troviamo anche le rane verdi e la rana temporaria dal colore brunastro. Anche gli uccelli sono numerosi: cigni, anatre, germani reali, folaghe, cornacchie grigie, gabbiani comuni ma anche il magnifico airone cinerino presente con un numero di esemplari in continuo aumento.

Molto importante dal punto di vista artistico e storico è il Monastero del Lavello e l'attigua Chiesa di Santa Maria, inseriti peraltro nel pregevole contesto paesaggistico della zona del Parco Adda Nord.

3.1.6 - La città artistica: Santa Maria del Lavello

Il complesso ha origine probabilmente da strutture civili fortificate, l'insediamento religioso inizia a delinearsi a partire da fine Duecento, in quanto a seguito di ricerche storiche si è venuto a conoscenza di una chiesa dedicata a Santa Maria.

I recenti scavi archeologici, compiuti tra il 1999 e il 2005, hanno permesso di indagare sull'evoluzione della chiesa e della sua evoluzione riassumibile in tre periodi principali, il primo riguarda la chiesa romanica, piccola (8,20 x 5,8 m) con una navata unica e una singola abside semicircolare, con tutte le murature costituite con blocchi di calcare abbastanza squadrati, di medie dimensioni, e ciottoli fluviali legati in malta bianca tenace.

A seguito di una serie di alluvioni e di esondazioni, la chiesa periodicamente rimane inagibile, e successivamente abbandonata fino alla fine del XV secolo quando venne edificata in un nuovo edificio religioso, avente proporzioni maggiori (17,60 x 7,2 m), sempre a navata unica con unica abside semicircolare orientata in ugual modo alla precedente.

Durante i lavori rinvenne una fonte, definita miracolosa, che portò ad una grande devozione religiosa popolare perpetuata dai Padri Serviti nel frattempo insediatasi.

La chiesa nelle sue forme attuali è collocabile strutturalmente in una tipologia ben testimoniata in Lombardia in età tardo gotica: un edificio a tre campate, rette da archi trasversali, con copertura alla cappuccina al quale si assunsero poi, negli anni, nuove cappelle, il campanile e arco trionfale.



Figura 5. Vista corte interna del Santuario Santa Maria del Lavello



Figura 6. Santuario Santa Maria Lavello

3.1.7 - La città delle tradizioni: Il Castello di Rossino.

Salendo per la zona collinare, non molto distante dall'area di progetto, nella frazione di Rossino è situato il castello alle pendici del Monte Resegone, e sovrasta il pittoresco Borgo di Rossino, la sottostante Calolziocorte e la Val San Martino.

La complessa costruzione di origine medievale risale al Duecento, e fu una delle fortezze della potente famiglia Benaglio, signori appunto della Val San Martino.

Passato successivamente alla Famiglia Rota, divenne poi sede di scambi commerciali da parte dei mercanti di lana e seta, ricoprendo un importante ruolo nell'esazione delle imposte sul territorio. Delle sei torri originarie oggi ne sopravvivono cinque, di cui una è stata riadattata in epoca ottocentesca in forma di maniero.

Successivamente oggetto di un attento restauro conservativo, volto a preservare il fascino e la bellezza delle antiche strutture, rendendole però completamente agibili, il Castello di Rossino è oggi una delle più antiche dimore storiche della Lombardia.



Figura 7. Castello di Rossino

3.2 - Analisi PGT.

Il Piano di Governo del Territorio è uno strumento urbanistico di pianificazione e programmazione introdotto dalla Legge Regionale 11-3-2005, n. 12. n cui è collocato l'oggetto di tesi.

L'analisi urbanistica ha inizio con la conoscenza dei documenti, elaborati, piani e regole in vigore all'interno dell'amministrazione comunale contenuti nel PGT.

Si analizzerà il tessuto urbano per venire a conoscenza delle funzioni che sono presenti all' interno e nelle vicinanze della zona di progetto, distinguendo nello specifico le tipologie di zone residenziali presenti.

Verrà presa visione dei vincoli e delle fasce di rispetto al fine di rispettare le regole ed effettuare un intervento che non vada in conflitto con il piano vigente.

Inoltre verrà fatto uno studio del verde e della viabilità, analizzando la situazione attuale ma anche i cambiamenti in ottica futura presenti all'interno della programmazione del PGT.

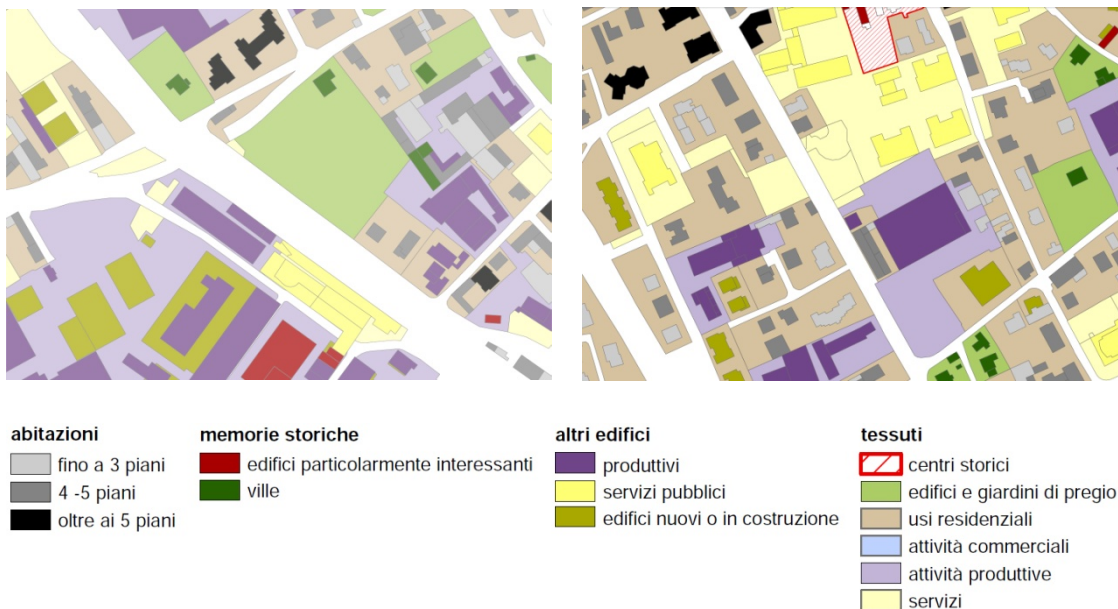


Figura 8. Estratto del PGT di Calolziocorte.

3.2.1 - Analisi Tessuto Urbano.

Analizzando il tessuto urbano nelle immediate vicinanze all'area di progetto si distinguono zone eterogenee principalmente suddivise in zone residenziali - intensive, semi-intensive, estensive - zone produttive e zone in cui sono collocati servizi. (Tav.08 Rif. U 08)

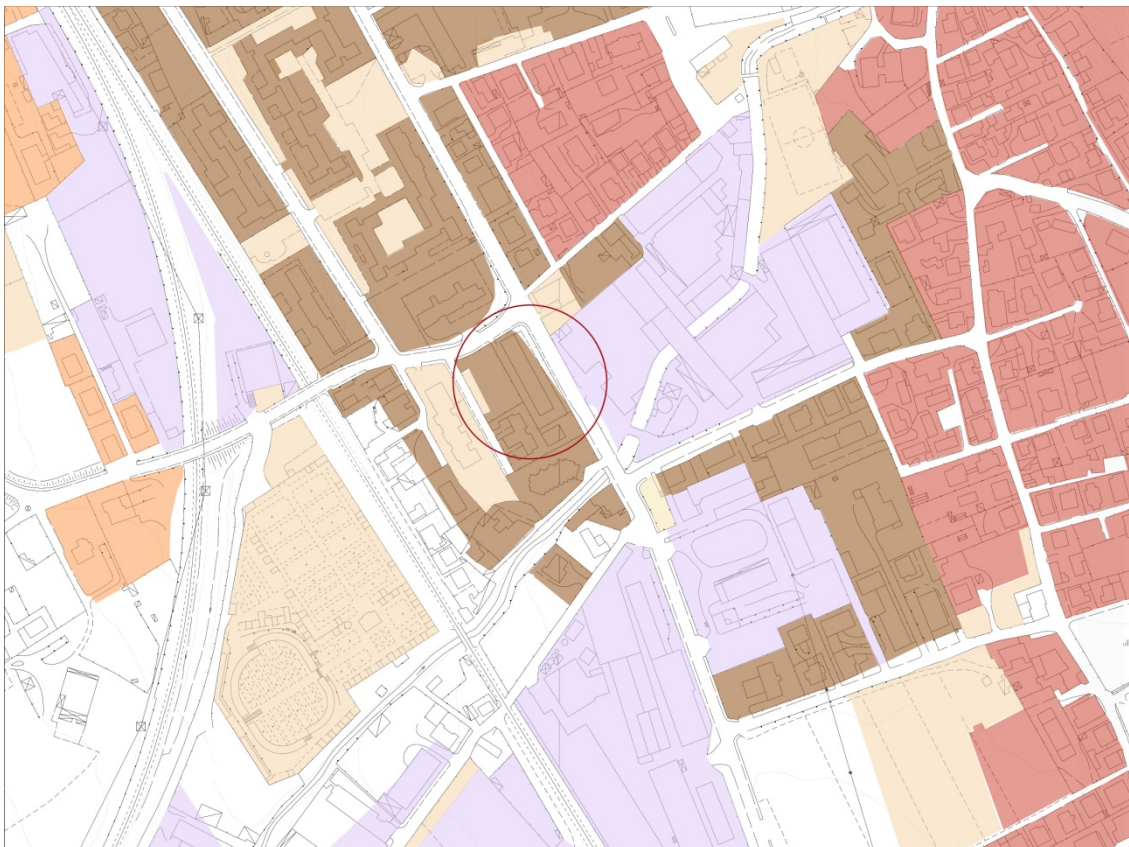


Figura 9. Analisi del Tessuto Urbano nelle vicinanze della zona di progetto.

Per una migliore lettura delle caratteristiche delle aree presenti, si vuol far ricorso ad alcune definizioni urbanistico-edilizie.

Nel Decreto interministeriale 2 aprile 1968, n. 1444 sono contenute le norme per la determinazione dei limiti di densità edilizia e per i relativi Standard urbanistici

Gli standard urbanistici rappresentano i rapporti massimi tra gli spazi destinati agli insediamenti residenziali e gli spazi pubblici riservati alle attività collettive.

In funzione dell' indice di Utilizzazione Territoriale - $Ut = (Sul/St)$; la massima superficie utile Sul , espressa in metri quadrati, costruibile per ogni metro quadrato di superficie territoriale St - le zone residenziali si differenziano in estensive, semi-intensive e intensive.

Zone residenziali estensive;

sono tipologie caratteristiche delle aree a indice di utilizzazione territoriale (Ut) bassa, per cui in aree a utilizzazione estensiva.

Sono comprese casa unifamiliari destinate ad ospitare un solo nucleo familiare, isolate e circondate da uno spazio verde privato piuttosto che case a schiera costituite dall'aggregazione di alloggi unifamiliari, ciascuno dei quali ha due lati in comune con gli alloggi contigui e dispone di due fronti liberi, l'ingresso e il giardinetto privato, e generalmente si dipana su due piani fuori terra.

Un'altra tipo di aggregazione a bassa intensità è la tipologia della casa a corte.

Zone residenziali semi-intensive;

sono quelle caratteristiche delle aree a indice di utilizzazione territoriale (Ut) media, per cui in aree a utilizzazione semintensiva.

Fanno parte di questo gruppo le palazzine plurifamiliari, ovvero condomini consistenti in un fabbricato solitamente libero da ogni lato, costruito su aree piuttosto strette, con un numero maggiore di due appartamenti per piano e con un numero variabile di piani solitamente dai tre ai sei piani fuori terra. Caratteristico di questa tipologia abitativa sono i cortili interni o le chiostrine sulle quali si affacciano i vani di servizio. Questa soluzione abitativa si è diffusa nelle prime fasce periferiche delle grandi città nel secondo dopoguerra, non sempre con effetti positivi. Difatti questa soluzione abitativa spesso dà luogo a edifici isolati ma vicinissimi gli uni dagli altri, senza i servizi pubblici e le aree verdi.

Il corpo di fabbrica ha generalmente dimensioni costanti lungo l'asse trasversale e può crescere indefinitamente lungo l'asse longitudinale. Questo tipo di soluzione abitativa è detta "a stecca" quando l'asse longitudinale è rettilineo, "a crescent" quando tale asse è curvo, "ad angolo" quando segue assi di aggregazione ortogonali. Nel migliore dei casi tali costruzioni sono ubicate nel verde e dotate di scuole, servizi commerciali e per il tempo libero.

Zone residenziali intensive;

Sono tipologie caratteristiche delle aree a indice di utilizzazione territoriale (Ut) alta, per cui in aree a utilizzazione intensiva.

La Casa a torre è un particolare tipo di condominio isolato a sviluppo verticale le cui origini nascono dalla necessità di diradare nel verde gli edifici pur mantenendo alta la densità abitativa. Questa soluzione abitativa fu promossa soprattutto dagli architetti razionalisti nella prima metà del Novecento perché offriva maggior superficie libera di suolo per uso pubblico e gli alloggi erano dotati di migliori condizioni di illuminazione e aerazione. La casa a torre può superare i 30 metri e presenta un numero variabile di appartamenti per piano.

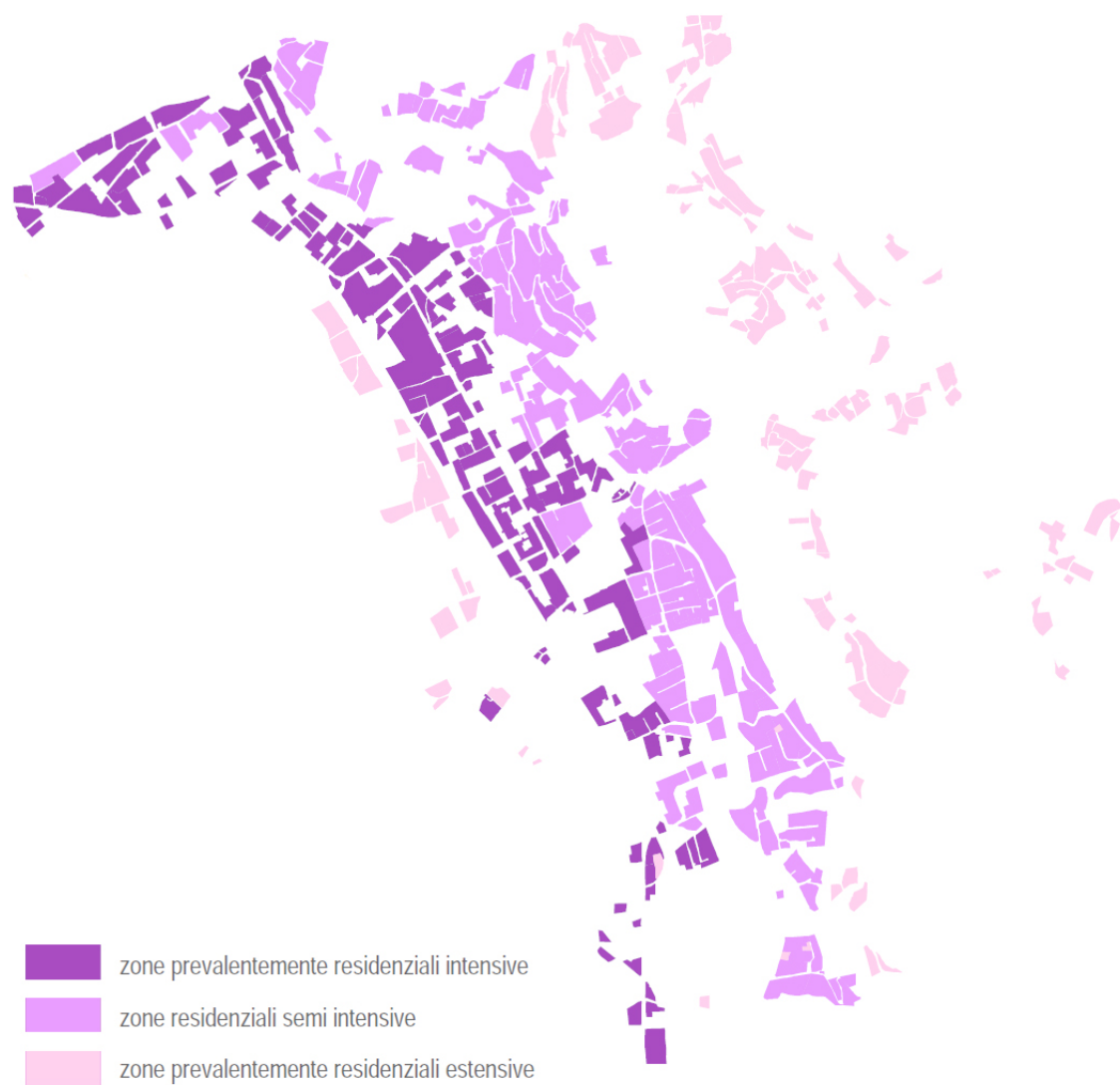


Figura 10. Suddivisione delle tipologie di zone residenziali di Calolziocorte.

3.2.2 Area di progetto.

L'edificio oggetto di tesi è collocabile nel secondo scaglione, ovvero quello delle zone residenziali semi-intensive.

Le Norme Tecniche d'Attuazione approvate nel PGT regolano gli indici e parametri da rispettare in queste aree, dicendo che le trasformazioni sono finalizzate al completamento delle capacità edificatorie, nonché alla conferma delle densità edilizie esistenti, attraverso il mantenimento, la riqualificazione e la sostituzione degli immobili esistenti e la riqualificazione degli spazi di uso pubblico.

Di seguito vengono riportati indici e parametri delle zone residenziali semi intensive.

Indici e parametri.

Indice di fabbricabilità fondiaria : non superiore a 1,2 mc/mq.

Sono comunque fatti salvi i volumi esistenti alla data di adozione del Pgt. E' in ogni caso ammesso l'ampliamento una tantum in misura non superiore ad una Slp pari a 20 mq.

Altezza : non superiore a 4 piani fuori terra

Rapporto di copertura : non superiore al 50%

Densità arborea : non inferiore al 10%

Destinazioni d'uso

Sono ammessi gli usi di residenza, complementari alla residenza - commerciali, terziari, d'interesse comune magazzini e depositi - ridotti al 40% , e sono vietati, in ogni caso, attività insalubri di prima classe.

Modalità di attuazione degli interventi.

Titolo edilizio diretto o titolo edilizio convenzionato o accompagnato da atto unilaterale d'obbligo, quando sono necessarie opere di urbanizzazione.

L'intervento di riqualificazione da effettuare avrà come base le precedenti "buone regole" ,che rappresentano il punto di partenza per la progettazione sin dai primi studi preliminari che porteranno,una volta eseguite le analisi necessarie,alla formazione del concept plan.

3.2.3 Analisi del Verde.

La città di Calolziocorte dispone di aree a verde pubblico pari a circa 129.000 mq che corrispondono a 9 mq per abitante. Se consideriamo anche il Parco Adda Nord ogni abitante dispone di circa 60 mq. Una dotazione simile può essere considerata notevole, anche perché il comune dispone di molte risorse ambientali, come ad esempio le estese zone boscate, che contribuiscono anch'esse allo stesso bisogno di "natura".

Un discorso simile può essere fatto per le ville e le case uni e bifamiliari dotate di giardini privati che caratterizzano molti quartieri della città.

In ogni caso le aree verdi pubbliche di Calolziocorte sembrano riconducibili a tre macro-tipologie:

- i parchi urbani, cioè le aree verdi organizzate a giardino, prato, area piantumata, ecc., e caratterizzati da una certa estensione;
- la città giardino, cioè i giardini che in parte sono presenti tra alcuni insediamenti residenziali, perlopiù edificati negli anni '70, come l'edificio ALER nell'area ex Gesca, e dall'altro le ville e le case uni e bifamiliari con il proprio spazio verde privato;
- le piccole aree verdi, ovvero zone attrezzate per il gioco dei bambini, sparse più o meno in tutto il territorio comunale.

Altre porzioni della città, tuttavia, sono completamente sprovvisti di verde, in particolare in zone della città densa compresa fra corso Europa e il tracciato della ferrovia, o i nuclei della città storica come Foppenico o Corte.

La mancanza di verde è dovuta principalmente alla caratteristica morfologia del territorio definito da scelte urbanistiche fondate su un eccessivo sfruttamento edificatorio dei lotti.

L'area di progetto è collocabile nella seconda macro-tipologia: "la città giardino"

L'area dell'edificio ALER, edificato nel 1972, ha subito un forte processo di edificazione che, unitamente alla presenza delle infrastrutture di mobilità principali, ha causato una scarsa presenza di verde in particolar modo di quello pubblico.

Nelle immediate vicinanze del lotto dove è situato l'oggetto di tesi si nota (figura 11) una prevalenza di aree di verde privato poiché sono presenti case uni e bifamiliari che posseggono un giardino.

La poca presenza di verde pubblico è costituita dal verde incolto lungo la il tracciato ferroviario e da sporadiche piantumazioni di alberi che formano viali alberati di ridotte dimensioni. Inoltre la presenza di impianti sportivi (campo sportivo, oratorio) incrementa, anche se di poco, la quantità di verde.

Si denuncia infine, in zone più lontane dal lotto in esame, la presenza di aree sufficientemente ampie destinate alla coltivazione prettamente per uso privato. (Tav.06, Rif. U 06)



LEGENDA

ZONA DI PROGETTO VERDE PRIVATO VERDE PUBBLICO VERDE COLTIVATO

Figura 11. Tipologia delle aree verdi nelle vicinanze dell'area di progetto.

A tal proposito, l'utilizzo degli impianti sportivi rappresenta un punto forte e intenso all'interno del territorio destinato a crescere.

Le attrezzature complessive, comprese quelle private, raggiungono una superficie pari a 80.000 mq, comprendente in parte anche verde con funzione ornamentale.

Dalla relazione di progetto nel documento di piano del PGT si rende noto che l'amministrazione sta realizzando un impianto sportivo al Lavello, zona limitrofa a quella di interesse e immerso nel Parco Nord dell'Adda, che configurerà un vero e proprio polo dello sport e del tempo libero costituito dagli impianti esistenti attigui alla presente scuola superiore, dal campo di calcio prossimo al Monastero e dalle attrezzature in via di realizzazione. Progetto che porterà ad un incremento e a una nuova gestione del verde pubblico rendendo i luoghi adibiti allo sport e al tempo libero più ospitabili e concilianti con il contesto territoriale.

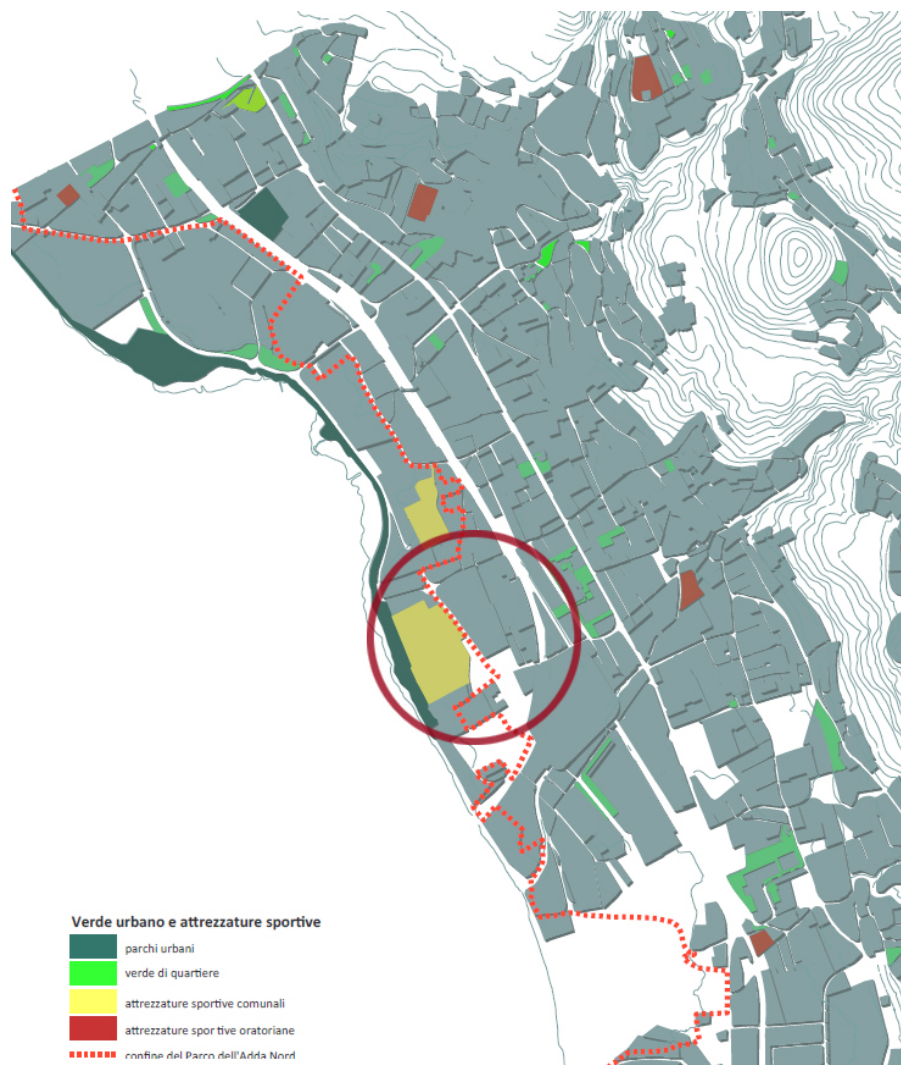


Figura 12. Estratto del PGT, Progetto sulla gestione del verde nella zona di Lavello.

3.2.4 - Analisi sulla Viabilità.

Calolziocorte rappresenta un importante nodo ferroviario, servita dalla linea ferroviaria Milano-Lecco e da quella Lecco-Bergamo che con 210 treni giornalieri assicurano un collegamento particolarmente agevole tra le città.

Parallelamente, per la lunghezza longitudinale del territorio, il comune è attraversato dalla Strada Statale 639 che da Lecco procede in direzione Sud adiacente al Lago di Garlate per poi terminare nei pressi di Cisano Bergamasco prima di confluire nella S.S.342 denominata "Briantea".

Dalla Figura.13 si nota come le strade secondarie di collegamento tra i vari rioni e quelle immerse nel tessuto urbano consolidato risultano "spezzate" e non sufficientemente fruibili in particolare per i residenti e per chi vive quotidianamente la città.

Un'altro fattore che emerge è la mancata continuità della pista ciclabile lungo la sponda dell'Adda che si interrompe bruscamente e non permette il proseguimento della "passeggiata" nella zona Lavello e nel Parco dell'Adda Nord.

Per quanto riguarda la mobilità a piccola scala, la città è servita da sei linee che garantiscono i collegamenti con il capoluogo di provincia, i comuni limitrofi e fra i diversi quartieri e frazioni della città con circa 70 corse giornaliere.

Il numero di fermate e la frequenza degli autobus denota una distribuzione non ottimale del servizio pubblico, in quanto risulta concentrato soprattutto nella zona di Lavello - stazione F.S - scuola Paoli. Da questo punto di vista una distribuzione più omogenea del servizio autobus permetterebbe di raggiungere e servire una più ampia parte di popolazione. (Tav.03 Rif. U 03 - Tav.04 Rif. U 04)

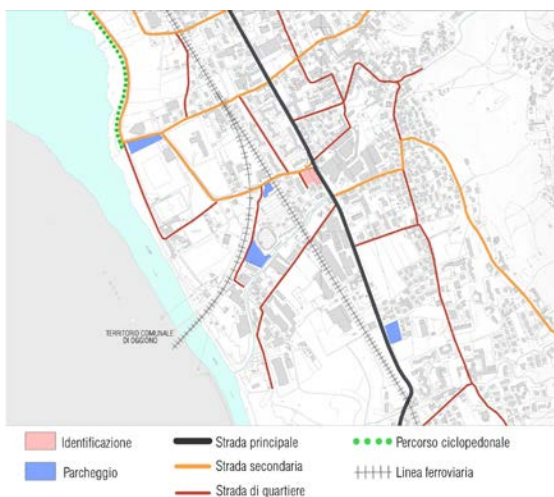


Figura 13. Rete stradale nelle vicinanze dell'area di progetto

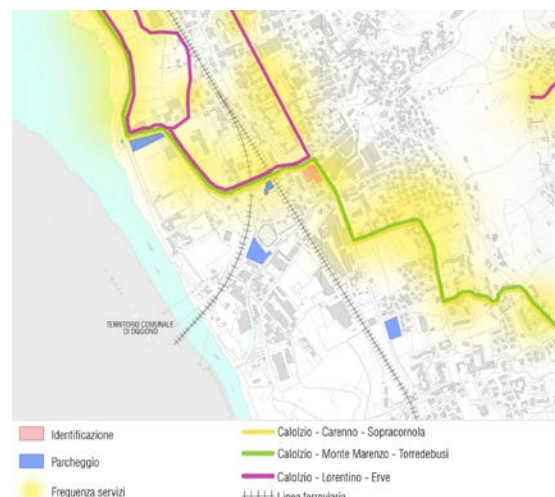


Figura 14. Rete dei trasporti pubblici nelle vicinanze dell'area di progetto.

Capitolo 3 - Analisi del Territorio

Con il crescere della mobilità della popolazione sul territorio, l'introvversione di attrezzature pubbliche, come scuole e uffici realizzate negli anni '70, ha provocato disagi alla viabilità.

Al fine di limitare questa problematica nel Piano dei Servizi del PGT sono stati previsti interventi strategici per rendere più accessibile e fruibile la zona, in particolare, inerente all'area di progetto, è stato ideato da tempo e in corso di realizzazione la variante della ex strada stradale n.639 Lecco-Bergamo, che consiste in un tunnel che lega Vercurago e Calolziocorte e che dovrebbe permettere l'alleggerimento di corso Europa, "spostando" parte del traffico passante.

Di recente costruzione sono le due rotonde - una in corrispondenza di via Padri Serviti, e l'altra di via Mazzini, indispensabile per deviare lungo via Lavello il traffico di attraversamento e della viabilità esistente. Per favorire l'uso di mezzi alternativi alle automobili per gli spostamenti urbani è stata proposta nel Piano dei Servizi una rete di sentieri e percorsi ciclabili pedonali che è anche funzionale alla ri-scoperta della montagna, poiché ne favorisce l'accessibilità e la percorribilità.

Questi percorsi sono dunque funzionali sia al collegamento tra le frazioni per i cittadini abitanti, sia all'utilizzo per il tempo libero da parte dei cittadini non residenti.

La viabilità cittadina non ha le caratteristiche e le dimensioni idonee per realizzare percorsi ciclopedonali in sede protetta e non esistono molte possibilità di lavorare negli interstizi non edificati della città densa. La scelta è stata dunque quella di realizzare una dorsale portante lungo corso Europa che, da una parte si colleghi ai principali centri storici e, dall'altra, alla Piazza Mercato, alla stazione ferroviaria e al Lavello.

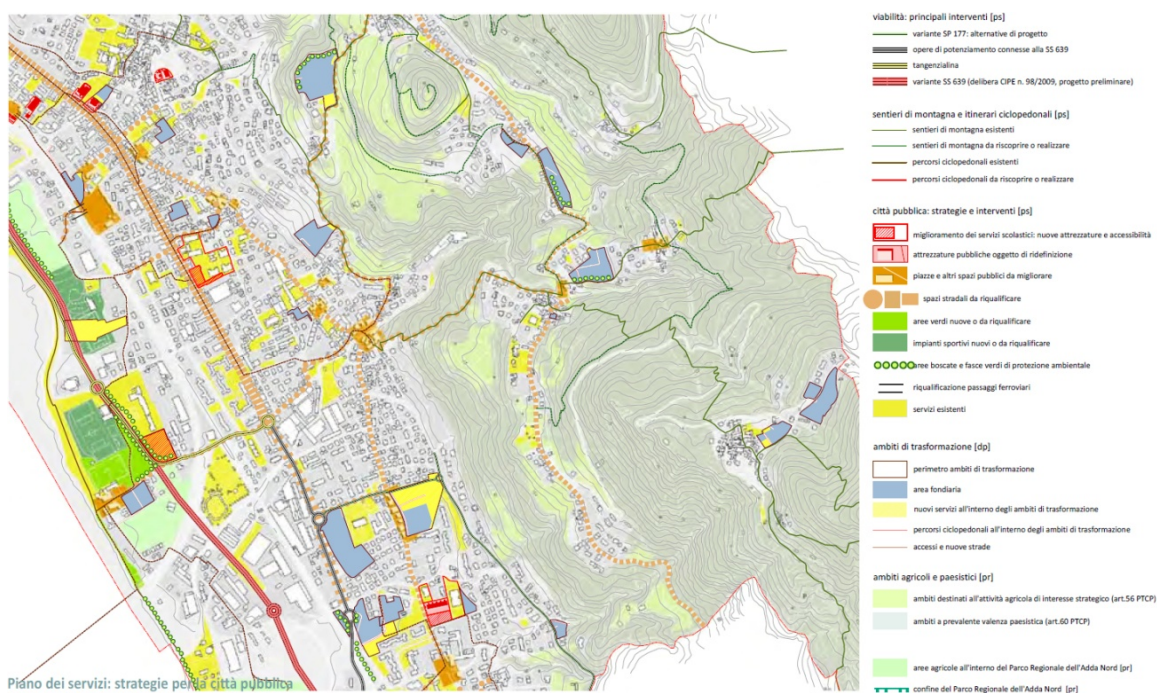


Figura 15. Estratto del PGT, Progetti sulla viabilità.

3.2.5 - Vincoli amministrativi e fasce di rispetto.

Dalle tavole del PGT si sono volute individuare le fasce di rispetto e gli ambiti assoggettati a vincoli particolari, in cui qualsiasi trasformazione è vietata o in cui le trasformazioni sono disciplinate da normative specifiche. Esse comprendono:

- fasce di rispetto stradale
- fascia di rispetto ferroviario
- fascia di rispetto cimiteriale
- fasce di rispetto dell'acquedotto
- fasce di rispetto dei pozzi
- fasce di rispetto dei corsi d'acqua
- fasce di rispetto degli elettrodotti
- fasce di rispetto dei metanodotti e dei gasdotti
- fascia di rispetto degli insediamenti produttivi a rischio incidente rilevante
- ambiti assoggettati a vincolo paesaggistico
- siti di interesse comunitario
- fasce Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico
- fasce di rispetto dei depuratori
- vincolo idrogeologico

Di seguito viene riportato lo zoom estratto dalla tavola del PGT contenenti tutti i vincoli e le fasce di rispetto presenti nelle immediate vicinanze della zona di intervento progettuale. (Tav.07 Rif. U 07)



Figura 16. Tavola dei vincoli e fasce di rispetto nelle vicinanze dell'area di progetto.

3.3 - Analisi FDOM.

L'analisi FDOM, ovvero analisi dei punti di Forza e di Debolezza, delle Opportunità e delle Minacce, è uno strumento molto importante, necessario sotto l'aspetto decisionale in fase di progettazione preliminare e strategica.

A seguito di sopralluoghi, informazioni a livello territoriale e analisi precedentemente descritte si è arrivati a scindere gli aspetti endogeni da quelli esogeni, cioè i fattori interni (forze e debolezze), da quelli esterni all'oggetto di studio (minacce e opportunità).

3.3.1 - Forze e Debolezze.

Posizione dell'area.

Il punto di forza che l'area di intervento presenta è legato principalmente alla posizione in cui si trova.

L'area di progetto, infatti, è situata nelle vicinanze della zona del parco Adda Nord e del lago di Olginate, che rappresenta una vera potenzialità dal punto di vista ambientale, ma anche dal punto di vista turistico in particolar modo nei periodi più caldi dove l'affluenza di utenti è maggiore.



Figura 17. Vista del Lago di Olginate



Figura 18. Percorso pedonale sul lungolago di Calolziocorte

Di contro si ha che l'arredo urbano in prossimità dell'area di progetto è mal curato e rende gli spazi della zona residenziale non del tutto fruibili e si presentano poco ospitali, con una scarsa presenza di verde pubblico e percorsi pedonali poco sicuri.

Tessuto urbano.

Il tessuto urbano è caratterizzato da un interessante mix funzionale, nel raggio di pochi metri è possibile spaziare da aree residenziali con alta densità a quelle con bassa densità, da zone comprendenti servizi vari a zone industriali e produttive.

Dal punto di vista di composizione architettonica questo fattore rappresenta una forza poiché la varietà funzionale presente permette di avere libertà espressiva e artistica.

Tuttavia la presenza di zone industriali adiacenti a quelle residenziali potrebbe influire negativamente a causa degli scarichi delle fabbriche che renderebbero l'aria poco respirabile e di conseguenza un posto dove abitare poco vivibile.

E' da sottolineare il fatto che ad oggi non si sono riscontrati effetti dannosi dovuti alle presenza delle industrie.

Viabilità lenta e veloce.

Un ulteriore punto vantaggioso del sito è sicuramente la viabilità.

Il servizio di trasporto pubblico urbano è buono e può essere facilmente implementato con il numero di linee e di corse, permettendo così il collegamento con il centro abitato e i servizi principali, come ad esempio la stazione ferroviaria, la quale vicinanza rappresenta un altro punto di forza poiché permette la connessione sovracomunale con i centri di Lecco, Milano e Bergamo e i relativi aeroporti.

Un ampliamento di percorsi di mobilità lenta nelle immediate vicinanze dell'area faciliterebbe il collegamento con il centro della cittadina.

Servizi pubblici.

L'ultimo punto di forza individuato è dovuto alla presenza di plessi scolastici per ogni livello di istruzione, dall'asilo alla scuola media secondaria, che vanno a completare i vuoti lasciati dalle varie residenze e contribuiscono a dare maggior importanza alla zona dal punto di vista di vita sociale.

Oltre all'istruzione, anche i servizi ad uso sportivo sono molteplici e ben funzionanti, rappresentano un fulcro per la vita sociale dei cittadini.



Figura 19. Esempio di sport e tempo libero



Figura 20. Istituto Comprensivo di Calolziocorte



Figura 21. Centro sportivo al Lavello di Calolziocorte.

3.3.2 - Opportunità e Minacce.

Collegamenti.

Percorsi, corridoi e collegamenti rappresentano un punto nodale nell'analisi pre-progettuale poiché l'area di intervento è situata al confine territoriale comunale e funge da filtro tra il vicino centro cittadino e i comuni limitrofi in direzione verso il centro di Bergamo.

La variante Lecco - Bergamo in via di realizzazione permetterà il dirottamento del traffico evitando così l'alta densità presente nelle fasce orarie di maggior affluenza che attualmente rappresenta una minaccia in quanto provoca inquinamento acustico e disagi nella mobilità lenta caratterizzata da eccessivi ritardi delle linee dei bus cittadini e poca fruibilità con i mezzi leggeri.



Figura 22. Esempio di traffico su Corso Europa, Calolziocorte



Figura 23. Esempio di disagio causato dai ritardi delle linee dei bus

L'area trae opportunità anche della vicinanza del lago di Olginate, che oggi risulta essere ben collegata attraverso percorsi ciclopedonali che permettono di godere in pieno la passeggiata lungo le sponde e ammirare lo skyline naturale che offre il Parco Regionale dell'Adda.

Un incremento e un miglioramento dei corridoi ecologici porterebbe a una maggior possibilità di escursioni, visite guidate atte a sensibilizzare le persone.

La scarsa tutela del verde è in contrasto con questa prospettiva e le attrezzature di uso pubblico all'interno dell'area andrebbero migliorate dal punto di vista qualitativo.

Mix Funzionale.

Il concetto opposto del collegamento è rappresentato da punti di discontinuità tra le zone residenziali e quelle produttive.

La mancanza di elementi caratterizzanti le varie funzioni crea disordine visivo e percettivo, e attualmente non ci sono i cosiddetti "elementi filtro" che hanno il compito di comunicare tra le funzioni di natura privata, come le residenze, e i servizi pubblici che offre la città.

Gli interventi che andrebbero fatti riguardano, per esempio, inserire arredi urbani che ne caratterizzino la destinazione d'uso, colmare i vuoti creati con infrastrutture nuove, valorizzare i corridoi di collegamento tra le funzioni.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva delle analisi fatte, contenuti tutte i punti esplicitati precedentemente. (Tav.11 Rif. U 11)

<p>Tessuto urbano: mix funzionale del tessuto urbano permette una rilevante libertà progettuale sia dal punto di vista funzionale che da quello estetico.</p> <p>Nell' intorno dell' area sono presenti delle reti locali di trasporto pubblico</p> <p>L' area di progetto è nelle vicinanze del parco Adda Nord e del lago di Olginate.</p> <p>Il sito di progetto è collocato tra la zona industriale e il centro cittadino avendo così a disposizione molti servizi e funzioni pubbliche</p> <p>Servizio di trasporto pubblico ferroviario permette la connessione a livello sovracomunale con Milano, Bergamo, relativi stazione e aeroporti e in generale l' intera provincia di Lecco</p> <p>Sono presenti plessi scolastici per ogni livello di istruzione, dall' asilo alla scuola secondaria.</p> <p>Il servizio di trasporto pubblico urbano può essere facilmente aumentato implementando il numero di linee e il numero di corse.</p> <p>Implementare i percorsi di mobilità lenta e relativi servizi per poter raggiungere la stazione ferroviaria da ogni punto della cittadina.</p>	<p>Nonostante la zona sia servita da molte fermate riguardanti il trasporto pubblico, il numero delle corse e servizi è molto ridotto al solo territorio comunale</p> <p>Poca cura dell'arredo urbano in prossimità dell' area di progetto rendono l'area una zona residenziale poco vivibile.</p> <p>La presenza di zone industriali potrebbe influire negativamente a causa dell' uso di materiali potenzialmente inquinanti.</p>
<p>Presenza di percorsi ciclopedonali lungo le sponde del vicino lago di Olginate.</p> <p>Possibilità di escursioni, visite guidate per la sensibilizzazione del rispetto della natura nel Parco Regionale Adda Nord.</p> <p>La variante Lecco-Bergamo in costruzione permetterà il dirottamento del traffico senza passare dal centro cittadino.</p> <p>Le dimensioni del lotto di progetto danno la possibilità di buoni spunti progettuali.</p>	<p>Attualmente in assenza della "variante Lecco-Bergamo" il traffico pesante e non, attraversa il centro cittadino</p> <p>Il fronte nord del sito di progetto è confinante con l' arteria principale delle città di Calozicorte provocando inquinamento acustico.</p> <p>Il mix funzionale crea discontinuità tra la zona abitativa e industriale.</p> <p>Scarsa tutela del verde e attrezzature pubbliche</p>

Figura 24. Tavola riassuntiva FDOM.

3.4 Concept Plan.

Le indagini e le analisi svolte hanno permesso di tracciare le linee guida che accompagneranno la successiva fase di progettazione architettonica.

Gli interventi che si vogliono effettuare sono da analizzare facendo riferimento a due scale diverse, quelle di tipo urbanistico, comprendente tutte le modifiche e soluzioni inerenti al contesto in cui è collocato l'edificio, e quelle di tipo architettonico, ovvero gli interventi riguardanti direttamente l'oggetto in esame.

Dal punto di vista urbanistico, si vuole intervenire mediante operazioni di riqualifica del verde, tramite l'innesto di nuove piantumazioni atte a ridefinire i viali e creare corridoi ecologici al fine di migliorare dal punto di vista qualitativo la zona residenziale.

Oltre alla riqualificazione del verde è previsto un cambio di pavimentazione delle strade all'interno della zona delle residenze, rendendo gran parte di esse riservate esclusivamente ai pedoni con lo scopo di identificare meglio la funzione e allo stesso tempo rendere un posto più sicuro dove vivere.

Infine, per far sì che la zona sia ben servita e favorire l'uso di mezzi pubblici, verranno implementate le linee dei bus urbani inserendo nuove fermate. Inoltre, verrà migliorato il collegamento della pista ciclabile, andando a ridisegnare il percorso dove attualmente presenta delle interruzioni e inserendo dei bike sharing in punti strategici. (Tav.12 Rif. U 12)

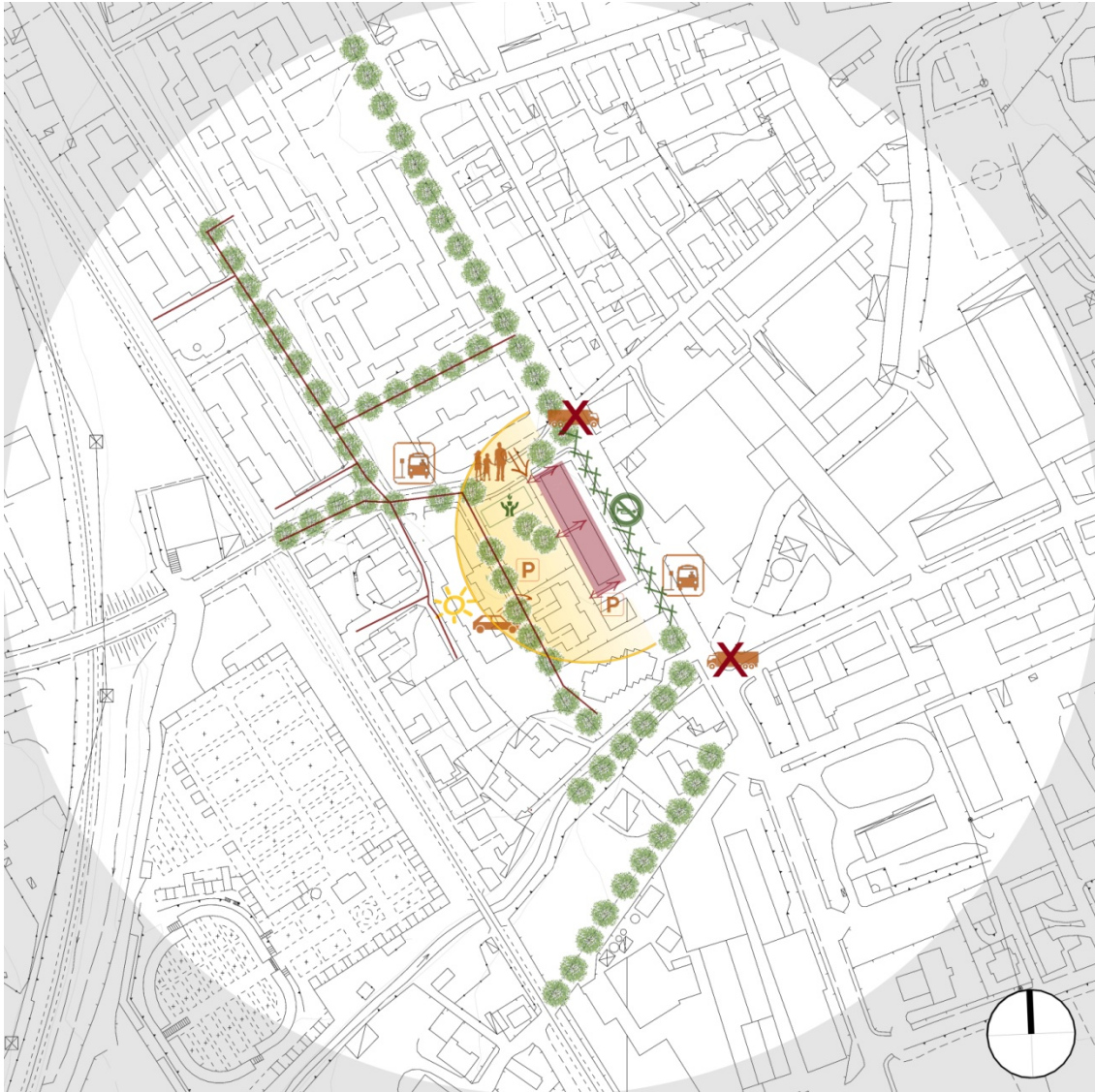


Figura 25. Concept plan a scala urbanistica.

Gli interventi che invece interessano direttamente l'edificio riguardano la sua geometria, l'orientamento e la l'accessibilità.

Il lotto presenterà due ingressi separati, uno destinato al solo ingresso di auto e l'altro ingresso sarà esclusivamente pedonale al fine di garantire la sicurezza degli utenti. La zona parcheggio all'aperto, vicino l'ingresso carrabile, verrà ampliata così da garantire un posto auto ad ogni unità abitativa della residenza.

L'aspetto che dovrà essere trattato con maggior attenzione nella fase di scelte di progettazione preliminare consiste nell'orientamento.

Lo studio del percorso solare nell'arco giornaliero e nell'intero anno, lo studio delle ombre e dell'incidenza solare, sono operazioni che rientrano tra analisi fondamentali, le quali influenzeranno i successivi temi trattati nella fase decisionale.

Diversamente da come è caratterizzato adesso, l'edificio presenterà la zona giorno, luogo e spazio dove si svolgeranno gran parte di azioni sociali, nell'affaccio sud-ovest, verranno aumentate le superfici vetrate per sfruttare al meglio l'affaccio più soggetto a irradiazione solare e verrà aggiunto un elemento aggettante, ballatoio/balcone che comporterà un inevitabile aumento di superficie in pianta.

Altra operazione importante che verrà effettuata sarà quella di inserire una barriera verde lungo la lunghezza dell'affaccio Nord, corrispondente alla zona notte, più intima rispetto quella opposta, così da proteggere gli utenti dall'inquinamento acustico dovuto al traffico frequente della strada limitrofa.

Tra le attività relazionali che verranno a crearsi tra gli abitanti, ci sarà anche quella della coltivazione; verrà messo a disposizione una zona dove poter curare un orto, uno per unità abitativa, al fine di sensibilizzare le persone e promuovere attività sociali.

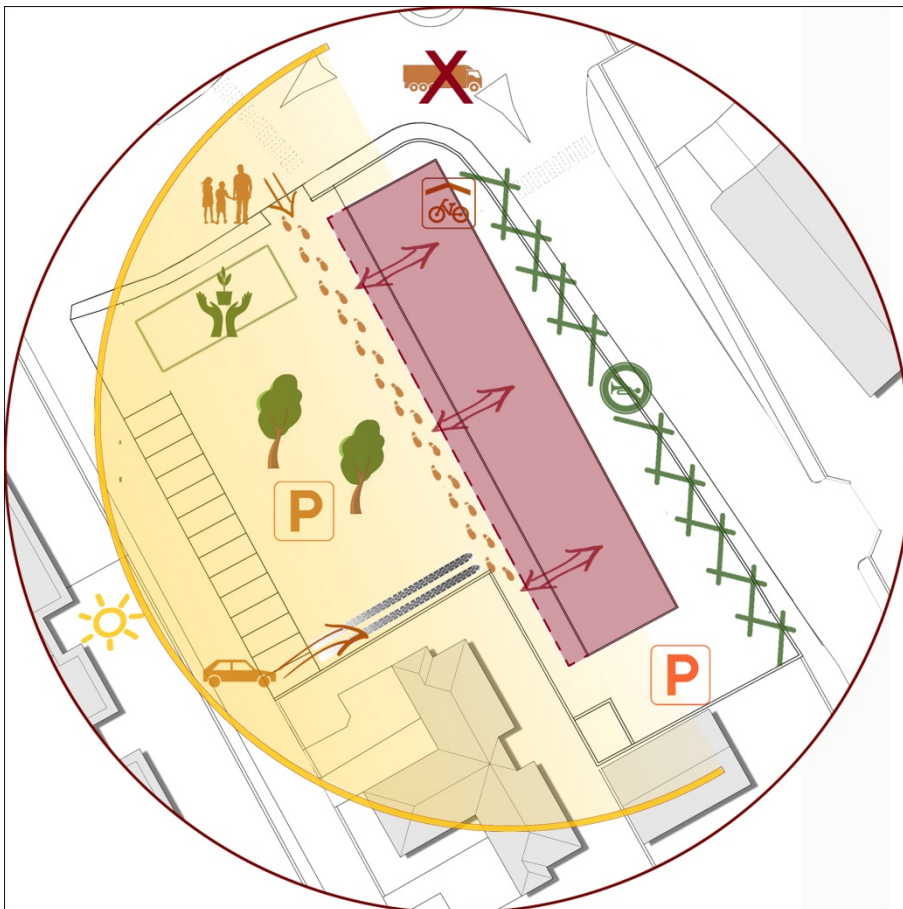


Figura 26. Concept plan dell'area di progetto.

3.5 Buone Pratiche.

Le buone pratiche sono un passaggio fondamentale nella progettazione, sia per il carattere di stimolo da cui scaturiscono spunti e riflessioni, sia per la coscienza di ciò che attualmente già esiste ed è presente nel complesso sistema del costruito internazionale.

Di seguito sono elencati gli esempi presi come riferimento per la successiva composizione architettonica del progetto di recupero materico e prestazionale.

- 1 MILANO. RESIDENZE IN VIA GALLARATE, MAB ARCHITECTURA
- 2 BRUXELLES. HOUSING, MDW ARCHITECTURE
- 3 PARIGI, SQUARE VITRUVÉ, ATELIER DU PONT
- 4 TORINO, CASA 100K, MARIO CUCINELLA
- 5 PARIGI. REAR WINDOWS, GELIN-LAFON

Il passaggio successivo è stato quello intuibile dagli sketch sottostanti, ovvero le ipotesi di una prima serie di connotati a livello di composizione della facciata, legati strettamente alla preesistenza.

Matericamente, l'interesse è quello di utilizzare elementi in cemento, vetro e parti metalliche, come materiali principali della composizione, per innalzare la qualità visiva e per nobilitare una tipologia abitativa rivolta alle fasce meno abbienti, ma non per questo non da meno interesse ad un'architettura di pregio, che sappia distinguersi.

Andando poi al livello di dettaglio, le considerazioni fatte a livello compositivo sono state implementate tecnologicamente, attraverso lo studio con schizzi tecnici (come illustrato di seguito), di quei particolari costruttivi più interessanti e di maggior complessità

Questa prima fase progettuale è rigorosa e puntuale, dal momento che prelude irreversibilmente tutta la successiva evoluzione del presente progetto. (Tav.13 Rif. U 13)

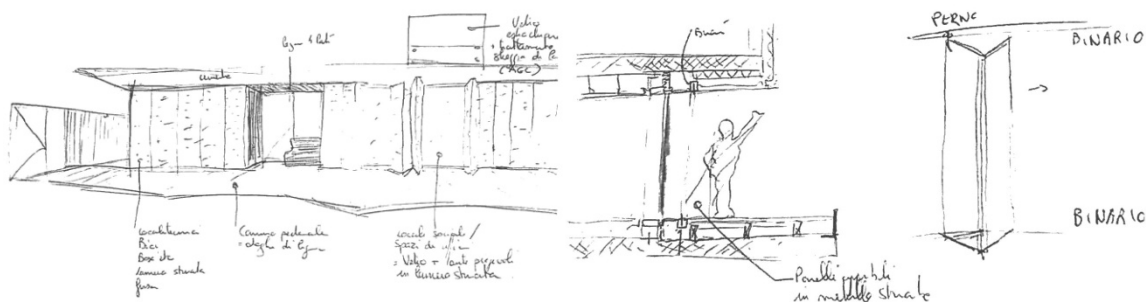


Figura 27. Sketch di studio preliminare.

1. Residenze Sociali in via Gallarate, *Mab Architectura*, MILANO 2011

Il progetto consiste in un intervento di Social Housing promosso dal Comune di Milano all'interno di un'area di 33.500m² nel quartiere Gallaratese, nella periferia nord-ovest di Milano. L'area d'intervento si colloca in un lotto stretto e lungo le cui sponde si affacciano rispettivamente a sud verso il fronte costruito di via Appennini, limite del quartiere residenziale Gallaratese, e a nord verso via Gallarate. Il progetto prevede la realizzazione di 184 appartamenti, servizi alla residenza e un parco di circa 3 ettari.



Figura 28. Collage di foto, Residenze Sociali in via Gallarate.

Il parco e lo spazio pubblico strutturano l'intervento architettonico mettendo in relazione gli edifici, le zone verdi e i percorsi in un discorso continuo, omogeneo e unitario. Un percorso pedonale est-ovest organizza l'insieme, relazionando le fasce verdi a nord e sud. A sud il parco è dotato di aree attrezzate distinte per uso e qualità dei materiali. A nord, il problema dell'inquinamento acustico della Via Gallarate e della creazione di una barriera di protezione è stato affrontato con la volontà di mantenere la permeabilità tra strada e parco. Un sistema muro-collina di altezza variabile si lascia perforare e ritagliare secondo le linee di accesso pedonale e accoglie al suo interno, in spazi semi-ipogei, dei piccoli padiglioni di servizio al quartiere. I quattro edifici residenziali si collocano all'interno del lotto in corrispondenza delle pause tra gli alti edifici della via Appennini, a sud. In questo modo viene garantito il massimo soleggiamento e preservata la vista dagli appartamenti.

Gli appartamenti, la maggior parte di tre e quattro locali, sono caratterizzati da una distribuzione flessibile; si riducono al minimo gli spazi distributivi, le cucine si integrano nelle zone giorno o si separano dai soggiorni con pannelli scorrevoli. Gli alloggi sono disegnati con una particolare attenzione all'esposizione solare est-ovest e alla ventilazione incrociata. Godono tutti di ampie vetrate ad alto rendimento termo-acustico e di loggie schermate con gelosie d'alluminio che rappresentano luoghi intimi di transizione tra interno ed esterno.

2. Housing Savonnerie Heymans, *MDW Architecture*, BRUXELLES 2011

Sul sito un parco di 6.500 una ex fabbrica di sapone a meno di mezzo miglio dalla Grand'Place , il progetto di edilizia sociale crea un vero e proprio "villaggio" di 42 alloggi sostenibili di diversi tipi tra cui monolocali , appartamenti da 1 a 6 camere da letto, soppalchi , duplex e maisonette.

Anche se un sistema di edilizia residenziale pubblica al 100 % , grazie alla diversità del suo programma la Savonnerie Heymans fornisce una varietà di spazi che echeggiano la diversità delle persone che vivono nel cuore di Bruxelles . Vetrata logge bioclimatiche caratterizzano l'intero complesso , fornendo una barriera acustica e termica efficace, ma anche fornendo un senso di privacy .



Figura 29. Collage di foto, Housing Savonnerie Heymans.

Considerando la rapida crescita della popolazione di Bruxelles, il sistema dispone di alloggi di alta densità dotate di servizi come ad esempio una sala per riunioni sociali ed eventi , una "Ludothèque" (libreria e spazio giochi) pubblica e ampio spazio pubblico :la " mini - foresta " giardino , il "parco paesaggistico 3D", il parco giochi e la passeggiata principale.

Le logge bioclimatiche in vetro chiuse forniscono per ciascuna unità abitativa un'ottima acustica e un sistema di isolamento termico che non richiede costosi e complicati servizi per gestire e ridurre notevolmente il consumo di energia. L'edificio Loft è stato trattato con un approccio innovativo, l'edificio è ora definito "passivo" in quanto richiede meno di 15 KW/m² l'anno di fabbisogno primario di calore.

Accanto alle logge bioclimatiche , il sistema dispone anche di un sistema di riscaldamento collettivo per l'intero sito (cogenerazione) , acqua calda sanitaria riscaldata da 60m² di pannelli solari , raccolta dell'acqua piovana per WC , manutenzione e giardini e materiali naturali per l'isolamento (fibre di canapa , sughero espanso ecc..). Per quanto possibile , gli edifici e le strutture esistenti sono state mantenute e riutilizzate .

3. Square Vitruve, Atelier Du Pont, PARIGI 2013 - Progetto

"Square Vitruve " è un progetto immobiliare in proprietà costruita su una lastra di cemento sul sito della ex villaggio di Charonne . E' praticamente inaccessibile , totalmente privo di vegetazione e informe , ed è stato costruito negli anni '70 e '80 , senza alcuna considerazione per la città e di come la gente lo usa. Insieme con la costruzione della tramvia sul viale vicino, il progetto di ristrutturazione Maggiore urbano in corso per il quartiere di Saint- Blaise sta aprendo questo angolo dimenticato di Parigi .



Figura 30. Foto Render del progetto Square Vitruvio.

La principale riabilitazione di questo edificio gravemente degradato contenente 56 unità abitative sociali è stato effettuato mentre era in uso in un ambiente urbano, tecnico e legale molto complesso e ha svolto un ruolo nel preservare il tessuto sociale di un quartiere in forte cambiamento.

L'analisi si è basata prevalentemente sugli studi delle inclinazioni solare e delle ombre per valutare l'impatto dei vicini grattacieli , Atelier du Pont ha suggerito di aggiungere balconi esclusivamente dove aveva senso che esistesse . Questa è stata una semplice idea che era difficile da mettere in pratica , ma ha fornito appartamenti con spazi esterni di grandi dimensioni ristrutturando completamente la composizione della facciata.

Questa nuova pelle è stata installata senza mettere macchinari pesanti sulla lastra di cemento armato senza l'utilizzo di gru. I balconi sono sospesi dal tetto , e tutti i materiali e le soluzioni tecniche sono state studiate per non sovraccaricare la struttura esistente e non intralciare la tranquilla vita quotidiana dei residenti.

4. Casa 100K, *Mario Cucinella*, TORINO 2009 - Progetto

100mq a 100 mila euro è l'idea dell'architetto Mario Cucinella, un progetto a basso costo, a misura di desiderio e a basso impatto per conciliare l'aspetto economico, quello sociale e quello energetico.

Il risultato è una casa plurifamiliare viva, colorata, che lascia spazio alle differenti identità e modalità di vivere, e che è capace di produrre energia utilizzando ogni strategia passiva e attiva di sfruttamento delle risorse rinnovabili di energia.



Figura 31. Foto Render del progetto Casa 100K.

In virtù del basso costo iniziale e della sua efficienza energetica, la casa è acquistabile con un mutuo che può essere coperto in buona misura attraverso l'energia che essa stessa produce, senza immettere anidride carbonica nell'ambiente.

Tutto questo è reso possibile grazie all'impiantistica fotovoltaica integrata architettonicamente, all'utilizzo di superfici captanti energia solare per i mesi invernali, alla circolazione interna dell'aria per quelli estivi e a tutte le strategie passive adottabili per rendere l'edificio una macchina bioclimatica.

Il contenimento dei costi di realizzazione è invece affidato all'impiego di prefabbricazione leggera e flessibile: elementi strutturali, apparati tecnici, attrezzature mobili come pannelli scorrevoli, smontabili, curvabili per la divisione interna degli alloggi, sistemi di chiusura o tamponamenti monoblocco costituiti da componenti sostituibili, in grado di diversificare l'aspetto esterno, ma anche garantire un'estensione di quello interno caratterizzato da balconi, logge e terrazzi.

Il tutto inserito in un framework che costituisca l'ossatura base non invasiva di uno schema aggregativo di abitazioni monofamiliari. Si arriva così al risultato di una casa componibile che consente di liberare progetti, aspirazioni e stili abitativi diversi.

5. Valenton Housing, *Gelin Lafon*, PARIGI 2013 - Progetto

Il Progettista ha deciso di creare un edificio che girava su se stesso, sul suo cortile, i suoi abitanti, in una sorta di moderna pò utopica società dove le persone vivono e condividono un pezzo di città.

Il progetto si trova nella zona di sviluppo urbano Pompadour, un quartiere con un ortonormale e design regolare con edifici che costeggiano una strada secondaria , attraversata da lunghe distese verdi. Si compone di due edifici, uno con quattro piani di abitazioni oltre i negozi in Avenue Duranton, l'altra con tre piani di abitazioni in Rue Roland Roche.



Figura 32. Foto Render del progetto Valenton Housing.

Un giardino cortile alberato in piedi in mezzo del sito a livello collina collega corridoi e appartamento su due livelli.

Gli edifici ospitano diversi tipi di appartamenti, attici di piccole e ampie dimensioni, posti anche su due livelli, offrendo varie tipologie per diverse richieste. Notevole è la capacità di sfruttare appieno gli spazi esterni ampi, questo fa in modo di creare un'interfaccia diretta tra lo spazio condiviso al centro delle strutture e spazi privati.

Fortemente opposto dell'immagine di costruzione dove la maggior parte residenti provengono da , offre autentici variazioni tra gli spazi pubblici e privati, con meticolosa attenzione per le facciate di legno ceramica e ampia smaltata . Questa qualità duratura non è destinato esclusivamente per il cliente , ma mostrano anche che noi, come gli architetti prendiamo molto sul serio l'immagine di sé di un individuo e l'immagine che si ha di altri attraverso il luogo in cui vivono.

Capitolo 4

L'edificio Aler oggi

4.1 - Introduzione

L' edificio costruito nel 1971 su progetto dello studio Baran Ciagà – Gambirasio – Zenoni con i fondi Ina-Casa – Gescal, è un compatto parallelepipedo che sorge al margine della statale birantea, lievemente ribassato dal piano stradale, all'uscita dell'abitato in direzione Bergamo, Vicino al più ampio complesso di residenza pubblica di via Vittorio Veneto.

Il tono è a metà tra le esperienze neo-liberty degli anni '60 e la ricerca di espressività per i materiali semplici della tradizione costruttiva, con un vago riferimento brutalista per il grande camino isolato della centrale termica.

I tre piani di alloggi sono collocati in un basamento a portico che presenta una pianta articolata; qui sono collocate le funzioni di servizio e d' ingresso.

L'alloggio tipo è impostato su un modulo simmetrico; sono presente due logge collocate l' una in opposizione all' altra sui due lati dell'edificio; tutti i locali abitabili si aprono su tale apertura.

L'unità immobiliare tipo presenta l' ingresso che si apre su soggiorno e cucina contrapposti di dimensioni ampie; nella parte centrale è presente un corridoio di distribuzione che serve i bagni e le stanze; Sono presenti tre camere da letto di cui le due di maggiori dimensioni posizionate in modo simmetrico, mentre la più piccola copre le stesse dimensioni dei due bagni.

I serramenti sono in legno verniciato bianco, con suddivisione interne, sottolineati da cappelli e davanzali a tutta larghezza.

Il parapetto delle logge è alleggerito da vuoti simmetrici orizzontali, sempre contornati da copertine in cemento; la finestra è collocata d' angolo con la porta finestra interna, inglobando nel disegno il pilastro.

4.2 - Analisi Planivolumetrico.

L'oggetto di progetto è collocato all' incrocio tra via Padri Serviti e via Briantea; questa seconda strada, posta a Nord del lotto di interesse, è un'arteria principale per la connessione Lecco – Bergamo. E' quindi caratterizzata da un'elevata intensità di traffico (compreso quello pesante). Bisogna ricordare che è però in costruzione una variante che permetterà di bypassare l'abitato di Calolziocorte eliminando questo problema. Sul lato Sud, è presente invece un ampio spazio di pertinenza dell'edificio. Inizialmente è stato progettato come parcheggio ma con alcune caratteristiche peculiari; oggi invece risulta essere uno spazio mal curato senza una ben precisa regola. Sono presenti arbusti di notevoli dimensioni che non possono essere abbattuti. Vi è un unico ingresso senza distinzione tra carrabile e pedonale.

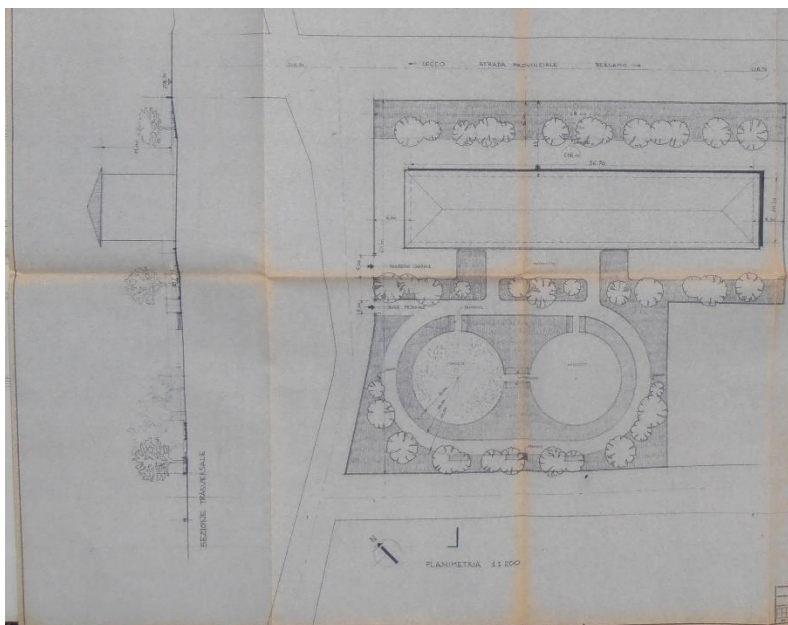


Figura 1. Il progetto originale

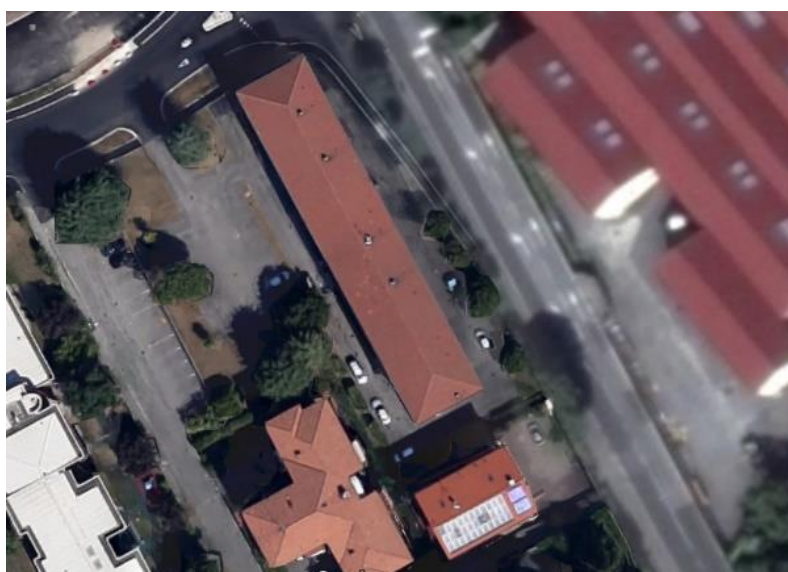


Figura 2. Lo stato attuale

4.3 - La distribuzione planimetrica

L' edificio si sviluppa su quattro piani fuori terra e copertura a doppia falda. Non è presente un piano interrato. Dal punto di vista morfologico la planimetria si sviluppa come un regolare parallelepipedo di notevoli dimensioni pari a circa 56 metri di lunghezza per una larghezza di poco più di 10 metri.

Al piano terra sono presenti i locali di servizio come i locali dei contatori elettrici, il locale immondizia e i box. Questi ultimi sono in numero pari a 15 come il numero degli appartamenti presenti, di circa 15 m² l' uno. Sono presenti inoltre tre ingressi costituiti da vani scale da cui è possibile raggiungere le residenze. I tre blocchi sono identificati con il nome di A, B e C. Non sono presenti ascensori.

Al piano terra troviamo anche un' ampia zona porticata tipica della corrente post razionalista. Sono presenti corridoi che collegano la parte Nord e Sud per poter raggiungere i blocchi di ingresso agevolmente da tutti i residenti.

Il vano scala C è posizionato ad Est, ovvero sul lato più stretto e collega un solo appartamento a piano; gli altri due, ovvero A e B, sono posizionati sul fronte Nord, simmetrici tra loro e collegano N° 2 appartamenti per piano.

Ai piani superiori si trovano le unità abitative in numero pari a cinque per piano con ingressi dai diversi nuclei distributivi.

Gli appartamenti sono di notevoli dimensioni con un elevato numero di locali. Queste unità abitative essendo case popolari erano pensate per accogliere la tipica famiglia che proveniva dal Sud Italia con numerosi componenti al suo interno e che si trasferiva al Nord per acquisire un diverso stile di vita, alla ricerca di lavoro e per avere maggiore stabilità economica. Per questi motivi gli appartamenti presentano tutti dimensioni notevoli, intorno ai 90 m² suddivisi in quadrilocali (esclusi box).

Altra peculiarità di ogni unità abitativa è che presentano doppio affaccio e doppie logge. Tutti i locali hanno affaccio su queste aperture. (Tav. 14 Rif. S01, Tav. 15 Rif. S 02)

Riepilogo unità abitative		
Locale	dimensioni	
Soggiorno	19,8	[m2]
Cucina	7,5	[m2]
Camera 1	17	[m2]
Camera 2	14,5	[m2]
Camera 3	9	[m2]
Bagno 1	4,6	[m2]
Bagno 2	3	[m2]
Loggia 1	4	[m2]
Loggia 2	4	[m2]
Totale	83,4	[m2]

4.4 – I Prospetti

Dal punto di vista compositivo dei prospetti, si può effettuare un confronto con la realizzazione delle costruzioni del periodo.

Sono identificabili alcune peculiarità che contraddistinguono l' edificio di studio e che ne conferiscono maggior valore e prestigio. Il complesso oggetto di tesi, nonostante la vicinanza agli altri complessi residenziali di via Vittorio Veneto si contraddistingue per la compostezza del tipo di base costituita da colonne rivestite per conferire una forma circolare, a differenza dei complessi vicini che non presentano alcuna particolarità.. Nell' impianto è rilevante la visuale verso il lago, di cui possono godere ai piani più alti.

Il carattere morfologico è determinato dalla dialettica tra gli elementi strutturali con la continuità materica del paramento murario in mattoni a vista. L' architetto ha cercato di rendere un elemento strutturale, come un pilastro, un elemento che al tempo stesso diventava decorativo per l' edificio.

La continuità è interrotta dalla concentrazione delle aperture che formano un disegno neo-liberty degli anni 60 e la ricerca di espressività per i materiali semplici della tradizione costruttiva.

Da notare il camino della centrale termica posizionato esternamente all' edificio su fronte nord.

Il basamento costituito da un porticato di notevole dimensioni e da colonne, conferiscono maggior leggerezza al fronte sud. Il fronte nord risulta essere invece molto lineare anche nella parte inferiore in quanto sono presenti i box.

L'intero prospetto spicca per la grande orizzontalità sia dovuta alla continuità materica del mattone a vista, sia dovuta alla morfologia. Infatti anche dal punto di vista prospettico l' edificio risulta essere un parallelepipedo di dimensioni importanti di lati 56,20 per un'altezza di 13 metri. Queste proporzioni danno all' edificio un'elevata orizzontalità.

Per quanto riguarda il sistema loggia rappresenta un insieme decorativo su cui si è concentrata maggiore attenzione dal punto di vista della composizione del prospetto. Sono presenti serramenti in ferro verniciato bianco con divisioni interne, in cui l' architetto ha cercato di trovare continuità tra il sistema serramento-colonna-porta-finestra al fine di dar risalto. Il parapetto è costituito sempre da mattoni faccia a vista con la presenza di aperture longitudinali al fine di conferire una maggiore leggerezza.



Figura 3. L' entrata al lotto di progetto, fronte Sud

(Tav.16 Rif. S 03, Tav.17 Rif. S 04, Tav.18 Rif. S 05, Tav.19 Rif. S 06)

4.5 - Unità abitative

4.5.1 - Unità abitativa tipo 1

Gli appartamenti che hanno accesso dai corpi scala A e B sono le unità abitative tipo. Sono impostati sul modulo simmetrico con due logge contrapposte sui cui hanno affaccio quasi tutti i locali abitabili dell'appartamento. Questi appartamenti hanno dimensione leggermente ridotta nei confronti dell'appartamento raggiungibile da vano scala C.

Le unità tipo hanno una superficie di circa 83 m² ; l' ingresso è posizionato in direzione est/ovest ed è costituito da un portoncino blindato.

Entrati nell' unità abitativa ci si trova nella parte dedicata alla distribuzione dei vari locali. Il corridoio infatti è posizionato in modo centrale rispetto all'appartamento, sui cui si affacciano tutti gli ingressi ai vari locali.

Si trova subito una cucina abitabile in cui è possibile collocare un piccolo tavolino. In contrapposizione si trova un grande soggiorno posizionato sul fronte sud; il soggiorno è di ampie dimensioni. Questi due locali costituiscono insieme la zona giorno.

Proseguendo lungo il corridoio si trovano posizionati sul fronte nord due bagni. Uno è di dimensioni più ridotte adibito principalmente a lavanderia. Nell' altro trovano collocazione oltre ai sanitari la doccia. Posto in maniera frontale ai due bagni troviamo la camera più piccola, camera singola.

Proseguendo nella zona notte troviamo le due camere di dimensioni maggiori e circa uguali. Una camera doppia ed una camera matrimoniale.

Tutti questi locali compresi i bagni si può notare che si affacciano sulle due logge.

Unità abitative				
Zone	Zona giorno	Zona notte	Servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	37,50	43,50	8,50	10,00

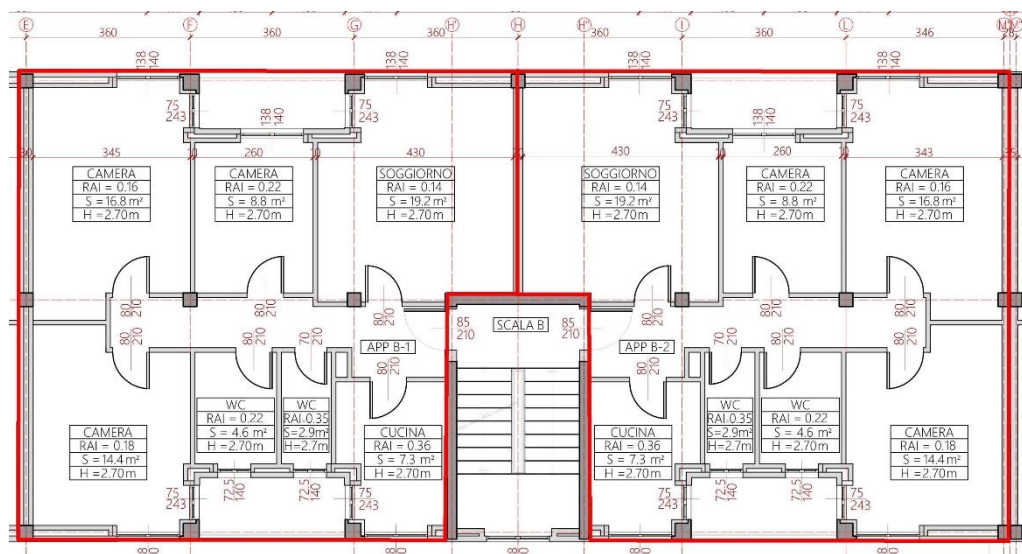


Figura 4. Unità abitativa tipologia 1

4.5.2 - Unità abitativa tipo 2

La scala C serve gli appartamenti di dimensioni maggiori. Diversi dall'appartamento tipo, sono collocati nella parte di testa dell' edificio. Presentano una soluzione particolare per quanto riguarda la zona giorno; vuole essere un recupero della tradizionale cucina di grandi dimensioni come da tradizione, mentre la parte notte rimane invariata rispetto all'unità immobiliare tipo. Le sono dimensioni di circa 98 m².

L'ingresso avviene dal lato Est ed entrati nell' appartamento si è accolti da una zona filtro. Da qui si trovano in opposizione il soggiorno e la cucina, questa volta di dimensioni uguali a quelle del soggiorno, posizionati in direzione nord-Sud; questi due locali hanno una superficie pari a 18,6 m². Una porta conduce poi al corridoio della zona notte. Il corridoio è disposto ancora una volta in modo centrale; tutti i locali sono raggiungibili attraverso questa zona distributiva.

Sul lato Nord troviamo i due servizi igienici come visto precedentemente e di uguali dimensioni. In opposizione ai bagni è collocata la più piccola delle tre camere, ovvero la camera singola di dimensioni pari a 18,6 m².

Proseguendo ancora si raggiungono le due camere una matrimoniale di dimensione maggiore di 17 m² rispetto a quella doppia (la prima ha una superficie di di 17 m², mentre la seconda di 14,6 m²), posizionata sul fronte Nord. Anche in questo caso tutti i locali si affacciano sulle due logge.

Unità abitative				
Zone	Zona giorno	Zona notte	Servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	41,50	43,50	8,50	10,00

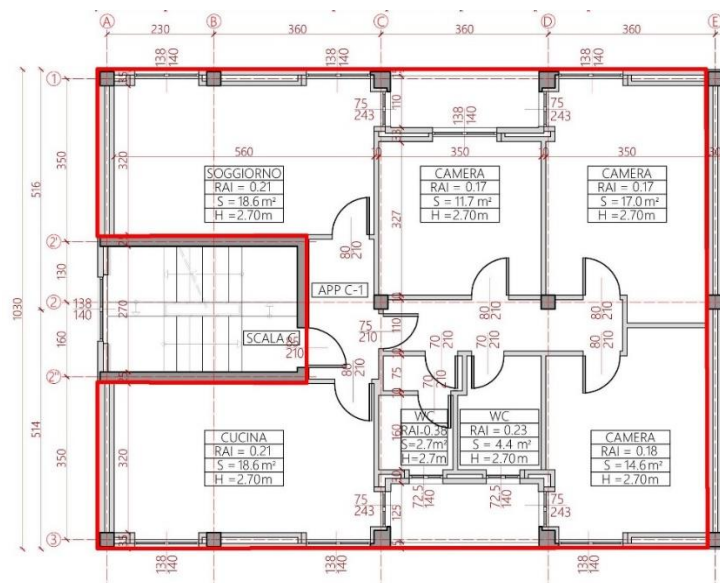


Figura 5. Unità abitativa tipologia 2

4.6 – I Materiali

La conoscenza dei materiali impiegati avviene tramite il rilievo materico. Questo tipo di rilievo deve essere fatto con una lettura critica dell'oggetto di studio, attraverso il riconoscimento della complessità della realtà materica. Tutte le informazioni devono poi essere sintetizzate e rappresentate graficamente.

L'edificio oggetto di tesi presenta i tipici materiali usati per la costruzioni di edifici popolari Aler in Lombardia negli anni settanta. I materiali impiegati infatti sono l'ampio uso del rivestimento in mattoni, il cemento a vista con i segni delle tavole da cassetta; la chiusura superiore è caratterizzata invece dal cotto delle tegole.

Il cemento ha un ruolo fondamentale in questo edificio perché riesce a far spiccare alcune caratteristiche che altrimenti andrebbero perse.

Il colore e la finitura delle superfici del calcestruzzo a vista, dipende dal rapporto di cemento utilizzato, ma anche dalla granulometria presente (granulometrie più basse garantiscono una finitura superficiale maggiormente liscia, al contrario di una più grossolana). I colori dipendono invece oltre che dalla granulometria anche dal colore dei corpuscoli; bisogna anche ricordare che la quantità d'acqua gioca un ruolo fondamentale sulla colorazione finale del calcestruzzo.

Per la finitura della faccia a vista del manufatto è importante la scelta del tipo di legno del cassero da utilizzare oltre che dal posizionamento delle tavole. Tramite queste combinazioni è possibile ottenere diversi disegni esaltando la plasticità del materiale.

L'edificio presenta una muratura con finitura in calcestruzzo a vista nella parte inferiore, ove sono presenti delle armature caratterizzate da un colore molto chiaro e una finitura superficiale grezza faccia a vista; è possibile infatti vedere i segni dei casseri in seguito al disarmo; questa finitura viene anche chiamata fondo cassero.

Le colonne sempre presenti a livello zero, sono costituite da un rivestimento circolare in calcestruzzo a vista che ricoprono interamente il vero elemento strutturale di dimensioni inferiori. L'effetto risulta essere un cilindro discretizzato; Questo effetto si può ottenere con particolari cassetture.

Il cemento a vista è anche messo in risalto nelle logge in cui sono visibili i pilastri tra serramento e porta finestra; anche in questo caso si ha una colorazione chiara e finitura liscia.

Il davanzale delle finestre delle logge il cemento è utilizzato in profili prefabbricati. La finitura di questi elementi è molto liscia dovuta a una stuccatura seguente la realizzazione. Il colore è un grigio più scuro rispetto agli altri elementi.

Capitolo 4 – L' edificio Aler oggi

I mattoni in laterizio sono il materiale che più risalta guardando l' edificio. Infatti dal piano primo fino alla copertura si ha l'impiego di questo materiale che conferisce all' intero edificio quella colorazione tipica dei laterizi. Questa soluzione di paramento murario aiuta ad aumentare la sensazione di orizzontalità.

I mattoni impiegati sono di dimensioni 5,5 x 12 x 25 cm connessi tramite giunto di malta bastarda di colore grigio e spessore 1 cm; la buona pratica consiglia di posare i mattoni dopo averli bagnati perché senza bagnatura assorbirebbero troppo acqua dalla malta creando problemi.

La superficie è liscia e si ha una quantità di n° 62 pezzi al m².

Un altro materiale presente è il pvc utilizzato per le tapparelle, che presentano un cassonetto in ferro non isolato. Il pvc è anche presente nelle tende da esterno sulle logge , aggiunte successivamente.

L'ultimo materiale che si analizza è il metallo, per lo più acciaio verniciato e rame.

Il rame è presente per gli elementi di scolo delle acque, come gronde e canali, ovvero tutti quegli elementi di lattoneria; l' ossidazione del materiale presenta uno stato già avanzato.

L' acciaio è presenti nelle basculanti dei box. Il colore è un grigio chiaro al fine di creare maggiore somiglianza con il calcestruzzo a vista e creare un maggiore effetto di mitigazione.

Infine gli ultimi elementi in metallo presente si trovano nei serramenti; sono verniciati di colore bianco ai piani abitati, mentre sono colorati di colore grigio nei vani scala per identificare la zona distributiva.

4.7 – Analisi del Degrado

Il rilievo del degrado consiste nella comprensione del suo stato di conservazione. Ha lo scopo di indentificare i problemi e i meccanismi in atto che possono causare problematiche all' edificio, sia dal punto di vista estetico che dal punto di vista strutturale.

Si tratta di formulare descrizioni oggettive e non interpretative delle singole anomalie riscontrate al fine di essere maggiormente precise.

4.7.1 – Stato del degrado

Lo stato di conservazione dell' oggetto di tesi presenta uno strato di conservazione problematico anche se molto è causato dalla scarsa manutenzione. Se fosse stata fatta una regolare manutenzione, molte problematiche sarebbero assenti o sicuramente non in uno stato di degrado avanzato. I principali degradi sono di tipo fisico e non strutturale; non sono infatti presenti cedimenti strutturali o gravi fessurazioni.

L' edificio presenta le seguenti anomalie e degradi:

Capitolo 4 – L' edificio Aler oggi

- Macchia: variazione cromatica localizzata della superficie, correlata sia alla presenza di determinati componenti naturali del materiale (concentrazione di pirite nei marmi) sia alla presenza di materiali estranei, come acqua, prodotti di ossidazione di materiali metallici, sostanze organiche, vernici, microrganismi ecc.
- Distacco: Soluzione di continuità tra rivestimento e impasto o tra due rivestimenti.
- Lacuna – mancanza: Perdita di continuità di superfici o di elementi tridimensionali (parte di intonaco e di un dipinto, porzione di impasto o di rivestimento ceramico, tessere di mosaico ,braccio di una statua ecc.)
- Patina biologica: Strato sottile ed omogeneo costituito prevalentemente da microrganismi.

Le definizioni sono riportate da NorMal 1/88 II° edizione.

Tutti questi degradi sono presenti nell' edificio. In particolare si ha la presenza di macchie di colore bianco in facciata dovuto probabilmente a interventi di manutenzione casalingo.

Si ha distacco per quanto riguarda la trave del piano primo, in cui il coprifermo non è più presente e l' armatura è a vista, mettendola all'esposizione degli agenti atmosferici.

Si trova invece il degrado lacuna – mancanza nelle pareti al piano terra del vano scale, in prossimità dell' ingresso in cui si ha la mancanza del vetro in seguito sicuramente alla rottura.

La patina biologica è presente nel prospetto Nord, in cui la sfavorevole posizione della facciata ha favorito la formazione di una patina costituita da muschi lungo il cornicione in cemento.

4.7.2 - Anomalie da degrado antropico

Per degrado antropico si intende qualsiasi forma di alterazione e/o di modificazione dello stato di conservazione di un bene e/o contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall' uso improprio; le cause sono:

- Collocazione impropria di elementi tecnologici;
- Collocazione impropria di cavi (luce telefono);
- Uso improprio di materiali edili;
- Assenza di manutenzione;
- Vandalismo

Questa tipologia di degrado è presente anche nell' edificio oggetto di studio. Si può evidenziare la presenza di scritte vandaliche al piano terra in prossimità degli ingressi, nonché all' interno dei vani scale.

Il prospetto ovest, a ridosso delle logge sono state posizionate numerose antenne televisive e antenne paraboliche. Sul prospetto est invece si evidenzia la presenza di condutture impiantistiche in facciata dell' impianto del gas a metano.

4.8 - Il sistema tecnologico

Si definisce sistema tecnologico, l' insieme di elementi spaziali e di elementi tecnici di un sistema edilizio, concepiti e progettati unitariamente, avente caratteristiche di continuità fisica e di autonomia funzionale, dà luogo ad un organismo edilizio: l' edificio. Il sistema tecnologico si articola a più livelli a cui corrispondono specifici gradi di complessità delle parti costituenti ciascuno di essi:

- il primo livello riguarda le classi di unità tecnologica (per esempio, chiusura);
- il secondo livello riguarda le unità tecnologiche (per esempio chiusura verticale);
- Il terzo livello riguarda le classi di elementi tecnici (per esempio: infissi esterni verticali);
- Il quarto livello è quello degli elementi tecnici (per esempio: finestra).

Gli elementi appartenenti a ciascun livello sono selezionati in base ai criteri di omogeneità. (Norma UNI 8290).

Il rilievo del sistema tecnologico è stato reso possibile in seguito all'analisi delle tavole originali presenti negli archivi dell' Aler. Non erano disponibili però le denunce dei cementi armati e le tavole riguardante la parte strutturale vera e propria , come vedremo in seguito.

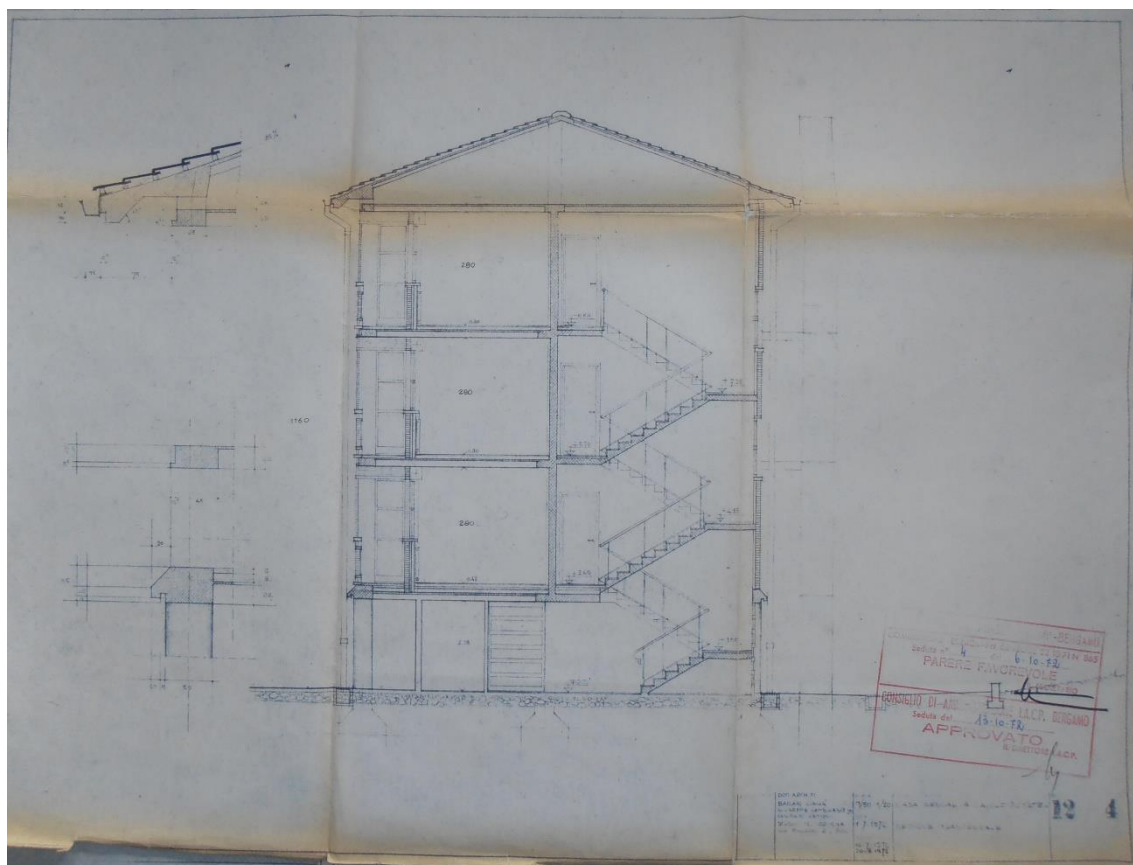


Figura 6. Tavola originale Sez. A-A

4.8.1 - Unità Tecnologie

Le chiusure verticali sono costruite con una tipica tecnologia costruttiva lombarda degli anni '60: la cassa vuota.

Le pareti a cassa vuota dette anche con intercapedine, sono formate da due strati più o meno distanziati, tra i quali viene a crearsi un' intercapedine di aria nella quale può essere inserito lo strato di materiale isolante o rimanere libera. Il tamponamento a cassa vuota, il cui spessore può variare agendo sulle dimensioni della camera d' aria, permette sempre delle soluzioni razionali del nodo struttura tamponamento; sta al progettista trovare quella giusta, in relazione alle dimensioni dei pilastri e allo spessore complessivo delle murature di tamponamento. Quanto si lascia il pilastro a vista, il tamponamento può essere sia rientrante che sporgente, rispetto al filo pilastro.

Le chiusure verticali presenti nell' edificio, a differenza della tradizionale muratura a cassa vuota che presenta mattoni forati sia nella parte interna che in quella esterna, si ha internamente forati di dimensioni 8 x 25 x 25 cm legati con giunto di malta cementizia di 1 cm. Esternamente troviamo mattoni pieni faccia a vista di dimensioni 12 x 5,5 x 25 con funzioni di paramento murario con giunto di malta arretrato rispetto al filo esterno della parete; il giunto è di spessore 1 cm.

Esternamente come detto si ha finitura in mattoni faccia a vista, mentre internamente lo strato di finitura è costituito da intonaco a base di calce e gesso di spessore 1 cm. Tra strato interno e strato esterno è presente un intercapedine di 12, 5 cm; questo strato avrebbe dovuto aumentare le proprietà di isolamento termico; bisogna però essere a conoscenza del fatto che l' aria può svolgere la funzione di isolante in uno spessore compreso tra i 2 e 10 cm; spessori maggiori possono fornire dei buoni risultati solo a patto che non si instaurino moti convettivi all' interno dell' intercapedine.

Nelle pagine seguenti si analizzano le varie chiusure con particolare attenzione alla prima, in quanto costituisce il riferimento standard tra interno ed esterno.

Chiusura verticale

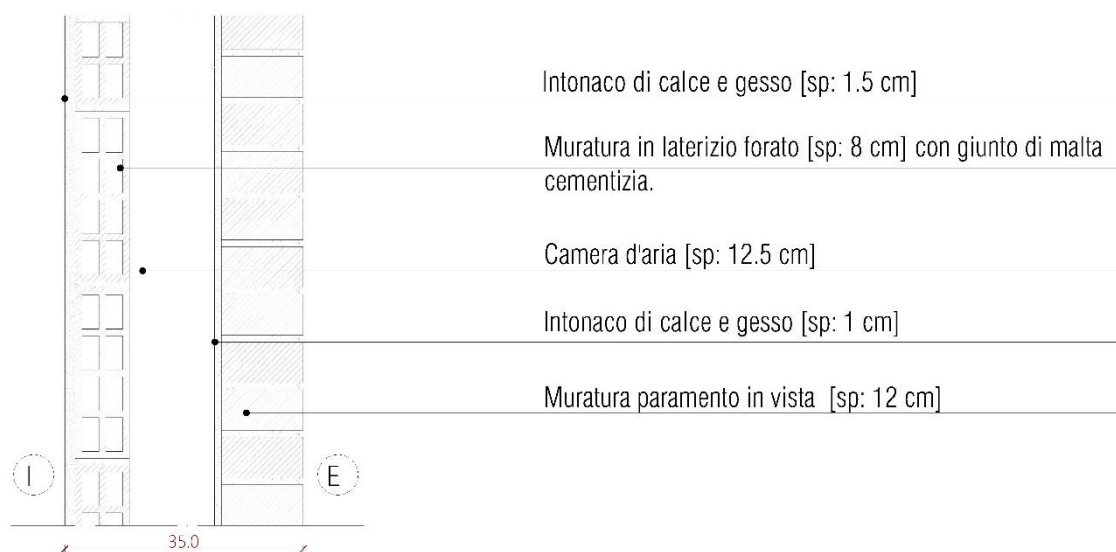


Figura 7. Chiusura verticale

Caratteristiche chiusura				
Materiale	spessore [m]	resistenza [m ² k/W]	densità [kg/m ³]	calore specifico [J/kgK]
Intonaco di calce e gesso	0,015	0,0214	1400	836,8
muratura in laterizio forato	0,08	0,2	1800	934,35
Intercapedine d'aria	0,125	0,16	1	1104,16
muratura paramento in vista	0,12	0,15	1800	836,8

Come detto precedentemente, per questa chiusura si analizza in modo più approfondito perché si tratta della chiusura che costituisce l'interno involucro esterno, ovvero che fa da barriera tra interno ed esterno.

Si riportano i dati riferiti a trasmittanza totale, sfasamento ecc.

Proprietà principali struttura		
Colore parete esterna	chiaro	[-]
Numero strati	4	[n°]
Spessore totale	0,315	[m]
Resistenza termica totale	0,7305	[m ² K/W]
Trasmittanza termica totale	1,3689	[m ² K/W]
Attenuazione	0,3961	[-]
Sfasamento	7,27	[h]

Chiusura orizzontale inferiore

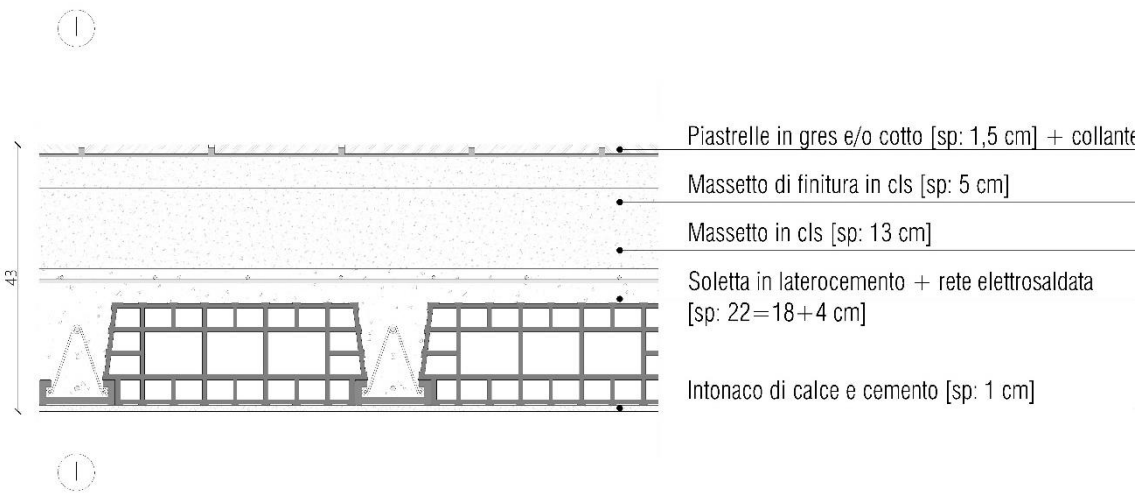


Figura 8. Chiusura orizzontale piano primo- spazio porticato

Questa soluzione è presente sia tra appartamento e garage, sia tra appartamento e zona porticata.

La struttura portante è costituita dalla soletta in laterocemento composta da travetti e pignatte di altezza 22 cm. Si può notare il notevole spessore del massetto in quanto sono contenuti tutte le tubazioni impiantistiche provenienti dalla centrale termica che si diffondono in tutto l' edificio.

Un'ulteriore osservazione è l' assenza di uno strato di isolamento.

Chiusura orizzontale superiore

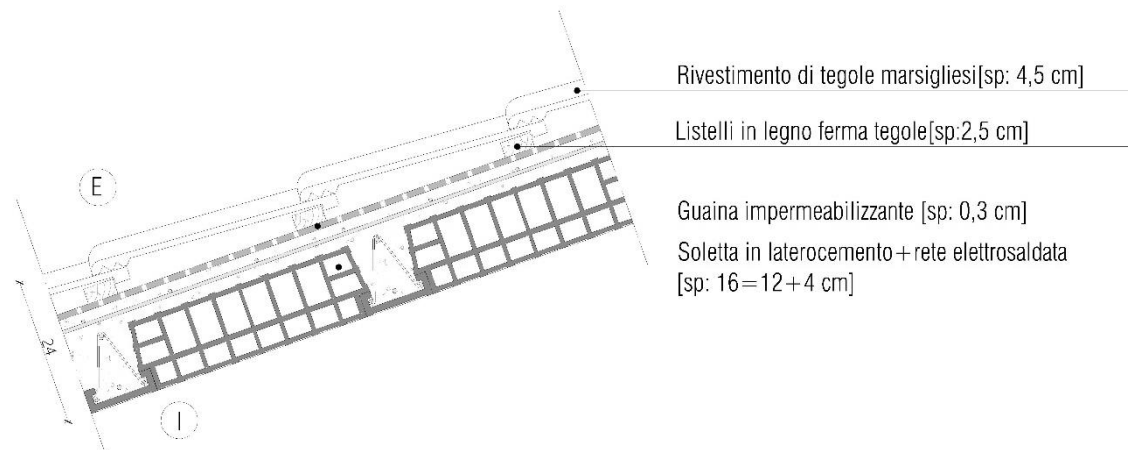


Figura 9. Chiusura orizzontale superiore

Come nel caso precedente, la parte strutturale è costituita da un solaio in laterocemento inclinato di altezza pari a 16 cm. Il rivestimento è costituito da tegole marsigliesi in laterizio color cotto. Si ha una copertura discontinua in quanto la tenuta all'acqua è rimandata appunto a elementi discontinui. Si è ipotizzata la presenza di una guaina bituminosa al fine di proteggere il fabbricato dalle infiltrazioni. Anche in questo caso si nota l' assenza di un elemento isolante.

Partizioni verticali

Le partizioni verticali sono quegli elementi tecnici del sistema edilizio aventi funzioni di dividere ed articolare gli spazi interni del sistema edilizio stesso. Nell'edificio sono presenti sostanzialmente due tipologie di partizione.

La prima partizione analizzata riguarda la separazione dei locali all' interno di un appartamento. La seconda invece, riguarda la partizione che divide due diverse unità abitative

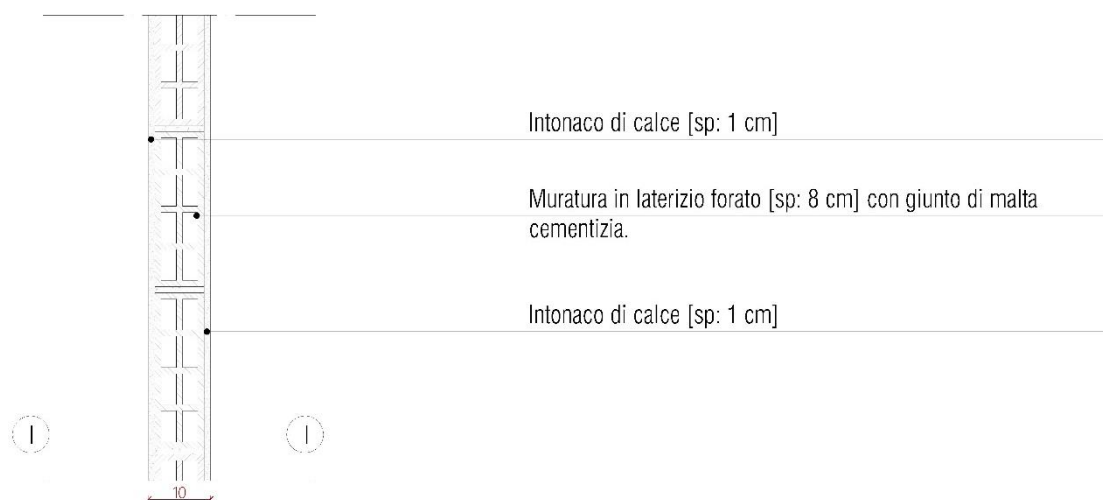


Figura 10. Partizione verticale della stessa unità abitativa

Le partizione tra locali di una stessa unità abitative sono costituite da forati da 8 cm.

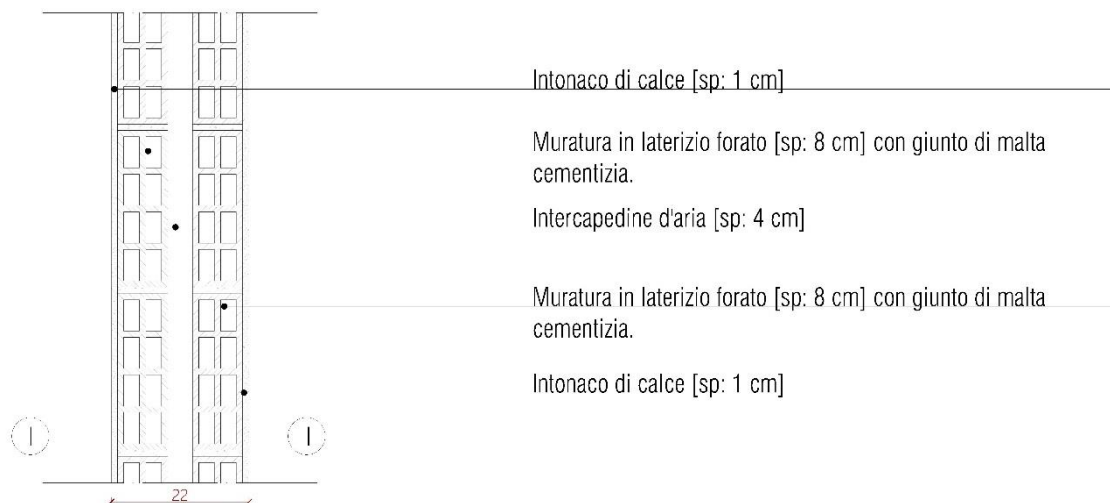


Figura 11. Partizione verticale tra unità abitative

A differenza della partizione precedente, si ha una doppia fila di forati interposti da una camera d'aria di 4 cm al fine di aumentare l' isolamento acustico.

Partizioni orizzontali

Le partizioni orizzontali sono definite come l' insieme degli elementi tecnici orizzontali del sistema edilizio aventi funzione di dividere ed articolare gli spazi interni del sistema edilizio stesso. All' interno del progetto sono presenti essenzialmente due tipologie di partizioni, una tra unità abitative e l' altra tra appartamento e zona sottotetto.

La prima partizione orizzontale riguarda la partizione tra unità abitative, ovvero i solai del piano tipo. La seconda invece riguarda il solaio tra unità abitative e sottotetto non riscaldato.

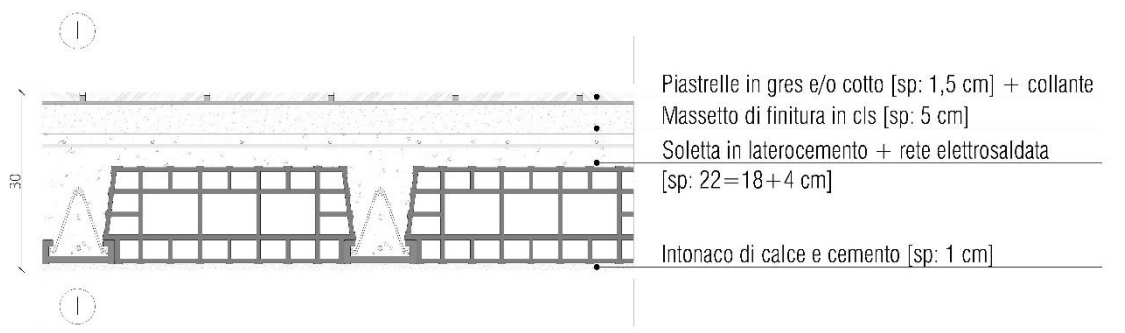


Figura 12. Partizione orizzontale piano tipo

La partizione orizzontale tra unità abitative è costituita da una struttura portante in laterocemento di 22 cm costituita da travetti e pignatte.



Figura 13. Partizione orizzontale sottotetto

Infine l' ultima partizione orizzontale presente è quella tra appartamento e sottotetto. Il solaio è in laterocemento con una struttura portante di altezza 16 cm costituita da travetti e pignatte. Non è presente nessuno strato di finitura in quanto è solo ispezionabile per manutenzione

Capitolo 5

L' intervento urbanistico e Il progetto architettonico

5.1 - Il progetto urbano

L' area di interesse progettuale è collocata tra il vicino centro urbano e la zona industriale. Non molto distanti si trovano poi il centro sportivo, il monastero del Lavello e per finire il lago di Olginate con il Parco Adda Nord. La zona residenziale in cui si trovano gli edifici adibiti a residenza popolare risulta essere particolarmente degradata a causa dell' incuria ed inoltre alcune aree diventano sempre meno raggiungibili.

La riqualificazione dal punto di vista urbanistico parte da microinterventi diffusi. Questa nuova strategia di progettazione urbanistica parte dal concetto elabora dall' architetto Jaime Lerner che si basa sull' idea che attraverso microinterventi realizzati nei punti fondamentali di un centro urbano siano in grado di propagare gli effetti a livello territoriale.

Un insieme di microinterventi, possono con modesti investimenti cambiare qualità di vita degli abitanti; questa tipologia di interventi ha la funzione di ricucitura e può avvenire attraverso la riqualificazione del verde, o con nuovi percorsi o con l' inserimento di attività culturali, ludiche, commerciali e sociali, nonché la riqualificazione degli edifici esistenti.

5.1.1 - Recupero del verde

L' area presenta un grande degrado del verde sia pubblico che urbano; questo è dovuto sia all' incuria degli stessi abitanti sia ai mancati interventi da parte delle autorità pubbliche. La riqualificazione di questi dettagli è di fondamentale importanza per poter creare un ambiente più ordinato. I microinterventi da questo punto di vista si limiterebbero alla piantumazione di nuovi arbusti di piccole e medie dimensioni, una miglior definizione degli spazi, ed inserimento di maggior arredo pubblico.



Figura 1. Degrado del verde nei pressi dell' area di progetto

5.1.2 – Identificazione funzionale

Il secondo micro intervento consiste nell' identificare le aree urbane, ovvero, le strade secondarie con una diversa pavimentazione rispetto al comune asfalto.

Si pensa ,infatti ,all'utilizzo di un asfalto di colore tendente al rosso per una migliore identificazione.

La nostra idea progettuale non si vuole però limitare alla scelta del colore della pigmentazione dell'asfalto, quanto piuttosto, alla ricerca e alla proposta di utilizzare prodotti innovativi, già sperimentati in altre realtà italiane e straniere, al fine di promuovere la eco-sostenibilità degli interventi.

In Italia, parlando di sviluppi riguardo l'uso di asfalti ecologici, si possono citare le due principali metropoli del nord, ovvero Torino (dove già a Gennaio del 2012 alcuni chilometri di strade venivano ricoperti da una miscela a base di polvere derivata da gomma, ottenuta da pneumatici riciclati) e Milano (in cui l'inquinamento da ossido di azoto potrebbe essere abbattuto in modo significativo, ogni anno, intervenendo sulle grandi superfici urbane, come ad esempio il rivestimento delle strade in occasione dei normali programmi di manutenzione).

Questi Prodotti realizzati dall'azienda italiana Italcementi a base dell'innovativo TX Active® (il cemento fotocatalitico brevettato), di cui vorremmo, a livello progettuale, applicarne la tecnologia anche nella scala rionale del nostro intervento che trovano applicazioni, ad oggi, in alcuni centri lombardi.

Una malta fotocatalitica è stata utilizzata per rivestire la superficie asfaltata di un tratto di Via Morandi a Segrate, percorsa ogni ora da 1.200 veicoli. Il monitoraggio ha evidenziato un abbattimento degli inquinanti su strada urbana fino al 65% .

Masselli autobloccanti bistrato il cui strato superficiale è a base di TX Active® (realizzati da Magnetti spa), sono stati posati sui 6000 m² del piazzale della nuova cementeria di Calusco. La sperimentazione ha mostrato che nella zona ricoperta dai masselli la concentrazione di NO_x misurata è nettamente inferiore rispetto alla zona complessiva. L'abbattimento calcolato sulla base dei valori medi dei risultati registrati è di circa il 45%.

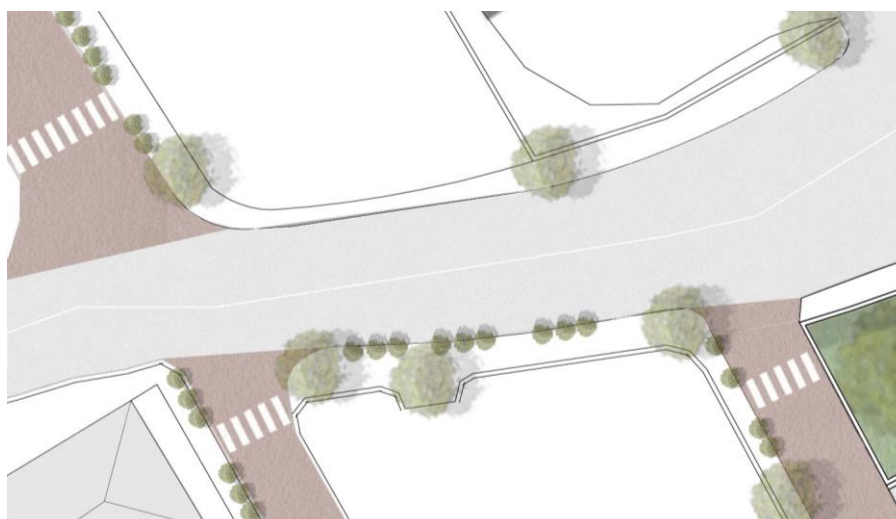


Figura 2. Strategia per l' identificazione

A Bergamo, in via Borgo Palazzo, il nuovo cemento ecosostenibile è stato usato per la realizzazione della nuova pavimentazione stradale. I ricercatori di Italcementi hanno infatti calcolato che su una via lunga 500 metri a due sensi di marcia (proprio come il tratto di via Borgo Palazzo) percorsa da 400 vetture all'ora, l'utilizzo di TX Active® permette la riduzione dell'effetto inquinamento pari a 150 vetture in meno.

Nell' immagine si può notare come le strade laterali possano identificare la diversità rispetto all'arteria principale.

5.1.3 – I Percorsi

L' ultimo intervento, dal punto di vista urbanistico, consiste nell' inserimento di percorsi ciclopeditoni che attraversino le zone meno ambite dal punto di vista di interesse pubblico, in quanto, essendo zone puramente residenziali si viene a creare un area circoscritta dai soli abitanti delle residenze..

Questa tipologia di intervento può essere fatta con l' impiego di più o meno risorse a seconda della disponibilità . Essendo un area con una quantità di traffico ridotta, è sufficiente creare una corsia che identifica l' area di pista ciclabile.

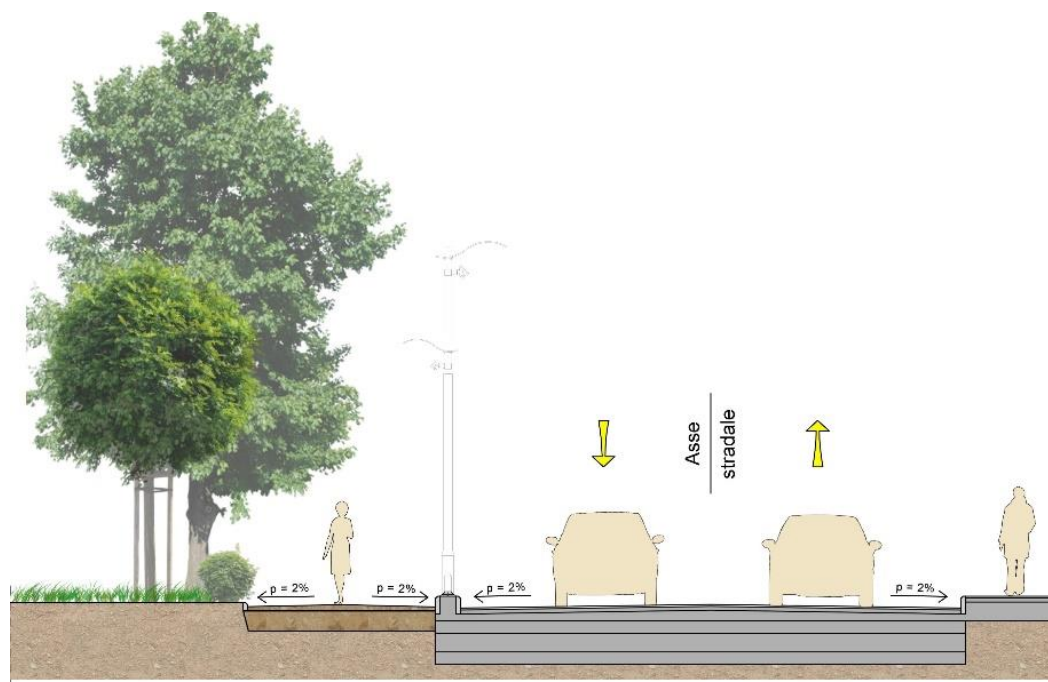


Figura 3. Esempio pista ciclabile 1

Pensando, invece, ad una progettazione con una maggiore quantità di risorse finanziarie si può considerare una progettazione di percorsi ciclopeditoni che colleghi, oltre che le zone residenziali al centro città ,anche

il parco Adda Nord e il vicino santuario del Lavello, creando così, una rete di mobilità lenta. In questo caso il percorso è dotato di pista ciclabile dedicata, aree di sosta e percorso vitae.

In entrambi i casi si trovano dislocati nell'area punti di bike sharing.

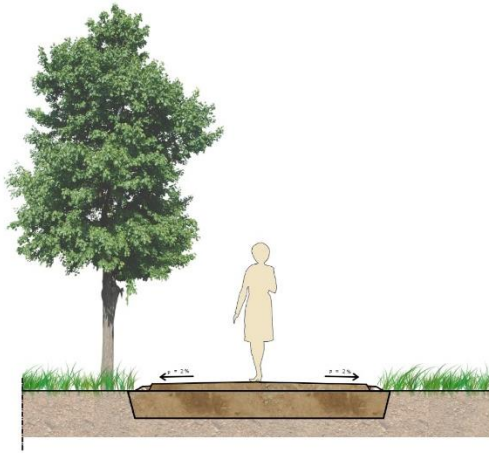


Figura 4. Pista ciclabile 2

5.2 - Il progetto architettonico

In seguito all' analisi urbanistica, allo studio dello stato di fatto e delle necessità dei fruitori delle abitazioni residenziali popolari, si è arrivati a determinare varie strategie di intervento.

Particolare attenzione è stata posta sugli spazi transitori e distributivi, in quanto, come residenza sociale risultano essere molto importanti i rapporti umani tra i fruitori. Questa attenzione è stata posta in modo diretto per quanto riguarda la residenza vera e propria, senza tralasciare lo spazio verde presente nella parte sud del lotto..

Altri aspetti, non meno importanti, presi in considerazione, sono gli spazi minimi per alloggi, in quanto a differenza del progetto originale le esigenze sono molto diverse.

Un ulteriore tema trattato è quello della flessibilità: sia per quanto riguarda la diversità di utenti che può accogliere la residenza, sia per quel che riguarda le unità abitative, con soluzioni che permettono in base all'esigenza, di variare la disposizione attraverso l' uso di pareti amovibili.

Aspetto fondamentale della progettazione è stato l' uso di materiali innovativi al fine di migliorare la capacità dell'involucro. Si è tenuto conto dell' ottimizzazione dal punto di vista planimetrico anche per quanto riguarda l' orientamento dell' edificio (facciata maggiore orientata nord-sud).

Essendo un recupero edilizio si è dovuto superare ed accettare alcuni vincoli come il mantenimento delle altezze interpiano e il mantenimento della struttura originaria.

Ultimo argomento trattato è stata l'analisi della parte strutturale, andando a verificare il nuovo progetto con la normativa vigente.



Figura 5. Strategia progettuale

5.2.1 - Masterplan

La progettazione è partita con l' analisi del masterplan. In seguito ad un primo sopralluogo, è risultato evidente come la parte anteriore del lotto posta a sud, risulti essere di generose dimensioni, con la presenza di alberi ad alto fusto. Tutti gli elementi, però, vanno a costituire un ambiente disorganizzato e per nulla armonico. Risalta evidente la mancanza di un ingresso separato tra carrabile e pedonale. Il progetto viene caratterizzato da un doppio ingresso: il primo pedonale, con accesso al lotto da via padri serviti, il secondo carrabile posto a sud. Sosteniamo che, la soluzione migliore, sarebbe stata porre l'ingresso carrabile sul lato nord del lotto, in modo tale da riservare tutta la porzione sud come giardino. . In seguito ad attente analisi si è esclusa la possibilità di fare questo ingresso in quanto l'accesso sarebbe avvenuto dalla via Briantea, strada attualmente caratterizzata da un'alta quantità di traffico. Sul lato Nord del lotto è stata introdotta una barriera verde al fine di limitare lo smog e il rumore proveniente dalla via Briantea. Questa è da considerare una soluzione sul breve periodo in quanto è prevista la variante Lecco Bergamo che permetterà di bypassare l'abitato di Calolziocorte. La parte a cui si è dedicata maggiore attenzione è stato il fronte Sud in quanto è la zona di maggiori dimensioni in cui sono presenti gli arbusti più grandi. Considerando i principi della Social housing, si è deciso di dedicare una parte a giardino ed una parte a orto urbano.

E' stata dedicata un'area a parcheggio con un numero uguale al numero di unità abitative, incluso il numero di box. (Tav. 23 Rif. A01)

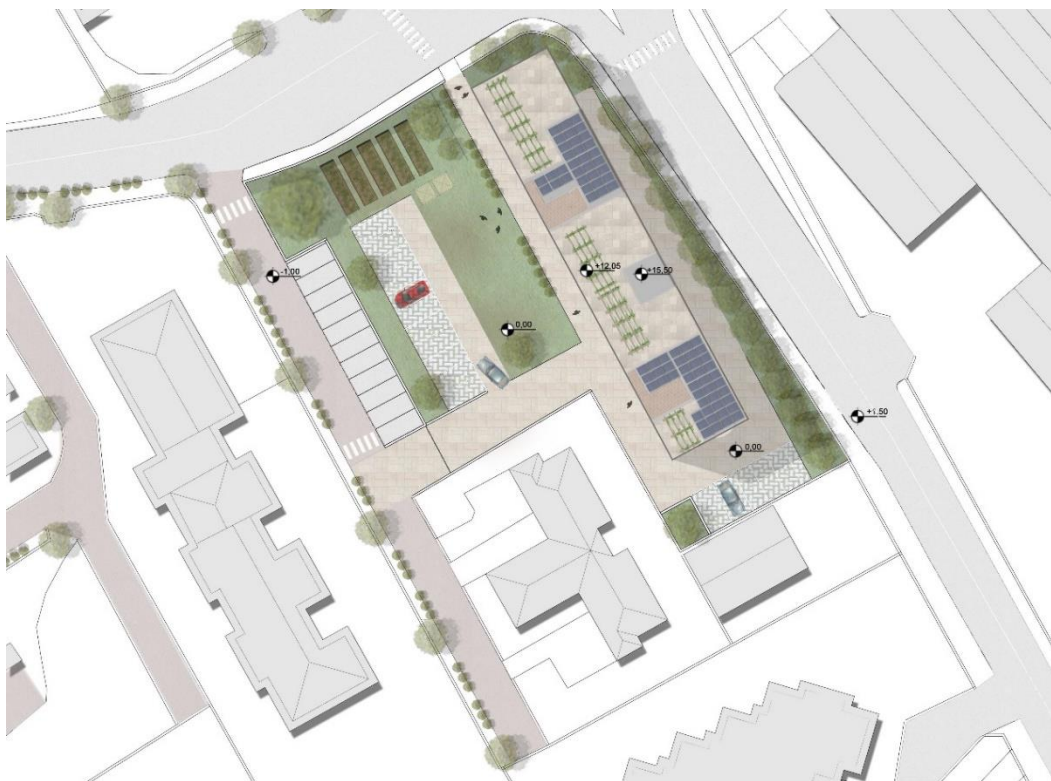


Figura 6. Il masterplan

L'orto urbano

Gli orti urbani, strumento sociale indiscutibilmente concreto dai molteplici risvolti, sono al giorno d'oggi a livello europeo una consolidata realtà: giovani e anziani, che lo facciano per passione o per autosostentamento e risparmio economico, cercano sempre più di poter avere accesso a queste aree, con lo scopo di connettersi alla terra e ai suoi prodotti, attraverso la coltivazione di un appezzamento in usufrutto.

La Coldiretti ci parla degli "hobby farmers" come appunto di quella fascia sopra descritta, capace di vitalizzare e impegnarsi nella gestione di queste porzioni di città, comunque lasciate a verde, ma altrimenti fini a se stesse. Per fare ciò è ovviamente necessario che un paese sia in grado di fornire gli strumenti e le occasioni sufficienti per permettere la realizzazione e l'ordinamento di questi luoghi.

Il panorama italiano in particolare è molto vivace e dinamico sotto questo punto di vista, dal momento che quasi la metà delle amministrazioni comunali dei capoluoghi di provincia ha previsto orti urbani tra le modalità di gestione delle aree del verde, soprattutto nelle regioni di Nord-Ovest.

Nella sola Lombardia sono quasi duemila gli orti urbani censiti dalla Coldiretti Lombardia che ha compilato la prima "Mappa degli orti pubblici": qui troviamo tra le altre anche le province di Como e Lecco.

Proprio quest'ultima possiede circa 300 oasi verdi al suo interno per un totale di circa 6000 metri quadrati di orti urbani, laureandosi come una delle città lombarde più propositive e attive in questo senso. L'idea di autoprodursi frutta e verdura a buon mercato spinge giovani e meno giovani a riscoprire il mestiere del contadino, riportando coloro che si avvicinano anche per la prima volta a questa attività ad una dimensione di naturalità e contatto con la natura.

Esistono ovviamente alcuni requisiti fondamentali per poter accedere a questa occasione di crescita individuale e sociale, dipendendo dalle diverse scelte fatte a livello di amministrazione regionale, provinciale e comunale. Per quanto riguarda la provincia di Lecco, in particolare di nostro interesse, questi requisiti sono:

- Essere fisicamente idoneo a compiere attività di orticoltura
- Non avere componenti dello stesso nucleo familiare già assegnatari di orti urbani nel territorio cittadino
- Non avere subito condanne penali per reati contro l'ambiente o il patrimonio pubblico.

Il Regolamento per la gestione degli orti comunali del Comune di Calolziocorte, approvato con delibera del 14 marzo 1996, precisa all'articolo 1 che "il terreno è assegnato, entro il limite massimo di superficie di mq. 50 (cinquanta), per l'esclusivo scopo di coltivazione ad orto, ad un unico titolare e non può essere ceduto né lavorato da altri.

Precisa poi all'articolo 3 che "le concessioni hanno validità triennale".

Una recente indagine sul territorio del lecchese, ha riportato le quantità e i costi per quanto riguarda l'usufrutto e la gestione degli orti urbani nel Comune di Calolziocorte, come riassunto nella tabella sottostante.

Capitolo 5 – L' intervento urbanistico e il progetto architettonico

	Numero di orti urbani	Durata della concessione	Canone annuale
Calolziocorte	43	Annuale e rinnovabile	20€ annui di acqua+25€ annui

In particolare questa ricerca ha identificato la zona in cui sono situati gli orti urbani, ovvero 6 in Via Latini e 37 in Via Mazzini. Questi orti poi, come anche precedentemente sottolineato dalla norma, non superano i 50 metri quadrati, in particolare attestandosi tra i 44 e i 47 metri quadrati.

La nostra scelta di inserire nel nostro progetto orti urbani sociali urbani, rientra in un'ottica concreta di stimolare le attività di autoproduzione agricola, incentivare la socialità, proporre una visione come detto già consolidata e riproducibile in ogni località che voglia mettersi in gioco anche sotto questo punto di vista.

5.3 - Planimetria

Punto fondamentale della progettazione è stato lo studio delle unità abitative, degli spazi comuni e delle migliori modalità di impiego dei tre vani scala. I primi due, il vano scala A e B hanno lasciata maggior libertà progettuale in quanto ben posizionati, mentre il terzo vano scala posto "in testa" all'edificio è stato di più difficile ottimizzazione.

Al piano terra sono collocati i box, i locali tecnici e i locali spazzatura. Sulla base del social housing, sono stati introdotti due locali comuni a disposizione degli utenti dell'edificio che possono essere sia impiegati per eventuali riunioni condominiali o con lo scopo di essere affittati. Ultima funzione che troviamo al piano terra sono due locali dedicati a deposito bici. Questa scelta oltre che essere funzionale è stata fatta come strategia di sensibilizzazione per l'impiego di mobilità lenta. Al piano terra trovano posizione i tre blocchi di ingresso che portano alle unità abitative collocate ai piani superiori fino ad arrivare alla copertura praticabile. La superficie è di circa 540 m² per ogni alzata. Sono stati ricavati varie tipologie di unità abitative al fine di soddisfare un maggior numero di esigenze. Al primo piano troviamo partendo da destra due bilocali che occupano l'intera porzione oltre il vano scala A. Nella zona centrale dell'edificio, ovvero tra il blocco scala A e B sono collocati due trilocali di cui uno progettato per i portatori di handicap. A sinistra del blocco scala B troviamo un ulteriore trilocale, con la stessa metratura e disposizione di quello visto precedentemente ed infine un duplex. Nell'estremità sinistra, in concomitanza con il vano scala C, troviamo un monolocale ed un ufficio condiviso con servizi igienici dedicati.

Salendo ai piani superiori si ritrova la stessa disposizione ad eccezione del secondo piano in cui il monolocale posto a ovest viene accorpato all'ufficio diventando così un bilocale, come anche al terzo piano. A quest'ultimo livello infine il trilocale collocato tra il vano scala A e B diventa un duplex, di maggiori dimensioni rispetto a quello posto in prossimità del vano scala C.

Infine salendo al piano superiore si trova la copertura praticabile; il concetto è quello di piazza sopraelevata ovvero un ulteriore spazio dedicato ai residenti dove è possibile instaurare rapporti sociali, al fine di seguire e raggiungere l'idea di base di social housing. Qui è localizzato un pergolato in legno con lo scopo di creare

zone di ombreggiatura nonché delle panchine per godere del paesaggio circostante. Da questa quota è infatti possibile ammirare il lago di Olginate.

Il corpo che fuoriesce dalla copertura è il piano superiore dei duplex. Questi ultimi dispongono di terrazzo privato.

Una porzione della copertura è invece dedicata a eventuali impianti e tubazioni di esalazione. La chiusura orizzontale superiore dei duplex è invece caratterizzata da pannelli fotovoltaici e pannelli solari termici.

La distribuzione avviene tramite ballatoio posto a sud, caratteristica fondamentale di una social housing; sicuramente consente maggiori gradi di libertà ma che richiede anche maggiori attenzioni progettuali per garantire soluzioni che evitino intrusioni visive. All'occorrenza può trasformarsi in balcone privato per garantire una migliore qualità della vita.

Ultimo punto riguardante la distribuzione planimetrica è la collocazione di locali lavanderia al piano, in particolare due per ogni piano. Questa scelta sia per non prevedere spazio dedicato a lavatrice ed asciugatrici all'interno delle unità abitative sia per rafforzare il concetto della social housing.

Alcune considerazioni da fare infine per la disposizione dei locali all'interno delle unità abitative è stato l'orientamento Nord-Sud delle facciate maggiori. La volontà è stata quella di posizionare la zona giorno a Sud e la zona notte a Nord. La verifica dei rapporti aeroilluminanti è stata di fondamentale importanza. Si è cercato poi di porre in colonna i servizi igienici riuscendoci nella maggior parte dei casi al fine di ottimizzare la distribuzione impiantistica.

Ultima importante considerazione è stata la collocazione di due vani ascensori a lato del corpo scala oltre che per agevolare la salita anche per il rispetto delle norme attuali vigenti. (Tav. 24 Rif.A 02, Tav. 25 Rif.A 03, Tav. 26 Rif.A 04, Tav. 27 Rif.A 05, Tav. 28 Rif.A 06)

Si passa nelle successive pagine all'analisi delle varie tipologie ed unità abitative.

5.3.1 - Le unità abitative

Bilocale tipologia 1

Si parte analizzando le unità abitative dalla parte posizionata ad ovest. Si tratta di un bilocale raggiungibile tramite il vano scale A. Si accede all'appartamento dopo aver attraversato il ballatoio, che in questo caso, diventa balcone privato. Le dimensioni dell' appartamento sono di circa 48 m².

Entrando, ci si trova all' interno della zona giorno, trovando collocato sul lato sinistro una cucina caratterizzata da un' ampia finestra che garantisce la giusta illuminazione naturale al locale. In opposizione alla cucina si trova il soggiorno con un' area dedicata ad un ampio tavolo e una zona dedicata maggiormente al relax. Cucina e soggiorno sono divise da porte scorrevoli di ampie dimensioni cosicché all' occorrenza possono rimanere aperte in modo tale da creare un'unica zona giorno di ampie dimensioni.

Un disimpegno separa la zona giorno dalla zona notte. Da qui si ha accesso ai servizi igienici in cui è garantita ventilazione naturale grazie all' affaccio sul lato ovest. Una seconda porta giunge alla camera matrimoniale.

Unità abitative					
locali	Cucina	soggiorno	camera	servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	4,75	19,40	16,02	4,12	2,8

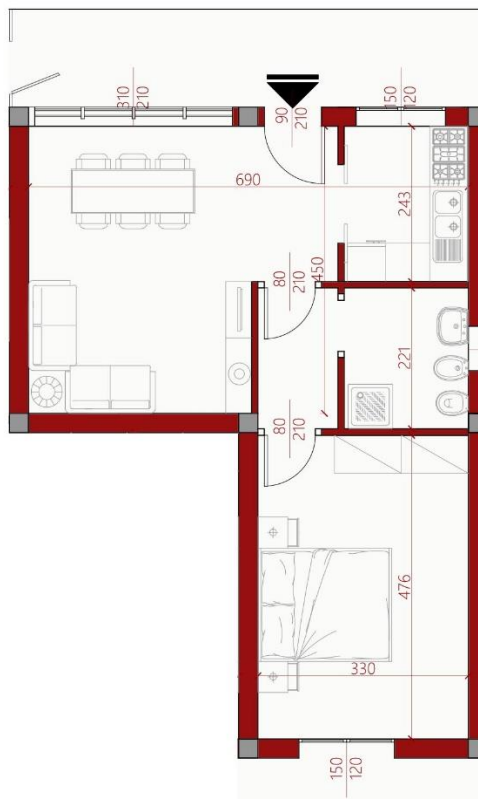


Figura 7. Bilocale tipologia 1

Bilocale tipologia 2

Il bilocale di tipologia 2, è anch'esso raggiungibile tramite il vano scale A. La superficie totale dell' unità abitativa è di 49 m², dimensione di poco maggiore rispetto alla tipologia vista precedentemente.

Si accede all'appartamento attraverso la zona giorno. Posta frontalmente si trova la cucina a scomparsa mentre la parte laterale si trova una zona relax. Anche in questo caso la zona giorno e la zona notte sono separate tramite un disimpegno di piccole dimensioni.

Da questo disimpegno si ha accesso ai servizi igienici in cui, come in precedenza è garantita la ventilazione naturale.

Una seconda porta invece porta alla camera matrimoniale, con affaccio posto sul lato nord.

A differenza della tipologia vista sopra la camera e i servizi igienici sono di dimensioni poco maggiori, mentre non è stato adibito un vero e proprio locale dedicato alla cucina

Unità abitative				
locali	Cucina-soggiorno	camera	servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	21,40	16,75	5,85	3,40

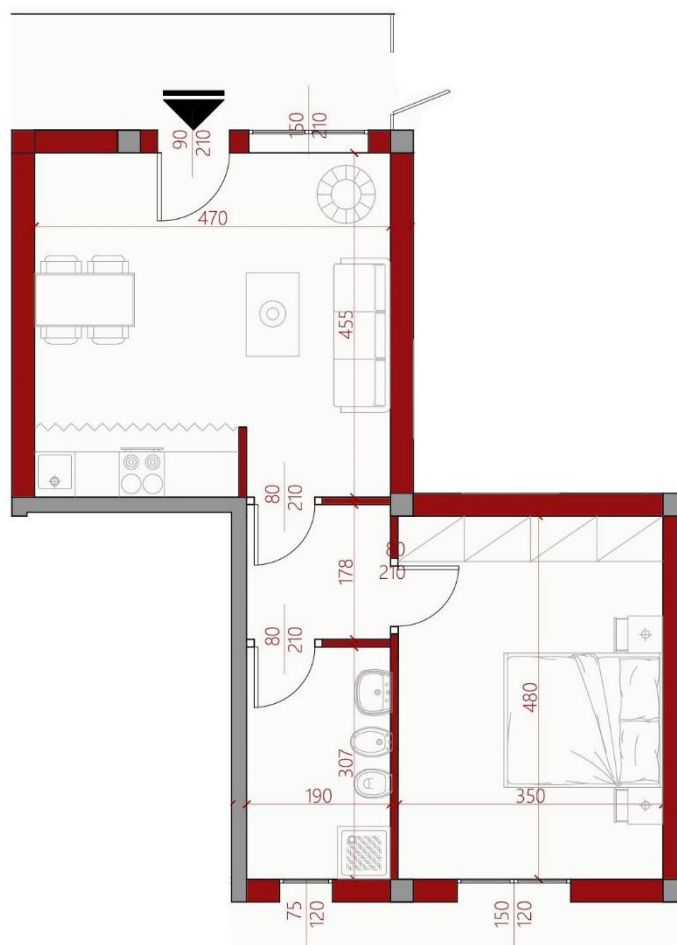


Figura 8. Bilocale tipologia 2

Trilocale tipologia 1

Sono presenti due unità abitative per piano, una raggiungibile dal vano scale A, mentre, la seconda, è raggiungibile dal vano scale B. La superficie totale di questa tipologia è di circa 66 m².

L' entrata all' appartamento avviene anche in questo caso attraverso la zona giorno. Come per la prima tipologia di bilocale, trova collocazione sulla sinistra una cucina abitabile, infatti trova collocazione un tavolo nonostante abbia piccole dimensioni. In opposizione alla cucina è presente il soggiorno, caratterizzato da un grande tavolo e da una zona relax, con maggiori caratteristiche di salotto. Il locale è caratterizzato da una grande vetrata a tutta altezza. L' accesso alla zona notte avviene attraverso di piccole dimensioni. Qui si trovano i servizi igienici con ventilazione naturale; le altre due porte invece danno accesso la prima ad una camera doppia e la seconda ad una camera matrimoniale. In entrambi i casi le aperture sono poste sul lato nord.

Unità abitative						
locali	Cucina	soggiorno	camera matrimoniale	camera doppia	servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	6,80	22,10	14,60	14,15	4,6	2

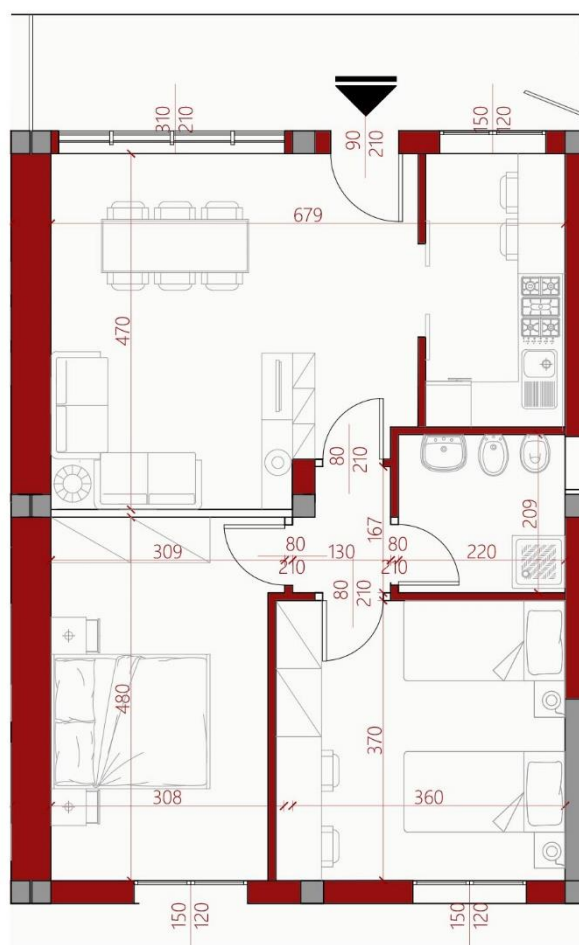


Figura 9. Trilocale tipologia

Trilocale tipologia 2

Il trilocale di tipologia 2, studiata per portatori di handicap è raggiungibile tramite il vano scale B ed è collocata al centro dell' edificio; la superficie è di 86,50 m².

Si accede all' unità abitativa come in tutti gli altri casi attraverso la zona giorno. Questa volta risulta essere di maggiori dimensioni rispetto a tutte le altre. Il soggiorno è suddiviso tra una zona "pranzo" ed una zona dedicata a salotto in cui è presente una grande vetrata a tutta altezza. La cucina è questa volta posta sul lato destro dove oltre alla cucina trova posto un ripostiglio.

Zona giorno e zona notte sono divise da un disimpegno questa volta di dimensioni maggiori in quanto deve essere garantita la rotazione della carrozzina. Da qui si raggiungono le due camere, di cui la prima matrimoniale e la seconda doppia. I servizi sanitari garantiscono spazio a sufficienza per permettere la rotazione della carrozzina; la disposizione degli arredi è a norma con la legge 13/89 (eliminazione barriere architettoniche).

Unità abitative						
locali	Cucina	soggiorno	camera matrimoniale	camera doppia	servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	5,40	31,25	0,63	16,20	5,28	5,50

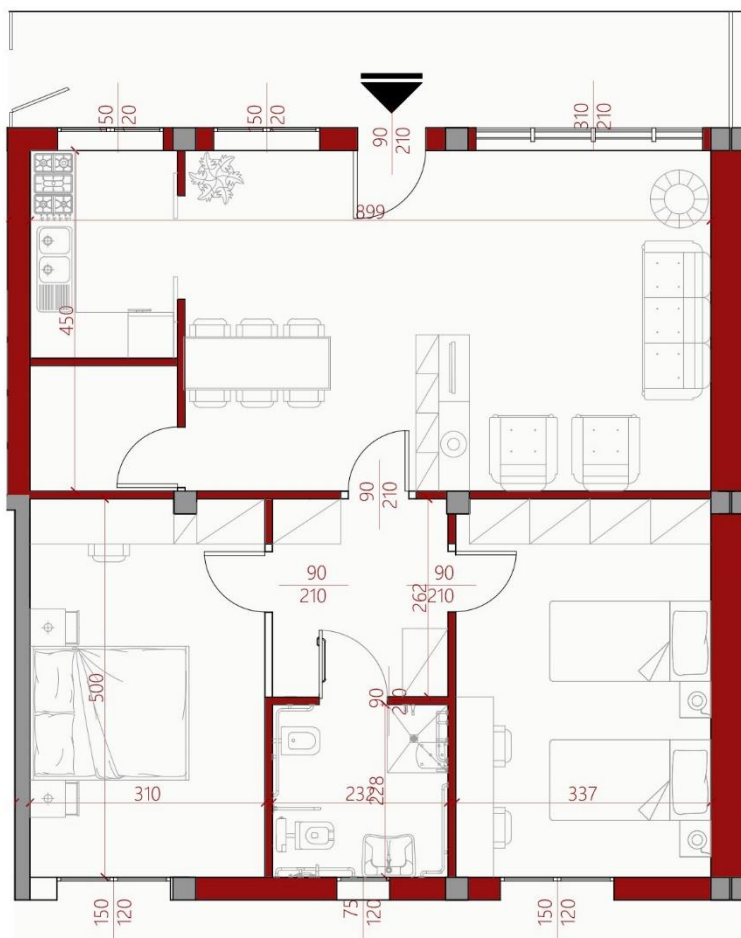


Figura 10. Trilocale tipologia 2

Duplex

Un duplex è un'unità abitativa che si sviluppa su due piani con al piano inferiore la zona giorno ed al piano superiore la zona notte. Come da definizione anche nel nostro caso l'ingresso avviene tramite zona giorno posta al primo piano. Qui trova spazio un piccolo bagno con anti-bagno a servizio degli ospiti. La cucina è di modeste dimensioni, abitabile. Dal salotto, attraverso scale interne si accede al piano superiore, ovvero la zona notte. A questo livello troviamo tre camere, di cui la più grande matrimoniale e due camere singole di dimensioni uguali. Due di queste camere hanno affaccio sul fronte nord mentre l'ultima è posta sul fronte sud. Anche a questo secondo livello si trovano i servizi igienici. Entrambi i servizi igienici hanno ventilazione naturale. Il regolamento edilizio di Calolziocorte fa riferimento al regolamento sanitario dell'Asl che ammette l'installazione di bagni ciechi purché sia garantita ventilazione meccanica. Si prevede quindi un impianto di areazione forzata.

Unità abitative								
locali	Cucina	soggiorno	salotto	camera matrimoniale	camera singola	camera singola	servizi sanitari	distributivo
Superficie [m]	9,30	6,00	19,00	16,07	12,02	12,02	3,65	10

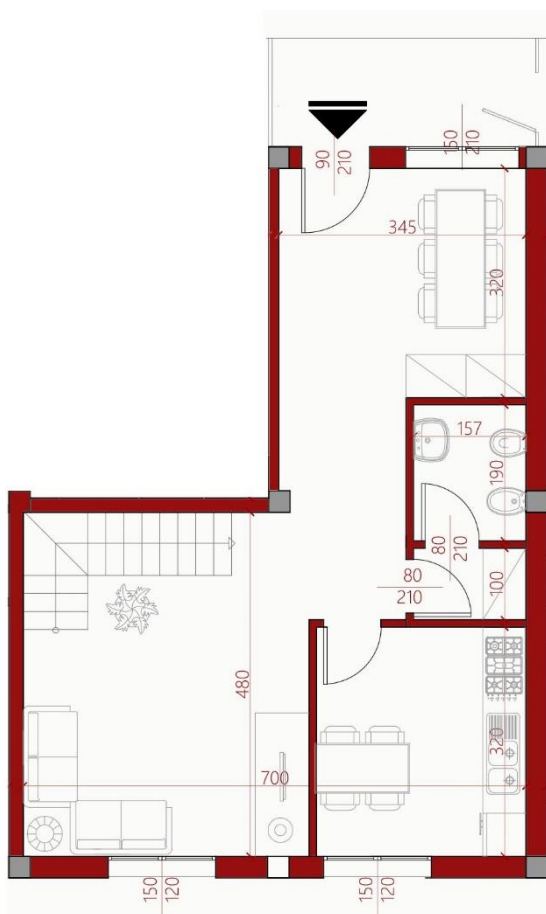


Figura 12. Piano 1 duplex

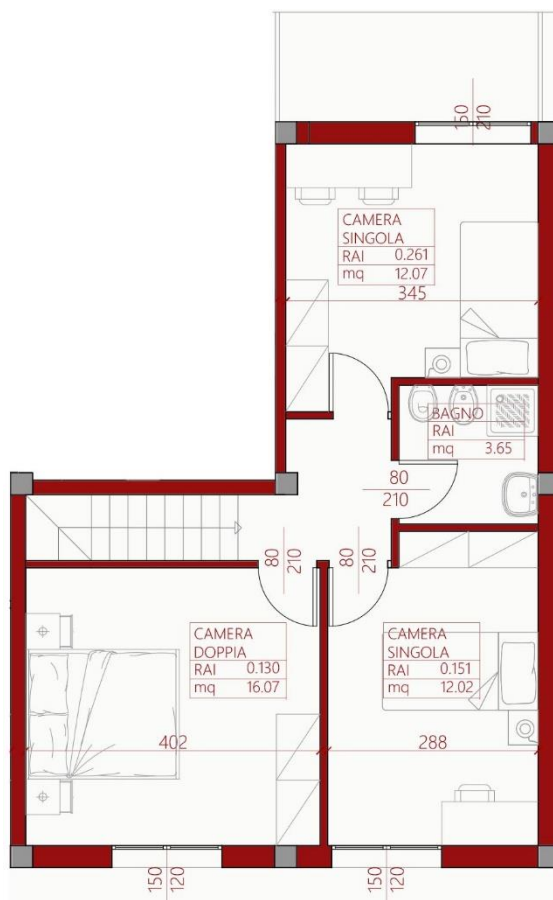


Figura 11. Piano 2 duplex

Monolocale

Si trova all' estremità est dell' edificio raggiungibile attraverso il vano scale C. Presenta una superficie di 38,5 m². Il monolocale è un edificio costituito da una sola camera. A differenza di tutte le altre unità abitative, l' accesso non avviene dal ballatoio ma direttamente dal vano scale. Il ballatoio in questo caso assume la funzione di balcone privato. Entrati nell' abitazione si trova il locale principale. Si caratterizza da una parete a "soffietto" che in caso di necessità può variare la disposizione del locale, nonché da un divano letto che all' occorrenza può trasformare la porzione di destra in un piccolo salotto dove accogliere gli ospiti; il tutto si caratterizza grazie alla presenza di due porte finestre che garantiscono luminosità e areazione in modo sufficiente. La cucina è a scomparsa. I servizi sanitari sono posizionati nell' estremità est. Ai servizi igienici si accede dopo aver attraversato un antibagno con lavabo (come da buona pratica); l' areazione è naturale grazie alla presenza di una finestra posta sul lato est.

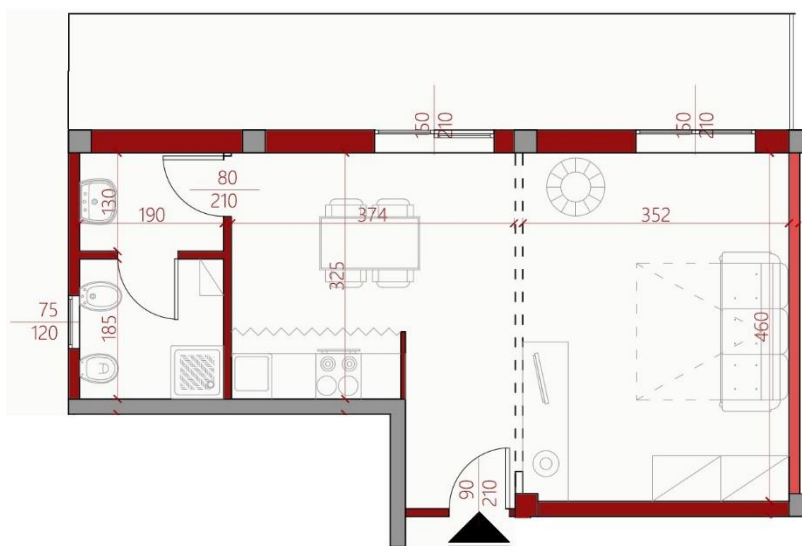


Figura 13. Monolocale

Ufficio condiviso

Al piano primo in opposizione al monolocale si trova un ufficio condiviso. L' accesso avviene tramite il vano scale C; la superficie totale è di 19,2 m², suddivisi in 4,90 m² dedicati ai servizi igienici e 14,10 m² dedicati all' ufficio.

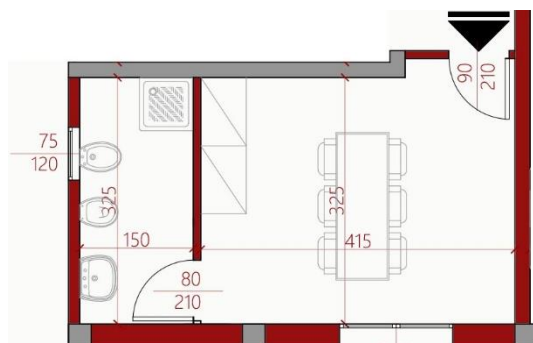


Figura 14. Ufficio condiviso

Bilocale tipologia 3

Le due tipologie viste in precedenza sono collocate al piano primo; salendo al secondo e al terzo alzata il monolocale con ufficio condiviso viene accorpato al fine di creare un'unica unità abitativa. L' accesso avviene quindi sempre dallo stesso vano scala C e la superficie totale è di circa 60 m². Entrando nell' abitazione ci troviamo a metà tra la zona giorno e la zona notte. Nella parte esposta a sud , ovvero a sinistra rispetto l'ingresso, troviamo la zona giorno costituita da un soggiorno che ospita cucina e salotto. Sono presenti i servizi igienici nella stessa posizione vista precedentemente. La zona notte, invece, posta sul fronte Nord è composta da camera matrimoniale con servizi igienico. In entrambi i servizi igienici è garantita la ventilazione naturale. Bisogna osservare che nella zona giorno è stata riproposta la parete a soffietto; questa scelta è stata fatta per garantire maggiore flessibilità all'appartamento. Infatti in caso di necessità o nel caso di ospiti, il salotto può trasformarsi in una vera e propria camera da letto grazie alla parete a soffietto e al divano letto. La necessità di collocare due servizi igienici deriva infatti da questa possibilità, in modo tale che sia gli eventuali ospiti (amici, genitori, ecc.) che i residenti possano avere i proprio spazi.

Unità abitative					
locali	soggiorno	camera	servizi sanitari 1	servizi sanitari 2	distributivo
Superficie [m]	31,80	14,08	4,87	6,17	2,30

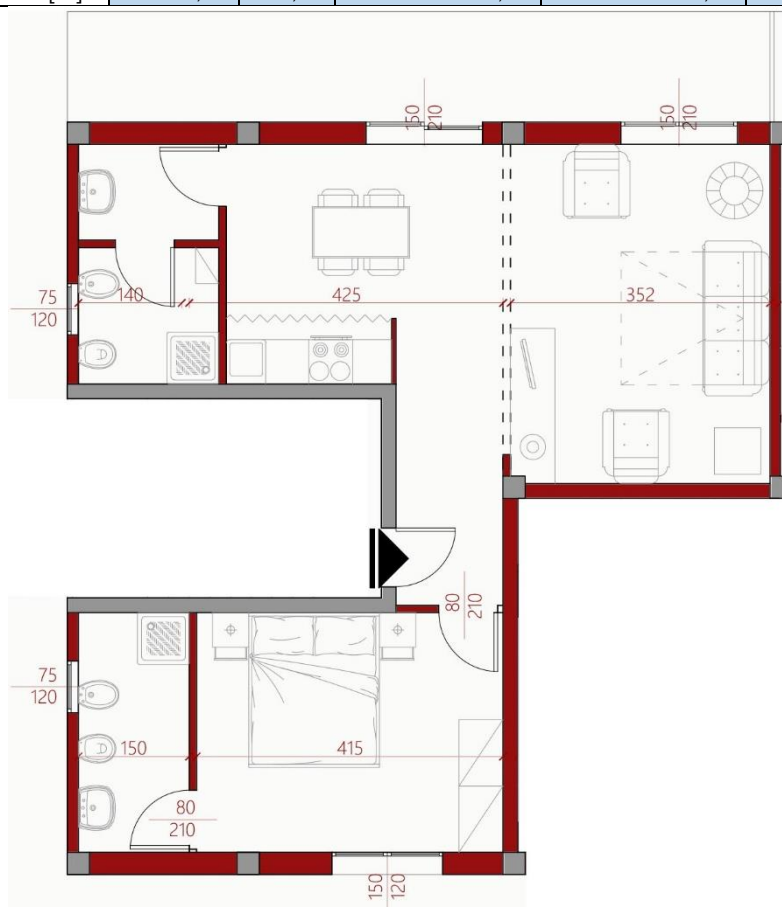


Figura 15. Bilocale tipologia 3

5.3.2 - Un confronto tra stato di fatto e stato di progetto

Obiettivo posto inizialmente è stato la soddisfazione in termini di unità abitative dei nuovi fruitori delle social housing. Questi non sono più famiglie provenienti dal Sud e con un numero elevato di componenti ma si tratta delle più disparate tipologie, da giovani coppie a ampi nuclei familiari. Per poter soddisfare queste esigenze è necessario creare una distribuzione planimetrica il più flessibile possibile con un ampio numero di tipologie di unità abitative. La riduzione delle dimensioni dei locali e degli appartamenti era inoltre un altro obiettivo posto inizialmente. Questo è stato reso possibile con un'approfondita conoscenza degli spazi minimi abitativi, dai servizi igienici alla cucina, dal soggiorno alle camere. L'ottimizzazione degli spazi è poi passata attraverso la minimizzazione delle aree distributive (come corridoi ecc.) all'interno delle unità abitative.

Il risultato è stato l'ottenimento di 7 appartamenti per piano per un totale di 21 appartamenti rispetto ai 15 dello stato di fatto, senza aumentarne il volume. (Tav. 29 Rif. A 07)

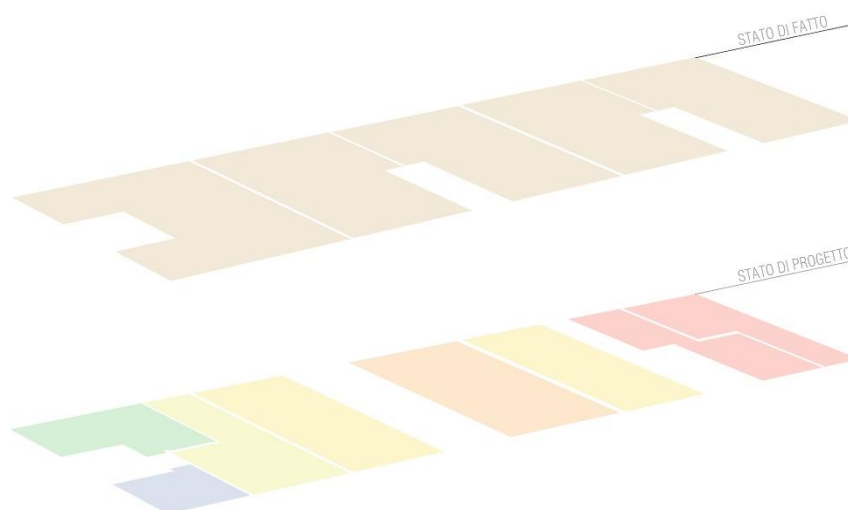


Figura 16. Stato di fatto a confronto con stato di progetto

Stato di fatto		
Tipologia	n°	superficie [m ²]
Quadrilocale	15	98

Stato di progetto		
Tipologia	n°	superficie [m ²]
Monocale	1	39
Bilocale	10	48
Trilocale	5	66
Trilocale per disabili	3	87
Duplex	4	118
Ufficio condiviso	1	19
Lavanderia al piano	3	12

5.4 - I prospetti

Lo studio dei prospetti è di fondamentale importanza in quanto sono l' elemento di maggior visibilità che determina la prima sensazione di qualità di un edificio.

La progettazione del prospetto prevede l' uso di pannelli EASEE; questi pannelli, seppur innovativi e di elevate proprietà di isolamento, hanno la necessità di rispettare alcune regole al fine di un loro buono impiego:

- I pannelli devono essere agganciati alla struttura portante e quindi essere a tutta altezza.
- L' applicazione avviene su pareti esistenti.
- Non può essere usato nelle rientranze logge.
- La facciata deve rimanere il più possibile invariata.
- La posizione dei serramenti è fissa
- Ricerca di un modulo;

Determinante inoltre per le scelte architettoniche è stato l'orientamento Nord- Sud della facciata maggiore. A sud le grandi aperture hanno reso poi necessario l'inserimento di alcuni accorgimenti per l' oscuramento nel periodo estivo.

Si è fatta la scelta di applicare il pannello EASEE sui prospetti Nord, Est ed Ovest, cercando di mantenere il più possibile lo stato di fatto, mentre per quanto riguarda il prospetto sud si è deciso di non applicare il pannello, in modo tale da avere maggior libertà progettuale. Questo inseguito alla distribuzione a ballatoio e al principio di valorizzare maggiormente il lato Sud a favore di una maggior qualità di vita. Infatti il fronte Sud affaccia nella direzione del lago e soprattutto sullo spazio verde pertinente alla residenza.

La totalità degli infissi sono stati sostituiti con l' impiego di serramenti in alluminio a taglio termico sia per ragioni estetiche sia soprattutto per motivi di isolamento. (Tav. 31 Rif.A09)

5.4.1 - Prospetto sud

Arrivando in prossimità dell' area di progetto il prospetto sud è quello con maggior risalto. Infatti tale prospetto si pone frontalmente all'ingresso carrabile e all' ingresso pedonale.

La base dell' edificio si caratterizza per un colore grigio volendo riprendere lo stato di fatto e mantenere quindi un colore neutro. A differenza dello stato di fatto il porticato viene chiuso a favore dell' inserimento di due locale comuni disponibili per i residenti. La base del prospetto sud presenta grande linearità e continuità interrotta solo dai tre ingressi relativi ai vani scale. Gli ingressi sono arretrati rispetto al filo parete al fine di dare maggiore importanza.

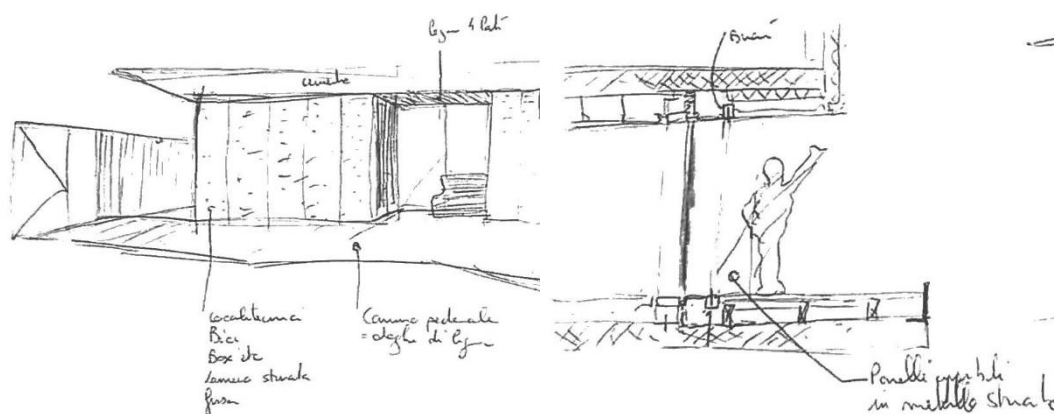


Figura 17. Schizzi progettuali in riferimento all' ingresso

Analizzando i piani superiori si caratterizzano per la presenza dei ballatoi, che ne scandiscono l'altezza ai vari piani. I parapetti sono costituiti da lamiera stirata con un basso livello di permeabilità visiva ma che allo stesso tempo garantiscono leggerezza all'elemento. Altro elemento risaltante del prospetto sono le grandi aperture che garantiscono luminosità all' interno delle varie unità abitative ed inoltre aumentano il confort interno garantendo alla zona soggiorno o salotto (a seconda delle tipologie) di godere del paesaggio esterno.

Il ballatoio oltre al ruolo principale di svolgere la funzione distributiva, essendo un oggetto di 1,5 m assicura un ombreggiatura adeguata nei periodi estivi, mentre nei periodi invernali essendo i raggi solari con una inclinazione più bassa è permessa l' irraggiamento solare. Ulteriore attenzione nei riguardi della radiazione solare ha portato all'inserimento di elementi verticale in lamiera stirata con la funzione di brise soleil.

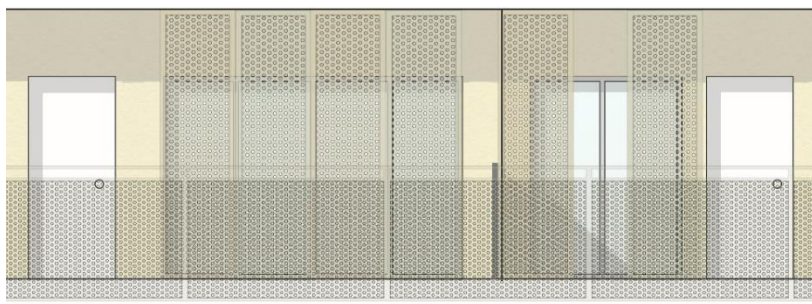


Figura 18. Dettaglio brise soleil

Questo materiale garantisce permeabilità visiva, così da offrire la completa visuale dell'esterno in qualsiasi stagione dell'anno. I brise soleil hanno dimensioni pari ad un'anta degli infissi, sia in altezza sia in larghezza, in maniera tale da poter oscurare l'intero serramento. Sono posti su due diversi binari così da poter completamente aprire impacchettandoli due a due oppure da chiudere completamente. L'uso di questo materiale e di questa soluzione garantisce oltre che comfort visivo, una facciata dinamica del prospetto dando un aspetto mutevole. Ogni residente decide da sé, se aprire o chiudere i brise soleil a seconda delle proprie necessità.

La copertura praticabile caratterizza la parte superiore dell'edificio in cui come ai precedenti piani è stato ripreso il profilo del ballatoio. Lo scopo è quello di creare una piazza sopraelevata al fine di avere un ulteriore spazio di relazione tra gli abitanti della residenza sociale. Spicca il pergolato con lo scopo di creare zone di ombreggiatura ai fruitori della copertura.

Tre blocchi costituenti il nuovo intervento fuoriescono dalla copertura. Sono corrispondenti ai vani scala con i relativi ascensori e il piano superiore dei duplex. Se ne discosta volutamente i materiali per una maggiore identificazione dell'intervento di nuova costruzione, senza però cambiarne le tonalità di colore. Il rivestimento è costituito dallo stesso materiale del piano terra, ovvero la lamiera stirata, che in questo caso riprende le colorazioni presenti sugli alti prospetti. Ogni duplex ha un piccolo terrazzo di pertinenza. (Tav. 32 Rif A10)

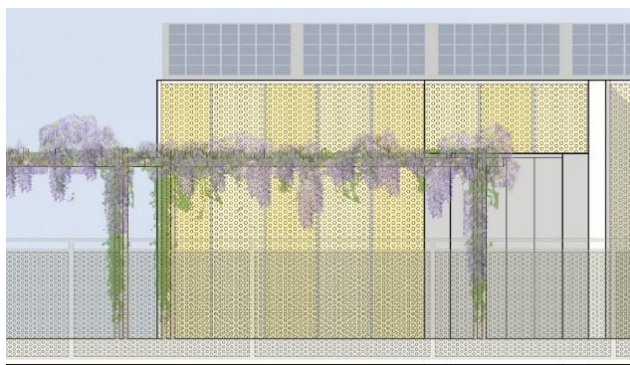


Figura 19. Dettaglio nuova edificazione

5.4.2 - Prospetto Nord

Questo prospetto ha affaccio sulla via Briantea, principale collegamento tra Lecco e Bergamo. Attualmente sono presenti delle logge e non è presente alcuna barriera visiva/acustica tra strada ed abitazione. Il primo passo al fine di limitare questa problematica è stato l' inserimento di una barriera verde.

Il prospetto è caratterizzato da una base anche in questo caso costituita da un rivestimento metallico. Qui trovano spazio i locali tecnici e soprattutto i box. La caratteristica principale è l' utilizzo dello stesso materiale di rivestimento sia per quanto riguarda la basculante dei box, sia per il rivestimento promiscuo ai box (in numero pari a nove). Anche le porte dei locali tecnici sono costituite dalla stessa tipologia di materiale al fine di creare continuità visiva. In questo lato sono presenti gli ingressi dei locali dedicati al deposito bici.

Come per il prospetto Sud, questa uniformità è scandita da tre ingressi arretrati e comunicanti con gli ingressi posti sul fronte opposto.



Figura 20. Dettaglio materiale alla base dell' edificio

Spostando l' attenzione ai piani superiori, si nota la continuità materica della facciata in seguito alla chiusura delle logge. Il rivestimento è costituito dal pannello EASEE; ciò comporta il rispetto dei vincoli citati precedentemente, ovvero, il mantenimento delle aperture, l'aggancio alla struttura portante e l'impossibilità di utilizzo all'interno di vani. Altre scelte derivano da motivazioni planimetriche, in quanto il fronte Nord è stato dedicato prevalentemente alla zone notte, e da motivi di orientamento essendo posto a Nord.

La facciata è scandita oltre che dagli infissi da una regola compositiva a scacchiera. Questo è reso possibile con l'impiego di pannelli con diverse texture e diverse sfumature della stessa tonalità. Un ulteriore elemento variabile è la dimensione dei pannelli. Il rivestimento con l' uso di pannelli ha richiesto uno studio ben preciso delle dimensioni e dei moduli che verrà approfondito nei paragrafi seguenti.



Figura 21. Regola compositiva

Capitolo 5 – L' intervento urbanistico e il progetto architettonico

Analizzando ulteriormente il prospetto, si può notare come la ricerca di interruzione di orizzontalità continua con l'introduzione di una grande vetrata verticale in prossimità del vano scale. Questo è reso ancora più evidente dall' uso di pannelli con colorazioni diverse rispetto il resto del fabbricato. Tale scelta ha inoltre la funzione identificativa di distinguere abitativo e distributivo.

All' ultimo piano si può notare ancora una volta la parte di nuova costruzione. Spicca il distacco tra vecchio e nuovo sottolineato da una scossalina di colore bianco (necessaria come chiusura dei pannelli EASEE) e la diversità di materiali, mantenendo comunque la stessa tonalità ma con diverse sfumature. La copertura piana su questo prospetto è dedicata agli impianti e quindi solo ispezionabile. La parte posta a ovest è invece dedicata interamente alla piazza sopraelevata. (Tav. 33 Rif. A11)



Figura 22. Dettaglio nuova edificazione

5.4.3 - Prospetto est e ovest

I prospetti est e ovest costituiscono i due lati di testa dell' edificio. In continuità con il prospetto est, è presente una base ancora una volta caratterizzata dall' uso di materiale in acciaio, di colore grigio come per il precedente prospetto nord. Il pannello EASEE è il rivestimento principale sia per quanto riguarda il prospetto est che quello ovest. Anche la scelta compositiva ritrova la regola a scacchiera vista precedentemente.

Il prospetto est si caratterizza inoltre per la grande vetrata verticale identificativa del vano scale. Questo elemento è evidenziato ulteriormente con l' impiego di pannelli di sfumature diverse rispetto al resto della facciata.



Figura 23. Dettaglio blocco scale

Spostando l' attenzione alla copertura praticabile spiccano ancora una volta gli elementi di nuova edificazione distaccati tramite una scossalina di colore bianco. Per quanto riguarda il prospetto Est la parte a Sud è dedicata a piazza sopraelevata mentre la parte a Nord è dedicata alla collocazione degli impianti.

Il prospetto ovest invece presenta la piazza sopraelevata nell' intera dimensione. Il pergolato caratterizza lo spazio. (Tav.34 Rif. 12)



Figura 24. Dettaglio prospetto ovest

5.5 - L'ottimizzazione modulare del pannello

Un' ampia parte della progettazione ha riguardato lo studio del modulo del pannello che essendo prefabbricato necessita di minimizzare la variabilità dimensionale. Dimensioni diverse e non standard comportano maggiori costi di produzione in quanto il pannello verrebbe costruito su misura.

Particolarità da considerare in corso di progettazione è la tipologia di aggancio del pannello. Questo infatti deve essere agganciato alla struttura portante che essendo a telaio deve coprire un'altezza pari a quella interpiano.

Un ulteriore vincolo è quello di mantenere inalterata la posizione delle aperture. Questo dà molta rigidità in quanto risulta improbabile trovare un modulo di dimensioni che si adattano perfettamente allo stato di fatto.

La considerazione che ha reso possibile l' utilizzo di un rivestimento modulare è stata la sostituzione degli infissi. Allo stato di fatto sono presenti dei serramenti in metallo senza alcuna caratteristica prestazionale in termini di isolamento. Si è optato per infissi a taglio termico. Questa osservazione ha permesso un minimo di flessibilità dell' ordine di pochi centimetri che ha permesso l' utilizzo di una facciata modulare.

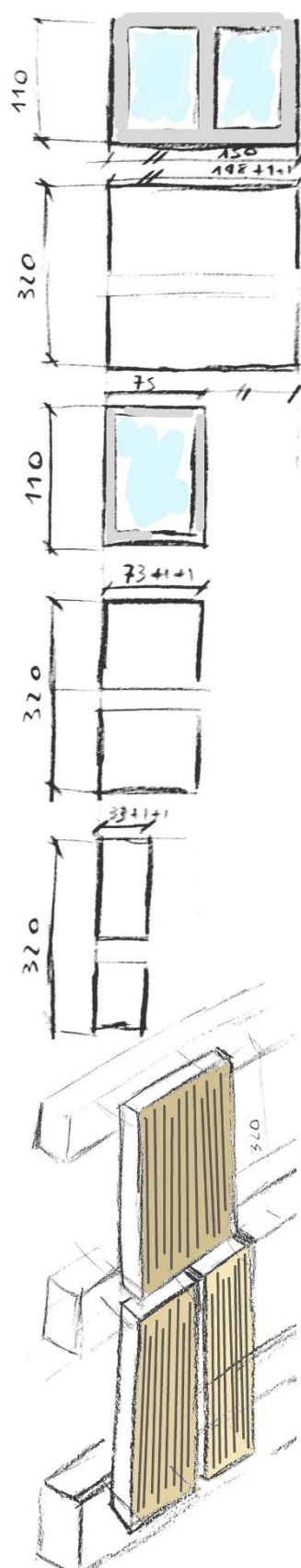
Lo studio vero e proprio della larghezza del modulo si basa sulla dimensione della finestra standard pari a 150 centimetri. Da questo primo modulo è stata inserita per esigenze progettuali una seconda finestra di dimensioni pari alla metà della prima, creando di conseguenza un secondo modulo di pari dimensioni.

Infine è stata inserita una terza dimensione pari alla metà del secondo.

In corso di progettazione della dimensione del modulo si è dovuto tenere in considerazione la messa in opera dei pannelli. Infatti non sono perfettamente accoppiati ma si ha un giunto tra due pannelli promiscui. Questo è di dimensioni pari a 2 centimetri. Si deduce quindi che la dimensione del pannello dovrà essere pari ai valori visti sopra meno un centimetro di giunto per ogni lato.

Le dimensioni in termini di larghezza dei pannelli sono quindi:

- 148 (+1+1) centimetri
- 73 (+1+1) centimetri
- 35,5 (+1+1) centimetri



Capitolo 5 – L' intervento urbanistico e il progetto architettonico

È stato poi inserito un pannello speciale di larghezza pari a 105 cm per risolvere alcuni nodi in cui non si potevano adattare quelli già inseriti.

Queste quattro tipologie hanno un'altezza pari a 3,10 metri pari all'altezza interpiano.

Sono stati poi utilizzati altri quattro moduli di altezza inferiore per poterli collocare sottofinestra o soprafinestra di dimensioni:

- 148 x 165 centimetri
- 73 x 165 centimetri
- 148 x 60 centimetri
- 73 x 60 centimetri
- 148 x 105 centimetri
- 73 x 105 centimetri

Si riporta di seguito l'abaco dei pannelli.

Dimensione Pannelli (b x h)cm	Fronte NORD	Fronte EST	Fronte OVEST	TOT. PANNELLI per dimensione
D1 (140 x 310)cm	33	6	12	51
D2 (105 x 310)cm	9	/	/	9
D3 (70 x 310)cm	48	18	15	81
D4 (35 x 310)cm	21	/	/	21
D5 (150 x 165)cm	22	/	/	22
D6 (70 x 165)cm	2	4	2	8
D7 (150 x 105)cm	11	/	/	11
D8 (70 x 105)cm	1	2	1	4
D9 (150 x 60)cm	11	/	/	11
D10 (70 x 60)cm	1	2	1	4
TOT. PANNELLI per fronte	159	32	31	222

La tabella riporta dei codici assegnati alle varie tipologie di pannello per dimensioni, il numero di pannelli in base alla tipologia applicati ad ogni fronte ed infine il totale di pannelli per dimensione.

Il numero totale dell'intero edificio è di 222 di cui la maggior parte collocati sul fronte Nord (n° 159) essendo il prospetto di dimensioni maggiori.

Per poter mettere in atto la strategia di adottare un prospetto che seguisse la regola della scacchiera, sono poi stati impiegati pannelli con una diversa colorazione nonché una diversa finitura superficiale. Le texture usate

Capitolo 5 – L' intervento urbanistico e il progetto architettonico

sono di tipo Reckli. Ci sono cinque diverse sfumature di una stessa tonalità tendente all' ocra, in cui le tonalità più scure identificano il vano scale. Le due diverse tipologie di texture sono di tipo " Friesland" e "Vitava". Si riporta di seguito l'abaco dei pannelli suddivisi per colorazione e texture.

n° TOT. PANNELLI	222	Type A "Friesland"				Type B "Vltava"
Dimensione Pannelli (b x h)cm		Paint 01	Paint 02	Paint 03	Paint 04	Paint 05
D1	(140 x 310)cm	/	/	18	16	17
D2	(105 x 310)cm	3	3	1	1	1
D3	(70 x 310)cm	6	6	25	21	23
D4	(35 x 310)cm	7	5	3	3	3
D5	(150 x 165)cm	/	/	10	6	6
D6	(70 x 165)cm	/	/	4	1	3
D7	(150 x 105)cm	/	/	2	4	5
D8	(70 x 105)cm	/	/	/	2	2
D9	(150 x 60)cm	/	/	3	3	5
D10	(70 x 60)cm	/	/	/	2	2
TOT.PANNELLI per tintura		16	14	66	59	67

Si evidenzia come la tonalità "paint 01" e "paint 02" sono in quantità minori in quanto collocati in prossimità dei vani scala. (Tav.42 Rif. A20)

Nella pagina seguente è riportato l'abaco dei pannelli.

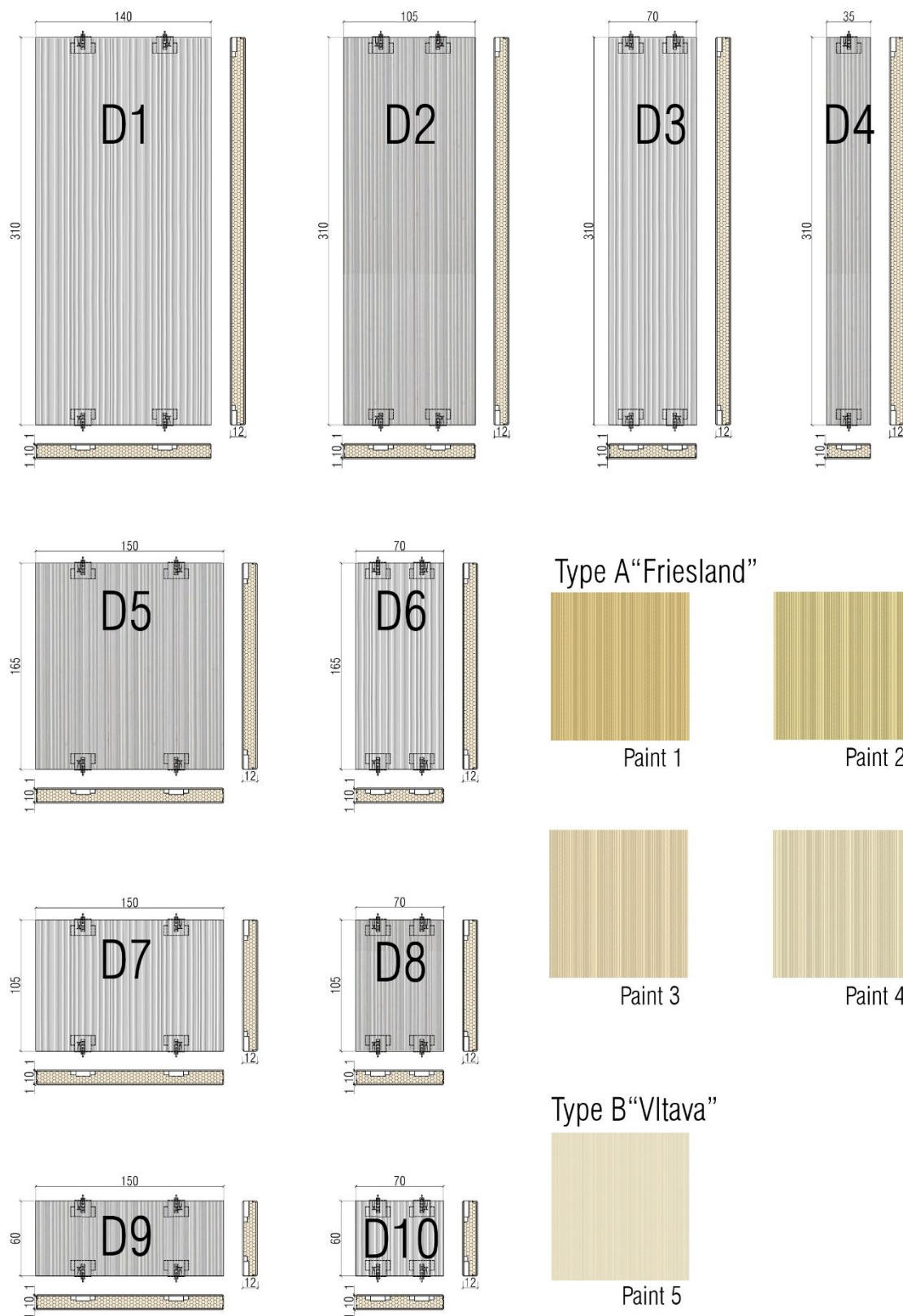


Figura 25. Abaco dei pannelli

5.6 - I materiali

Oltre all' impiego del pannello EASEE, si è optato per l' inserimento di nuovi materiali soprattutto acciaio per dare minor rigidità alle facciate. Si sono usate tipologie di materiali il più possibili omogenei tra loro senza creare grandi varietà.

La base dell' edificio è caratterizzato dalla presenza di acciaio. Sono presenti due diverse tipologie, la prima collocata a Nord, Est ed Ovest caratterizzata da un colore grigio e superficie liscia. Le basculanti presentano la stessa tipologia di finitura. Il colore grigio è dovuto alla ricerca di mantenere una base neutra.

Il prospetto sud trova come protagonista una finitura ad intonaco di colore giallo che oltre ad avere funzione estetica ha la funzione di rivestimento protettivo della muratura. La scelta di usare questo materiale deriva dal fatto di non creare disomogeneità dal punto di vista materico tra finitura ad intonaco e pannello EASEE.

Il secondo materiale presente in notevole quantità è l' acciaio. Questo lo si ritrova per i parapetti, i brise soleil, la base e le facciate delle aree di nuovo progetto.

I brise soleil sono in lamiera stirata in modo tale da garantire permeabilità visiva anche in nel caso queste siano poste come oscurante. Infatti la maglia della lamiera stirata scelta garantisce permeabilità ma al contempo svolge la propria funzione. Il colore è un giallo ocre come i pannelli EASEE.

Anche i parapetti sono di lamiera stirata ma con una maglia più fitta ma che lascia molta permeabilità visiva, di colore grigio.

Infine la parte di nuova costruzione che si trova al di sopra della copertura piana praticabile ha anch' essa un rivestimento in lamiera stirata con maglia differente dalle due precedenti. I colori di questi elementi sono delle stette tonalità di quelle del pannello EASEE.

Ultimo materiale degno di nota è il legno presente a livello della piazza sopraelevata che costituisce il pergolato.

5.7 – Fotoinserimento

Si confronta lo stato di fatto con lo stato di progetto, in modo tale da verificare il risultato ottenuto. Il primo analizzato è il prospetto Sud. (Tav. 51 Rif. A 29)



Figura 26. Prospetto Sud, stato di fatto



Figura 27. Prospetto sud, stato di progetto

Infine si confronta il prospetto Nord, sottolineato il buon risultato ottenuto attraverso l'utilizzo del pannello EASEE. (Tav. 52 Rif. A 30)



Figura 28. Prospetto Nord, stato di fatto



Figura 29. Prospetto Nord, stato di progetto

Capitolo 6

Il progetto tecnologico

6.1 - Involucro e prestazioni energetiche.

Le prestazioni energetiche dell'intero organismo edilizio dipendono in modo diretto dall'efficienza dell'involucro.

Le tecnologie di chiusura (verticali, orizzontali, opache e trasparenti) svolgono un ruolo primario in tema di prestazioni energetiche, in quanto caratterizzano i fattori concorrenti al bilancio energetico.

I materiali componenti un involucro che separa due ambienti a temperature differenti offrono una resistenza al passaggio del calore che varia in relazione diretta allo spessore del materiale e in relazione alla trasmittanza termica.

La trasmittanza termica (U) (W/m^2K), o coefficiente globale di trasmissione del calore interno-esterno è definita dalla norma UNI 7357 come il *“flusso di calore che passa da un locale all'esterno (o ad un altro locale) attraverso una parete per m^2 di superficie della parete e per K di differenza tra la temperatura del locale e la temperatura esterna, o del locale contiguo”*.

La conduttività o conducibilità termica (l) ($W/(m\cdot K)$) di un materiale indica il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, passa attraverso uno strato unitario di materiale in presenza di una differenza unitaria di temperatura tra le due facce opposte del materiale considerato. La conduttività dipende dalla porosità (densità) e dal contenuto igrometrico del materiale.

La resistenza termica (R) (m^2K/W) totale di una parete, che è ovviamente l'inverso della trasmittanza termica, sarà dunque data dalla somma delle differenti resistenze che il flusso di calore incontrerà lungo il percorso dall'elemento più caldo a quello più freddo.

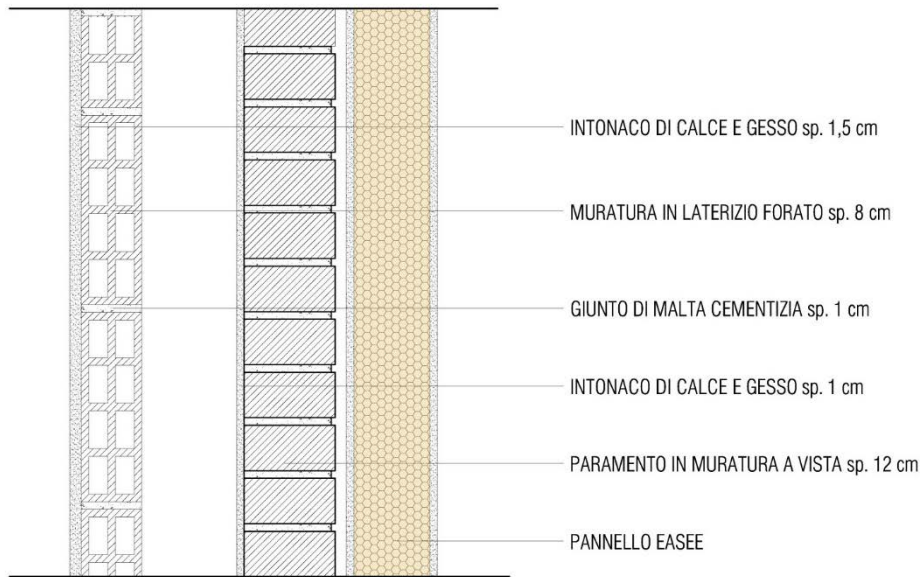
In questa fase progettuale, per ogni unità tecnologica, si presterà particolare attenzione alle prestazioni termiche dell'involucro edilizio in regime termico variabile mediante il calcolo dello sfasamento termico e l'attenuazione nei mesi invernali ed estivi e al controllo e alla verifica dei fenomeni di condensa interstiziale e superficiale, come previsto dalla Norma UNI EN ISO 13788, considerando le condizioni igrometriche di progetto interne ed esterne dell'edificio ed alle caratteristiche di ciascuno strato di materiale componente la parete.

Di seguito verranno riportate le schede informative relative alle caratteristiche di ogni pacchetto tecnologico, descrivendo dettagliatamente le unità costituenti l'edificio:

- Chiusura verticali;
- Chiusure orizzontali;
- Partizioni verticali;
- Partizioni orizzontali.

6.2 - Chiusure Verticali.

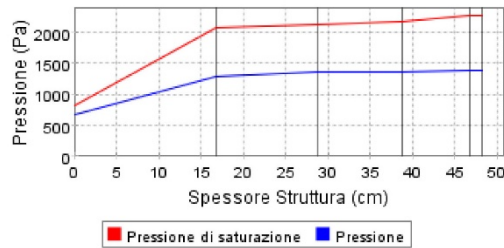
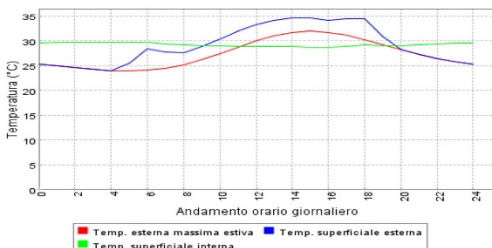
6.2.1 - Chiusura verticale con aggiunta del pannello EASEE.



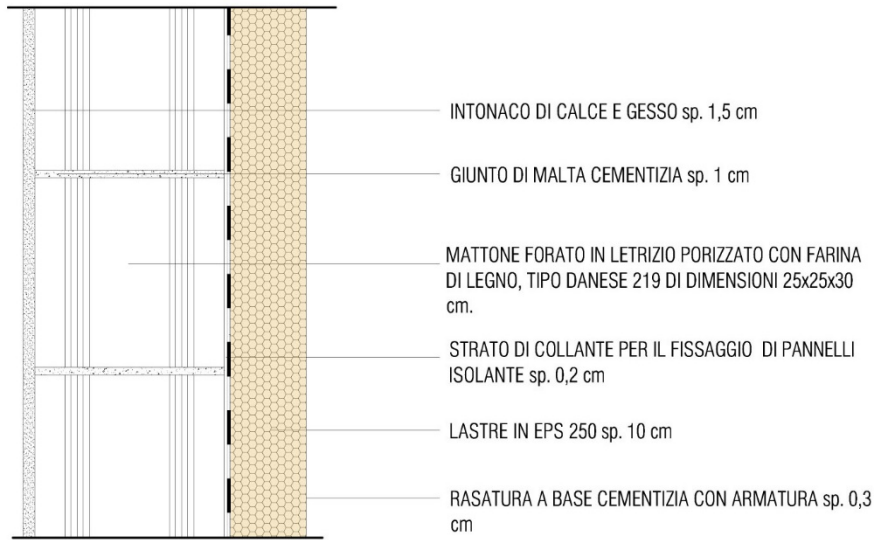
Questa chiusura verticale è presente sul fronte Nord, Est e Ovest. Il pannello EASEE viene applicato alla stratigrafia esistente tramite aggancio alla struttura portante. Si può notare la stratigrafia classica della tipologia a cassa vuota.

Caratteristiche chiusura				
Materiale	spessore [m]	resistenza [m ² k/W]	densità [kg/m ³]	calore specifico [J/kgK]
Intonaco di calce e gesso	0,015	0,0214	1400	836,8
muratura in laterizio forato	0,08	0,2	1800	934,35
Intercapedine d'aria	0,125	0,16	1	1104,16
muratura paramento in vista	0,12	0,15	1800	836,8
Pannello EASEE	0,12	4,4	50	1464,4

Oltre ad analizzare la trasmittanza dei singoli materiali è stata calcolata la trasmittanza totale pari a 0,1949 W/(m²K). Sotto sono invece riportati i grafici riguardanti a sinistra attenuazione e sfasamento che hanno ottenuto un risultato pari a 0,0873 e 12h 2'. Il grafico di destra rappresenta il diagramma di Glaser. Si può notare come non ci sia formazione di umidità interstiziale.



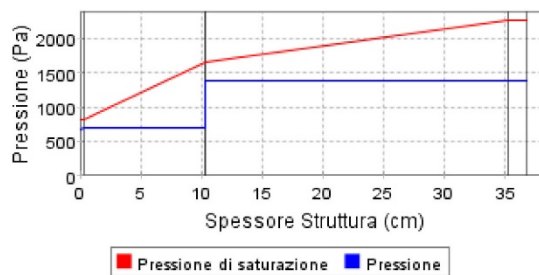
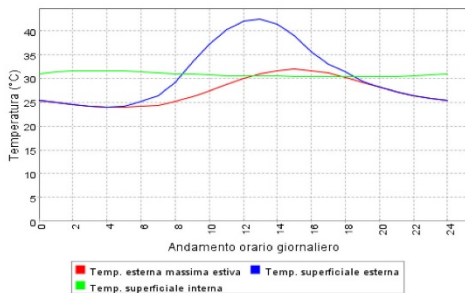
6.2.2 - Chiusura verticale fronte Sud.



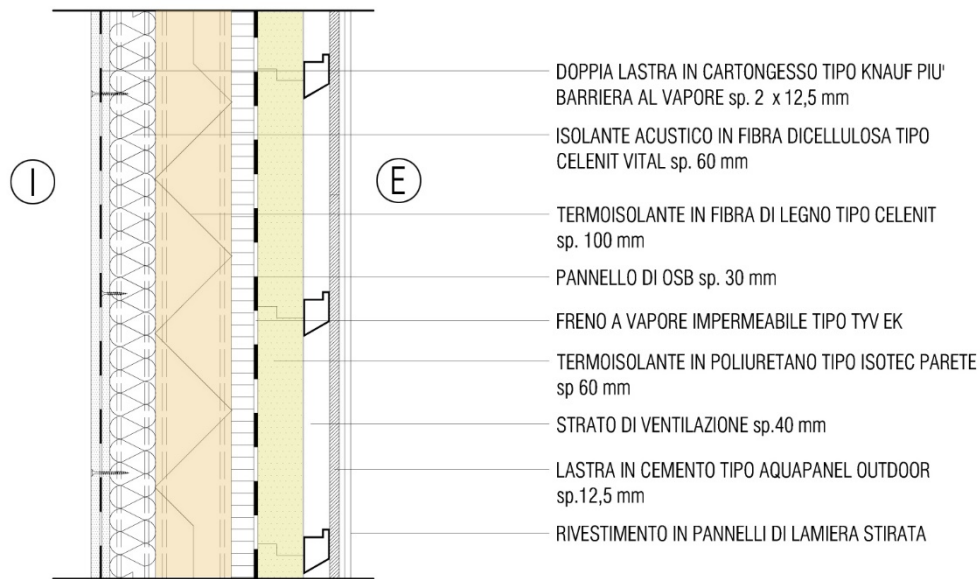
Questa chiusura verticale è presente sul fronte Sud. Si tratta di un nuovo pacchetto in quanto il fronte sud viene rivisto anche in termini tecnologici e quindi senza l' utilizzo del pannello EASEE. L' obiettivo è stato cercare di mantenere una trasmittanza il più possibile omogenea con quella derivante dall' uso del pannello EASEE.

Caratteristiche chiusura				
Materiale	spessore [m]	resistenza [m ² k/W]	densità [kg/m ³]	calore specifico [J/kgK]
Intonaco di calce e gesso	0,015	0,0214	1400	836,8
muratura in forati poroton	0,1	1,38	700	1004,16
Barriera al vapore	0,0003	0,0015	360	2099,94
Polistirene	0,1	2,9412	100	1405
Intonaco di calce e gesso	0,015	0,0214	1400	836,8

La trasmittanza totale del pacchetto è di 0,2208 W/(m²K). I valori di sfasamento e attenuazione sono rispettivamente di 15h 16' e 0,072. Dal grafico si può notare come grazie alla barriera al vapore aggiunta non si ha creazione di umidità.



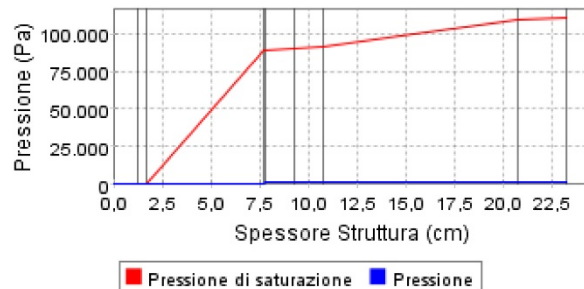
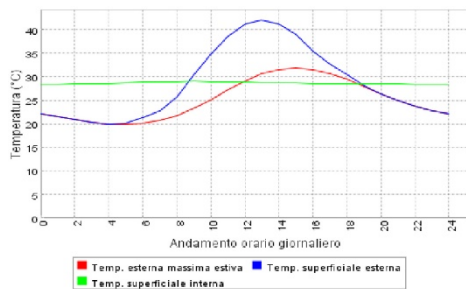
6.2.3 - Chiusura verticale Nuova Edificazione.



Nella parte di nuova edificazione si è realizzato un pacchetto con la tecnologia completamente a secco. La chiusura garantisce buone prestazioni in termini di trasmittanza termica e soprattutto è stata scelta questa tecnologia per non aumentare i carichi gravanti sulla struttura esistente.

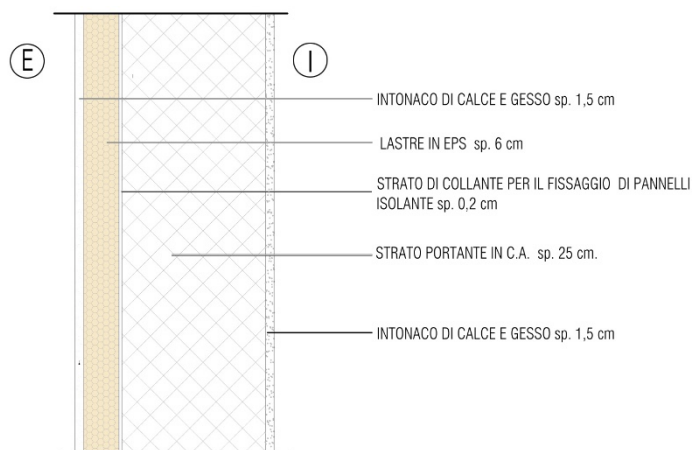
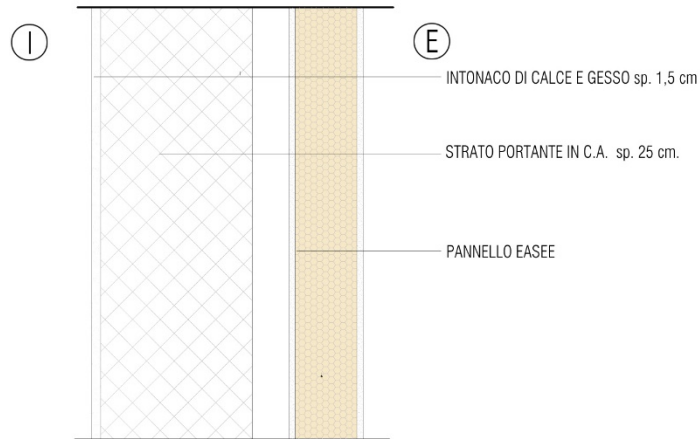
Caratteristiche chiusura				
Materiale	spessore [m]	resistenza [m ² k/W]	densità [kg/m ³]	calore specifico [J/kgK]
Lastra in cartongesso	0,025	0,119	900	803,32
Lana di legno	0,1	1,585	450	1817,53
Osb	0,15	0,1	1000	1606,65
Barriera al vapore	0,0003	0,0015	360	2099,95
Isotec parete	0,06	2,8571	38	1104,57
Camera d' aria	0,005	3055	1	1004,16
Acquapanel outdoor	0,0125	0,0723	1000	1004,17

Si ottiene un valore di trasmittanza termica pari a 0.1995 W/(m²K), attenuazione pari a 0,0791, sfasamento 13h26'. Non si ha creazione di umidità



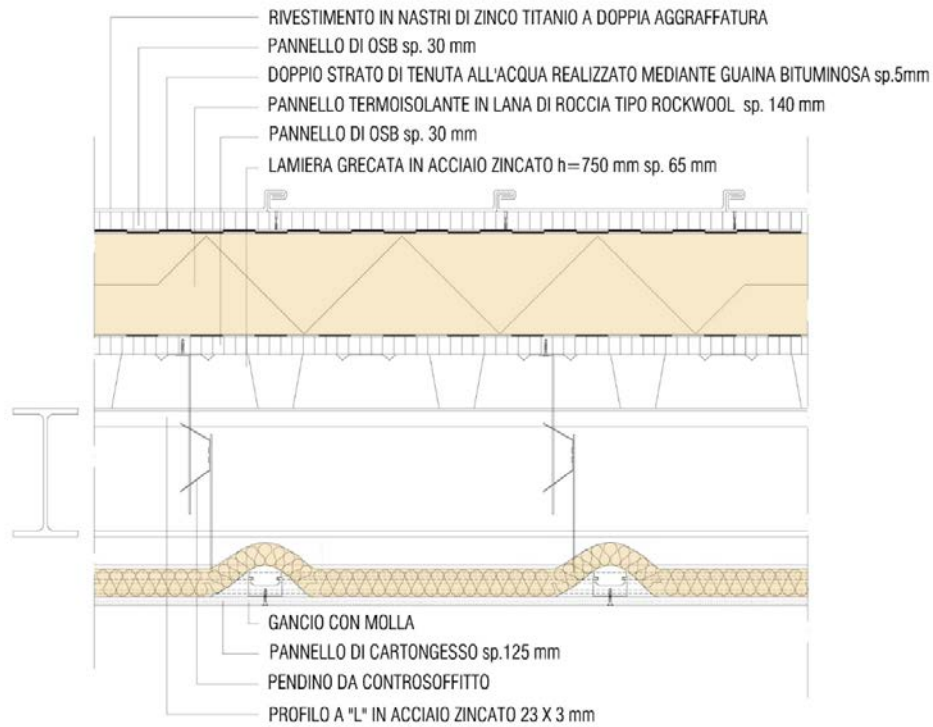
6.2.4 - Altre chiusure verticali.

La restante parte dell' involucro è costituita da altre tre diverse chiusure. La prima riveste il blocco scale con l' applicazione del pannello EASEE. La seconda invece è posta all' ultimo piano dove terminato il rivestimento col pannello si passa al rivestimento con lamiera stirata. Infine l' ultima è collocata tra vano scale e unità abitative (la si considera chiusura in quanto il blocco scale è aperto).



6.3 - Chiusure Orizzontali.

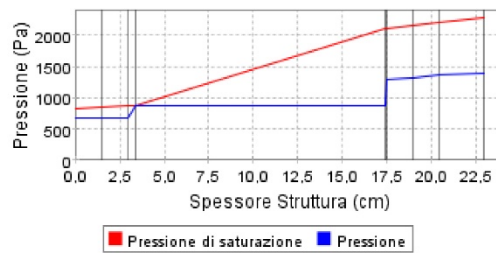
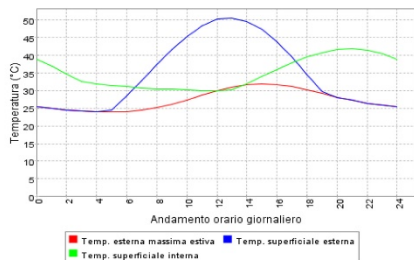
6.3.1 - Chiusure orizzontali Nuova Costruzione.



La chiusura orizzontale della nuova edificazione in conformità con la chiusura verticale, è stata fatta con tecnologia a secco. Questo al fine di limitare i carichi agenti sulla struttura esistente.

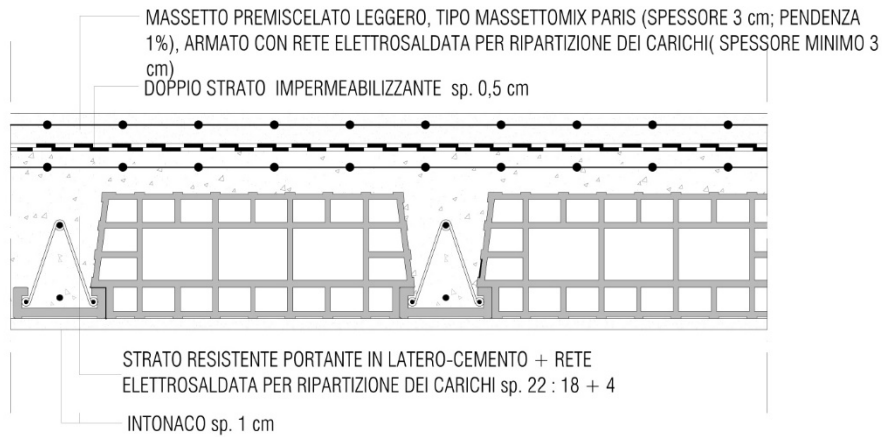
Caratteristiche chiusura				
Materiale	spessore [m]	resistenza term. [m ² k/W]	densità [kg/m ³]	calore specifico [J/kgK]
Osb	0,015	0,1	1000	1606,65
Guaina impermeabilizante	0,004	0,0133	1000	920,48
Lana di roccia	0,14	3,5	30	1004,16
Barriera al vapore	0,0003	0,0015	360	2099,95
Osb	0,15	0,1	1000	1606,65
Lastra in cartongesso	0,025	0,119	900	803,328

Si è ottenuta una trasmittanza termica totale di 0,2396 W/m²K. I valori di attenuazione e sfasamento sono di 0,4477 per il primo e 7h 43' per il secondo. Non si ha creazione di umidità.

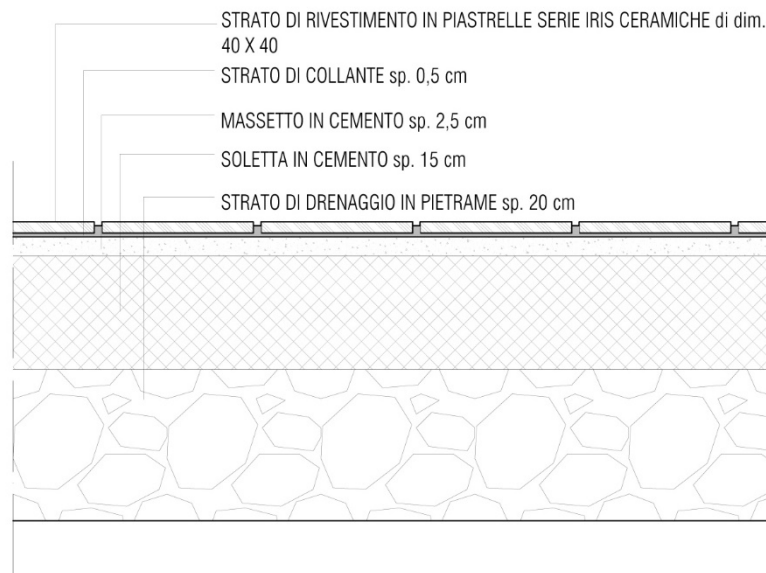


6.3.2 - Altre chiusure orizzontali.

Si riporta di seguito la chiusura orizzontale del vano scale; anche in questo caso si è cercato il mantenimento della tecnologia impiegata per la chiusura verticale. Il pacchetto è costruito con una tecnologia tradizionale con appositi accorgimenti come le guaine impermeabilizzanti ecc.

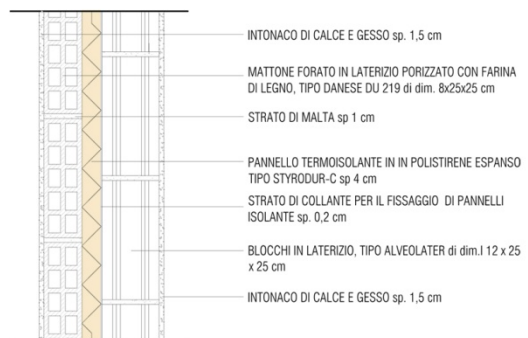
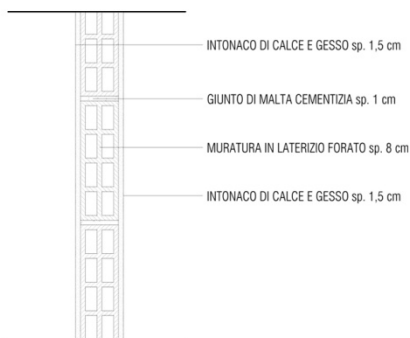


Ultima chiusura orizzontale analizzata è quella inferiore; è collocata tra box/controlterra o tra ingresso controlterra. Non è stato variato il pacchetto in quanto soddisfa le esigenze. Si caratterizza per uno strato di calcestruzzo ed un rivestimento che varia tra piastrelle e cemento liscio a seconda che sia collocato nei box o all' ingresso. Lo strato non necessita di isolamento termico in quanto locali non riscaldati.



6.4 - Partizioni Verticali.

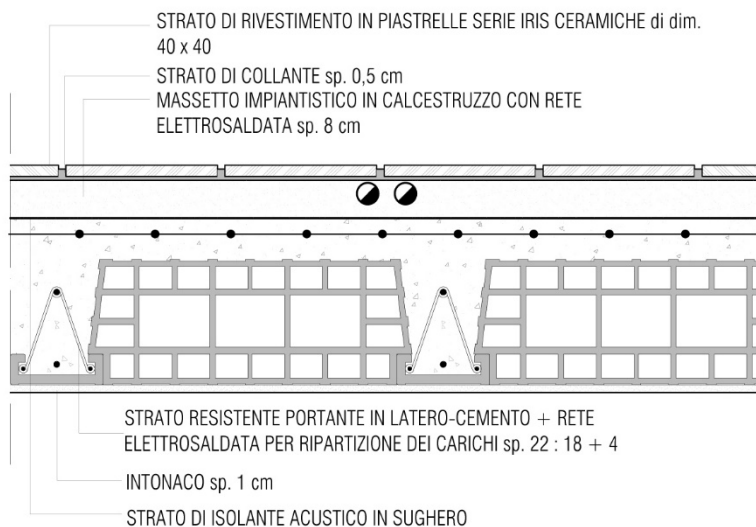
Le partizioni sono di quattro tipologie. Una riguardante le partizioni all'interno delle stesse unità abitative e una tra le diverse unità; quest'ultima presenta un doppio spessore di materiale rispetto a quella precedente con un intercapedine d'aria al fine di avere migliore isolamento acustico. Queste sono costruite con tecnologia a secco per contenere i carichi gravanti sulla struttura esistente. Infine le ultime due partizioni verticali sono localizzate al piano terra. Una divisoria dei box e l'ultima parete REI tra box e ingresso all'edificio.



6.5 - Partizioni Orizzontali.

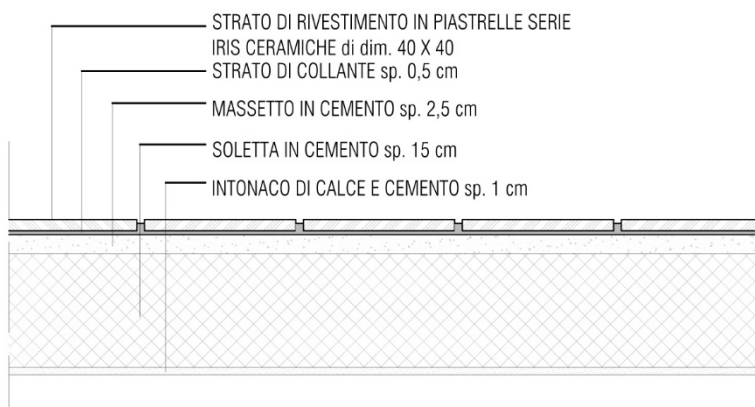
Sono presenti essenzialmente due tipi di partizioni orizzontali. Queste si caratterizzano per essere costruite con tecnologia tradizionale in quanto si è deciso di mantenere le stesse partizioni orizzontali dello stato di fatto.

La prima è la partizione orizzontale tra appartamenti che si caratterizza per un solaio in laterocemento. La struttura portante ha un'altezza di 22 centimetri. Al di sopra è presente il masseto impiantistico ed infine le piastrelle in ceramica.



La seconda partizione orizzontale è invece la soletta delle scale. Questa è composta da un unico strato di calcestruzzo armato con rivestimento in piastrelle. Bisogna ricordare che la struttura portante è rimasta invariata e quindi anche il pacchetto è rimasto invariato. Questo per rispettare l'obiettivo iniziale ovvero non intaccare la struttura portante.

Si caratterizza per una struttura portante di altezza pari 15 cm.



6.6 - L'importanza dell'involucro edilizio.

L'energia utile, per definizione, rappresenta la *quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso dell'anno, per mantenere negli ambienti riscaldati, la temperatura di progetto in regime di attivazione continua.*

Essa non dipende direttamente dall'impianto di cui è dotato l'edificio, ma è funzione di fattori riguardanti la morfologia, la composizione dell'edificio e la sua esposizione.

Le caratteristiche dell'involucro influiscono in termini di permeabilità dell'aria come la ventilazione naturale, ed altre infiltrazioni, dal rapporto delle superficie opache e superfici trasparenti e dall'esposizione di quest'ultime, quindi dalla presenza o meno di elementi schermanti.

6.6.1 - "Prima e Dopo".

In riferimento all'involucro, si vuole fare un confronto "prima e dopo" evidenziando come l'edificio si comporta, dal punto di vista energetico-tecnologico, allo stato attuale e i miglioramenti riscontrati a seguito dell'intervento in facciata mediante i pannelli EASEE.

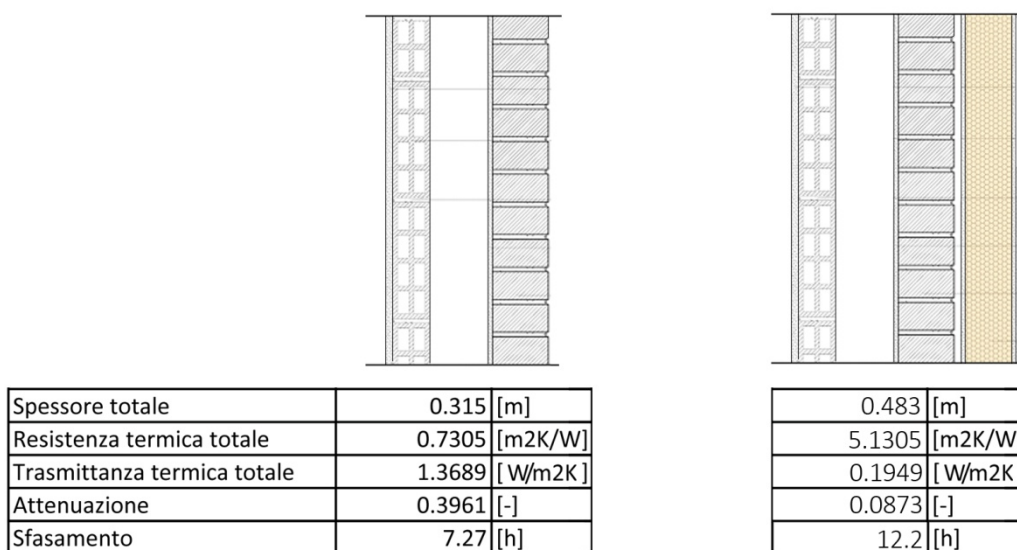


Figura 1. Confronto valori trasmittanza tra esistente e nuova stratigrafia.

Una prima sostanziale differenza si ha nel valore di trasmittanza termica; lo strato di EPS del pannello permette di avere un valore di trasmittanza pari a 0,195 W/m²K contro il valore precedente di 1,37 W/m²K. Per gli edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica in zona climatica E la trasmittanza massima delle strutture opache verticali verso l'esterno o verso locali non climatizzati deve essere di 0,28 W/m²K, quindi con l'applicazione del pannello si è riusciti a rientrare entro i parametri previsti da normativa.

Capitolo 6 - Il Progetto Tecnologico

Altre differenze si hanno in termini di sfasamento termico e attenuazione. Il fattore di attenuazione, o fattore di decremento, è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionaria precedentemente trattata.

Lo sfasamento invece è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

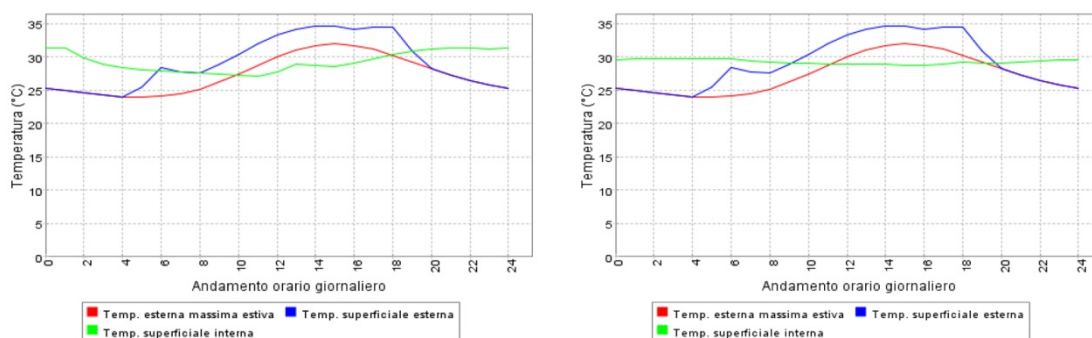
Sulla base dei valori assunti da questi parametri, la normativa definisce una classificazione prestazionale valida per qualsiasi destinazione d'uso.

Sfasamento (ore)	Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
$S > 12$	$Fa < 0,15$	ottime	I
$12 \geq S > 10$	$0,15 \leq fa < 0,30$	buone	II
$10 \geq S > 8$	$0,30 \leq fa < 0,40$	medie	III
$8 \geq S > 6$	$0,40 \leq fa < 0,60$	sufficienti	IV
$6 \geq S$	$0,60 \leq fa$	mediocri	V

Il pacchetto tecnologico con il pannello applicato ha qualità prestazionale di primo livello, caratterizzato da valori di attenuazione al di sotto dello 0,1 e lo sfasamento maggiore di 12 ore, di gran lunga più prestante rispetto ai valori della struttura esistente con qualità prestazionale appena sufficiente.

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Esistente	Nuova Costuzione
				Temp. superficiale interna	Temp. superficiale interna
0	25,34	0	25,34	31,2592	29,5733
1	24,94	0	24,94	31,3067	29,6512
2	24,54	0	24,54	29,8296	29,6916
3	24,22	0	24,22	28,7926	29,6873
4	23,98	0	23,98	28,444	29,645
5	23,9	71	25,4778	28,1271	29,6699
6	24,06	192	28,3267	27,8736	29,6803
7	24,46	147	27,7267	27,6835	29,3549
8	25,18	109	27,6022	27,525	29,1264
9	26,22	120	28,8867	27,3666	29,0496
10	27,42	133	30,3756	27,2398	28,9798
11	28,78	141	31,9133	27,1448	28,9239
12	30,06	144	33,26	27,7381	28,882
13	31,02	141	34,1533	28,8666	28,8471
14	31,66	133	34,6156	28,6289	28,8122
15	31,9	120	34,5667	28,5796	28,7843
16	31,66	109	34,0822	29,0884	28,7634
17	31,1	147	34,3667	29,6782	28,8941
18	30,22	192	34,4867	30,2873	29,1427
19	29,18	71	30,7578	30,8208	29,0903
20	28,14	0	28,14	31,1747	29,0795
21	27,26	0	27,26	31,3577	29,1916
22	26,46	0	26,46	31,3384	29,3215
23	25,82	0	25,82	31,1465	29,4557

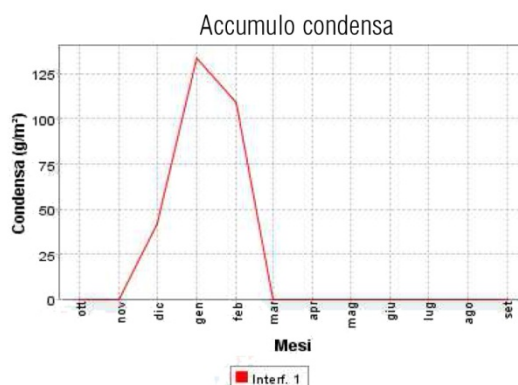
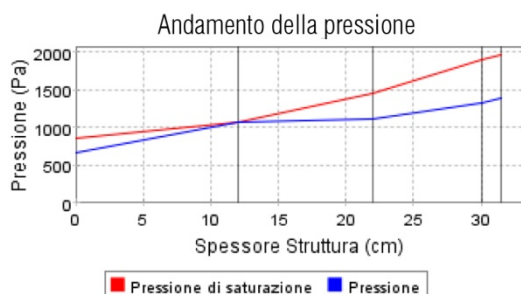
Capitolo 6 - Il Progetto Tecnologico



La tabella sopra, con i relativi grafici, indicano l'andamento della temperatura superficiale interna (linea verde) in funzione dell'ambiente esterno e l'irraggiamento incidente sulla superficie esterna della parete durante l'arco di una giornata nel periodo estivo. Si nota che, a differenza della struttura precedente, la nuova costruzione registra temperature interne più omogenee e costanti con valori medi attorno ai 28.5 °C.

Per quanto riguarda l'analisi igrometrica, attualmente la struttura presenta un fenomeno di condensa interstiziale localizzato nella parte retrostante del rivestimento in mattoni pieno, ma il valore risulta inferiore al limite di 500 g/m² consentito. L'accumulo di condensa viene considerato nel mese di Gennaio, mese critico con fattore di temperatura pari a 0,7103, la resistenza termica minima accettabile è di 0,8629 m²K/W, quello della parete risulta essere 0,7614. La condensa ha inizio nel mese di Dicembre e l'evaporazione termina nel mese di Marzo.

Mese	Interf. 1 → Flusso di vapore (g/m ²)	Condensa accumulata (g/m ²)	Data fine evaporazione
Ottobre	0	0	0
Novembre	0	0	0
Dicembre	41,57	41,57	0
Gennaio	92,28	133,85	0
Febbraio	-24,82	109,03	0
Marzo	-300,51	0	20
Aprile	0	0	0
Maggio	0	0	0
Giugno	0	0	0
Luglio	0	0	0
Agosto	0	0	0
Settembre	0	0	0

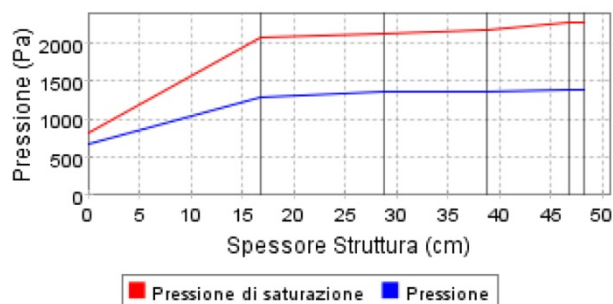


Capitolo 6 - Il Progetto Tecnologico

Con l'aggiunta del pannello Easee si è riusciti a far fronte anche a quest'altra problematica, portando il valore di resistenza termica a 5,0514 così da evitare accumuli di condensa interstiziale e superficiale.

Mese	Press. Esterna	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Press. Interna
Ottobre	1633,87	2238,99	2262,69	2280,20	2312,35	2315,82
	1285,00	1499,56	1525,10	1527,23	1535,74	1538,94
Novembre	1169,77	2154,41	2198,00	2230,45	2290,53	2297,05
	988,00	1394,53	1442,93	1446,96	1463,09	1469,14
Dicembre	897,53	2091,63	2149,63	2193,05	2273,96	2282,78
	754,00	1307,33	1373,20	1378,69	1400,65	1408,88
Gennaio	814,42	2069,49	2132,49	2179,75	2268,04	2277,68
	676,00	1282,03	1354,18	1360,19	1384,24	1393,25
Febbraio	922,61	2097,99	2154,54	2196,86	2275,66	2284,24
	735,00	1273,27	1337,35	1342,69	1364,05	1372,07
Marzo	1201,43	2160,94	2203,01	2234,32	2292,23	2298,51
	875,00	1266,47	1313,08	1316,96	1332,49	1338,32
Aprile	1531,88	2222,18	2249,87	2270,37	2308,05	2312,12
	1106,00	1358,20	1388,22	1390,72	1400,73	1404,49
Maggio	1819,12	2031,64	2039,25	2044,85	2055,07	2056,16
	1314,00	1464,57	1482,49	1483,98	1489,96	1492,20
Giugno	2351,46	2351,46	2351,46	2351,46	2351,46	2351,46
	1666,00	1666,00	1666,00	1666,00	1666,00	1666,00
Luglio	2740,60	2740,60	2740,60	2740,60	2740,60	2740,60
	1844,00	1844,00	1844,00	1844,00	1844,00	1844,00
Agosto	2658,56	2658,56	2658,56	2658,56	2658,56	2658,56
	1855,00	1855,00	1855,00	1855,00	1855,00	1855,00
Settembre	2223,70	2223,70	2223,70	2223,70	2223,70	2223,70
	1671,00	1701,11	1704,70	1705,00	1706,19	1706,64

Andamento della pressione



6.6.2 - Strategie passive.

Come abbiamo visto, il solo intervento sull'involucro mediante l'applicazione dei pannelli sandwich garantisce un netto miglioramento energetico-prestazionale dell'intero edificio, limitando le dispersioni di calore nel periodo dell'anno più freddo e migliorando il comfort microclimatico legato principalmente alla temperatura e umidità relativa all'interno delle unità abitative.

A completare l'intervento di retrofit energetico, sulla "pelle" dell'edificio si sono adottate altre strategie sia per il periodo invernale che per quello estivo.

Lo studio del percorso solare rappresenta un punto importante nella fase di progettazione; la massima irradiazione solare si ha nel fronte sud, nel periodo invernale l'angolo di inclinazione solare è circa 27° dal piano orizzontale, nel periodo estivo l'inclinazione è di circa 69°.

Le strategie passive adottate sono:

- involucro iperisolato, sul fronte Sud tramite tecnologia tradizionale "a cappotto", sui restanti fronti mediante l'installazione dei pannelli EASEE;
- correzioni ponti termici;
- sostituzione e aumento superfici vetrate con tipologia più prestante (serramento in alluminio a doppio vetro e taglio termico);
- apporti solari;
- ventilazione naturale;
- schermature solari mobili.

(Tav. 49 Rif. A 27)

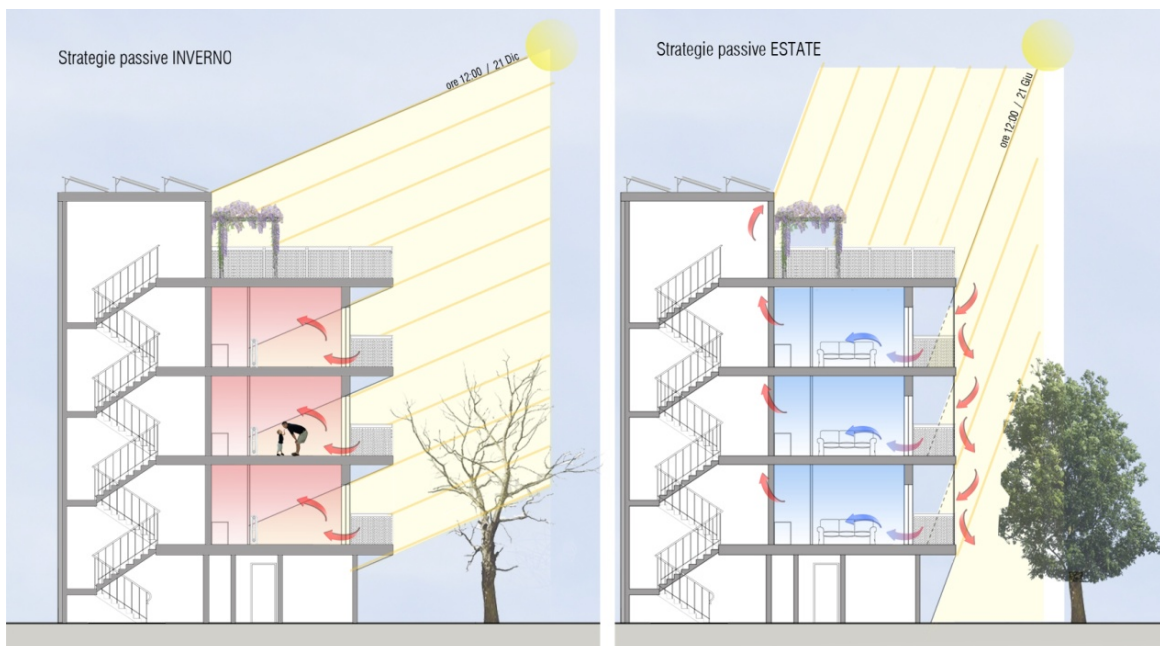


Figura 2. Schematic Design: Strategie passive invernali (a sinistra) ed estive (a destra).

6.6.3 - Strategie attive impiantistiche.

Il processo di riqualificazione ha termine con l'intervento di ottimizzazione della parte impiantistica.

Il compito dell' impianto è quello di fornire l'energia utile richiesta dall'involucro; la prestazione energetica di un sistema edificio/impianto è data dall'energia primaria richiesta all'ingresso dell'impianto e si misura in kWh/m² anno.

Per la produzione di calore, l'edificio attualmente è dotato di un sistema centralizzato che serve singole caldaie a gas per la produzione di acqua calda sanitaria, locate in ogni unità abitativa. La centrale termica contiene una caldaia pari a 170 kW dotata di un bruciatore con range 60-300 kW installato nel 2006. L'impianto è dotato di due pompe di circolazione della potenza di 0,8 kW l'una. Il generatore ha un rendimento di combustione pari al 92,5%.

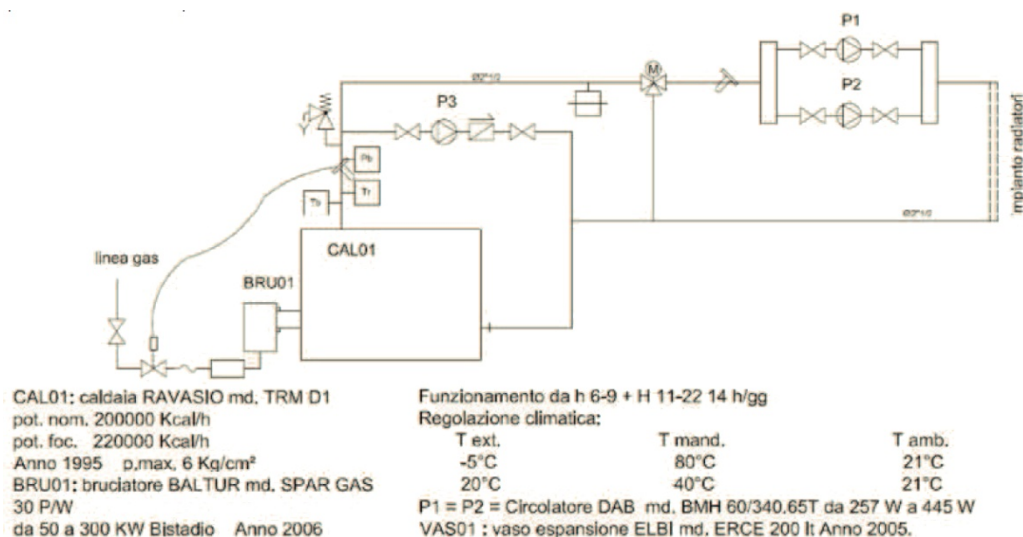


Figura 3. Schema impiantistico esistente.

6.6.4 - Integrazione Impiantistica.

Riscaldamento.

Il generatore di calore è una singola caldaia mentre, in ogni unità abitativa, i corpi scaldanti degli ambienti sono radiatori ad alta temperatura.

Il sistema gestisce la temperatura dell'acqua dell'anello primario tra il generatore di calore e il collettore di bilanciamento, definisce continuamente la temperatura da raggiungere nel circuito primario. La potenza del generatore viene adeguata accendendo la caldaia fino al 70% della sua potenza fino a quando la temperatura dell'anello primario non è raggiunta. Quando la caldaia ha raggiunto la sua potenza, il sistema aumenta la potenza fino a raggiungere la temperatura necessaria al sistema.

Il riscaldamento avverrà per controllo e gestione di zone climatiche mediante una centralina elettronica, dalla quale sarà possibile programmare l'orario di funzionamento e la temperatura.

L'installazione della valvola miscelatrice per la zona di riscaldamento, rende il sistema capace di rispondere simultaneamente a richieste di riscaldamento e di acqua calda sanitaria. Il sistema di riscaldamento centralizzato è completato da dei contabilizzatori di calore, pilotati da termostati ambiente on/off e da un concentratore dati.

L'ulteriore semplice rimedio consiste nell'applicare, ad ogni radiatore delle unità abitative, una valvola termostatica. Si tratta di un dispositivo che regola automaticamente l'afflusso di acqua calda ai radiatori. La valvola si chiude automaticamente a mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore incorporato nella manopola, si avvicina a quella desiderata.

Con questo sistema si riesce a riequilibrare sia la temperatura all'interno del singolo appartamento che fra i diversi alloggi, risparmiando sui consumi energetici fino al 20%, perché si evitano i disagi dovuti all'eccessivo surriscaldamento di alcuni locali e si sfruttano adeguatamente gli apporti gratuiti di energia solare.

Acqua Calda Sanitaria (ACS)

L'acqua calda sanitaria viene gestita dalla centralina in combinazione con il regolatore solare. Il sistema gestisce il riscaldamento della parte superiore del bollitore solare bivalente con scambiatori di calore interni, collegati in parallelo idraulico. La centralina viene pilotata in sanitario dal regolatore solare gestendo fasce orarie e temperature diverse. Quando il programma è attivo, il circolatore di carico del bollitore sanitario viene avviato nel momento in cui una richiesta di riscaldamento dell'acqua sanitaria viene rilevata dal sistema. Una funzione di ricircolo permette di mantenere in temperatura il circuito sanitario tramite un circolatore dedicato. Il sistema sanitario centralizzato è completato da dei contabilizzatori di calore e da un concentratore dati.

Integrazione pannelli solare.

La centralina di regolazione solare monitora continuamente la temperatura all'interno del bollitore sanitario attraverso due sonde di temperatura, posizionate nella parte superiore e inferiore del bollitore e la temperatura del fluido scaldato da due campi solari attraverso due sonde di temperatura. Quando la differenza di temperatura fra le due sonde supera il differenziale impostato, il regolatore solare attiva il relativo circolatore solare e trasferisce calore dai campi solari all'accumulo sanitario. I circolatori solari vengono disattivati quando la sonda di temperatura superiore raggiunge il limite di temperatura massimo impostato (mediamente intorno i 75 °C). Se l'energia solare non è sufficiente a scaldare il bollitore sanitario e la sonda di temperatura superiore resta al di sotto del valore di temperatura nominale impostato, la centralina solare invia alla centralina climatica una richiesta di riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

Sistema di raccolta di acqua piovana.

Un tema molto affrontato in tema di sostenibilità ambientale è quello legato all'elevato consumo di acqua per uso domestico.

Al fine di contenere i consumi, un'ulteriore strategia adottata è quello di un sistema di accumulo di acqua piovana e riutilizzo, attraverso un'elettropompa sommersa, per l'irrigazione attraverso l'alimentazione di sistemi di irrigazione automatici o manuali, e per l'alimentazione delle cassette dei wc, lavatrici.

(Tav.50 Rif. A 28)

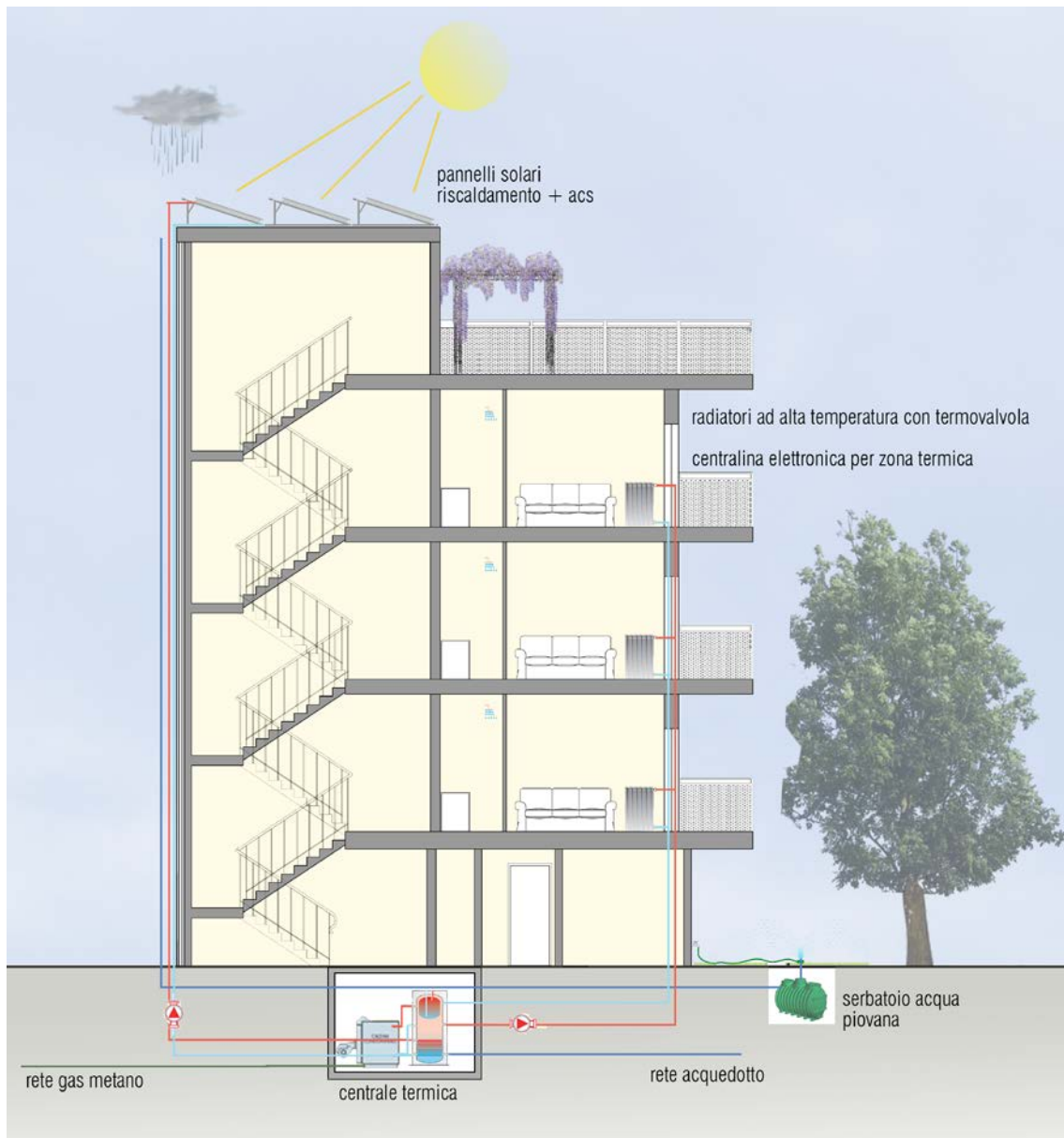


Figura 4. Schema impiantistico di progetto.

6.7 - Classificazione Energetica.

L'analisi finale è stata effettuata in termini di consumi, analizzando le varie casistiche involucro-impianto e seguendo il processo di ottimizzazione energetica.

La situazione di partenza è rappresentata dalla tecnologia e l'impianto dello stato di fatto.

Attraverso il software CENED si è determinato il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione, con consumi pari a 330,19 kWh/m²a

La successiva analisi riguarda il binomio impianto esistente - applicazione pannello EASEE e le altre strategie attuate per l'ottimizzazione dell'involucro. Con il solo intervento sull'involucro, i consumi sono ridotti di più del 60% con valore di 118.59 kWh/m²a.

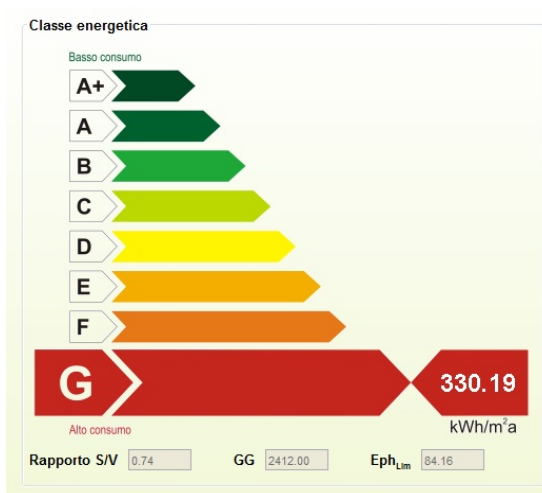


Figura 5. Classe Energetica allo stato di fatto

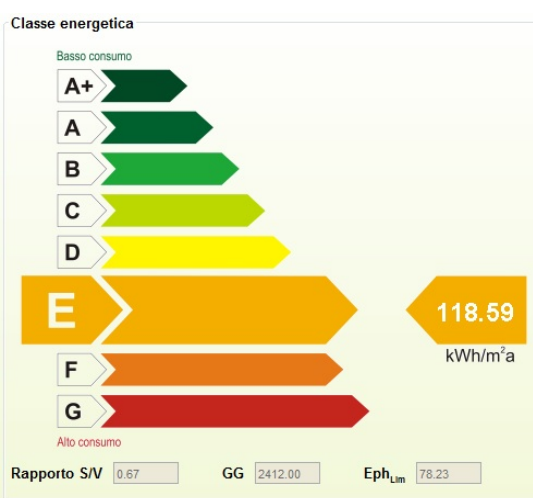


Figura 6. Classe Energetica con le soluzioni innovative e impianto esistente

La situazione finale consiste nell'analisi dell'involucro l'ottimizzato legato alla nuova strategia impiantistica; i risultati ottenuti sono soddisfacenti poiché l'edificio consuma 42.26 kWh/m²a

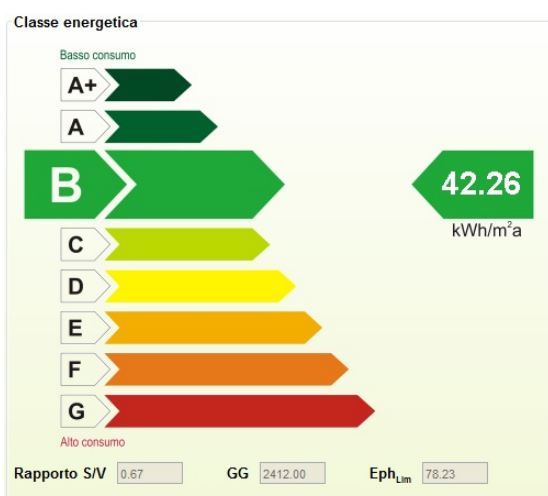


Figura 7. Classe energetica dopo la riqualificazione energetica.

Capitolo **7**

Il progetto strutturale

7.1 - Evoluzione normativa italiana

La storia riguardante la normativa relativa agli edifici ha una storia sorprendentemente molto antica. Nel 1627 inseguito al gravissimo terremoto che colpì la Campania, fu definito un metodo costruttivo detto “ sistema baraccato alla beneventana”. Questo era basato su di una struttura intelaiata in legno, con ritti infissi in un basamento di muratura e con le specchiature dei telai chiuse con materiali leggeri, canne o legname, cementate con malta e intonacate. Il sistema “baraccato” si confermò come una soluzione idonea anche dalla legge del marzo 1784 emanata da Ferdinando IV Borbone. Anche questa legge venne emanata in seguito al terremoto del 1783 di Messina e della Calabria. Una specie di circolare illustrativa definiva l’ altezza dello zoccolo di fondazione pari a 130 cm e fissava lo spessore minimo delle murature a 65 cm. Imponeva l’ uso di mattoni o di pietre di piccole dimensioni “abbracciabili a mano”. La struttura di copertura doveva poggiare su cordoli alla sommità della muratura, collegati in modo da formare un telaio.

Nel 1857 un terremoto nel napoletano con dodicimila vittime e poi nel 1859 a Norcia portarono alla redazione di un regolamento edilizio, steso dal Governo Pontificio di Pio IX. Si limitava a due piani l’ altezza delle nuove costruzioni; l’ altezza massima tra terreno e gronda a 8 metri e mezzo. Si fissava lo spessore minimo delle murature anche interne a 60 cm, mentre quelle esterne dovevano avere una scarpata di un ventesimo dell’altezza; si prescriveva il collegamento fra muri interni ed esterni. Ma soprattutto veniva richiesto che le aperture di porte e finestre fossero a distanza conveniente dagli angoli dei muri esterni e delle estremità dei muri di tramezzatura e che le aperture risultassero verticalmente allineate.

Il terremoto del 1883 a Casamicciola originò invece il regio decreto n° 2600 del 29 agosto 1884, con il quale venivano limitate le altezze delle nuove costruzioni a 10 metri e venivano vietate le strutture spingenti, limitati gli aggetti dei balconi a 60 cm.



Figura 1. Napoli 1883



Figura 2. Messina 1908

Un altro terremoto nel 1905, sempre tra Calabria e Messina produsse il decreto reale n° 511 del 16 settembre 1906. Il dramma del 28 dicembre 1908 , con la distruzione completa di Messina e Reggio Calabria con più di centomila vittime, ebbero origine le norme tecniche del regio decreto n° 193 del 18 aprile 1909 , seguito dalla circolare 2664 del 20 aprile (istruzioni tecniche). In

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

questo decreto si prescriveva, fra le tante indicazioni ancora oggi presenti nella normativa sismica, che le costruzioni fossero realizzate con un'ossatura di legno, di ferro, di cemento armato o di muratura armata, limitando la muratura in mattoni o in blocchi di pietra squadrata o listata, alle costruzioni ad un solo piano. Infatti dopo il terremoto di Messina, ci fu una fioritura di sistemi di muratura armata con tondini in ferro.

Nel successivo decreto reale n°1080 del 6 settembre 1912 la muratura ordinaria fu ammessa anche per edifici a due piani, purché non più alti di 7 metri, in mattoni o in blocchi di pietra naturale o artificiale di forma parallelepipedica.

Altri decreti furono emanati nel 1915 con l'R.D. n° 573, nel 1924 con il decreto 1099 e nel 1926 in seguito al terremoto di Siena e Grosseto, il decreto reale n° 705. Con quest'ultimo si limitava a 10 metri e a due piani l'altezza dei fabbricati in zona sismica di prima categoria e a 12 metri e a tre piani in seconda categoria con altezza di interpiano inferiore ai 5 metri. Le costruzioni in muratura ordinaria erano consentite fino a 8 metri in prima categoria e a 12 metri in seconda; spessore della muratura in mattoni pari a 30 cm all'ultimo piano con un aumento di 15 cm ad ogni piano inferiore.

Ancora nel 1929 il decreto reale n° 431, nel 1930 il decreto reale n° 692, nel 1937 il decreto 2015 ed infine nel 1939 il decreto regio n° 2228 e 2229 redatto in data 16 novembre 1939. Tale decreto è quello preso in considerazione per il progetto simulato. Nel 1962 la legge n°1684 introduceva inoltre il fattore di carico accidentale per edifici residenziali e numerose prescrizioni per edifici in zona sismica come anche le seguenti leggi fino agli anni '70. Non essendo però Calolziocorte nella tabella dei Comuni in zona sismica non si sono potute prendere in considerazione.

In seguito al terremoto del Belice del 1968, la circolare Il.p.p. 6090 dell'agosto 1969 vennero emanate le Norme per la progettazione, il calcolo, la esecuzione e il collaudo di costruzioni con strutture prefabbricate in Zone asismiche e sismiche alla quale si fece riferimento anche per la muratura armata a pannelli prefabbricati degli anni Ottanta.



Figura 3. Belice 1968

Nel 1972, vennero emanate le Norme tecniche alle quali dovevano uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed avente struttura metallica. Questi provvedimenti venivano appunto applicati tramite un D.M del 30 maggio 1972.

Dal luttuoso terremoto di Ancona del 1974 ebbe origine la legge 64 del 2 febbraio del 1974, considerata in un certo senso la madre di tutte le normative attuali. Da questa legge infatti discese il D.M.II.p.p 3 marzo 1975 "approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

In seguito ad altri eventi sismici di importante entità come il terremoto del 1976 di magnitudo 6.4 fu poi emanata la legge regionale del Friuli Venezia Giulia n° 30 del 20 giugno 1977, che introdusse il metodo di calcolo noto con il nome di Por, un metodo di calcolo applicabile nel caso di pareti poco snelle o comunque funzionanti prevalentemente a taglio. Questa legge regionale divenne poi il D.L n° 75 del 19 marzo 1981,



Figura 4. Friuli Venezia Giulia 1976

convertito nella legge n° 219 del 14 maggio 1987, che recava provvedimenti a favore della popolazione colpita dal sisma del 1980 e 1981 in Campania e in Basilicata; venivano inoltre indicati i provvedimenti e metodi per la ricostruzione e lo sviluppo di quelle zone. Fu poi emanato il D.M.II.pp. 2 luglio 1981 che sempre in merito al precedente terremoto dava indicazione sulla riparazione e il rafforzamento degli edifici danneggiati.

Il 10 giugno 1984 furono emanate le Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche. Divenne quindi un aggiornamento del decreto del 3 marzo tramite la circolare II.PP 25882 del 5 marzo 1985.

Il 24 gennaio 1986 fu poi approvato il nuovo aggiornamento della normativa sismica, integrata dalla successiva circolare 27690 del 19 luglio 1986. Il 9 gennaio seguente fu emanato il decreto per le costruzioni in zona asismica che venne però subito sostituito dal D.M. 20 novembre 1987 corredato poi dalla circolare 90787 del 1989.

Si arrivò al 1996 con il nuovo aggiornamento della normativa sismica, corredata poi dalle istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche; Con la circolare 65 del 10 aprile 1997, le istruzioni per l'applicazione delle stesse norme tecniche in riferimento alle zone sismiche.

Il 20 marzo 2003 arriva un punto di svolta per la normativa italiana riguardante le costruzioni. In questa data infatti venne emanata la prima ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, l'ordinanza n. 3274, che si pone l'obiettivo di raccogliere e sintetizzare le normative riguardanti tutti gli ambiti della progettazione edilizia, nonché regolare i criteri generali tecnico-costruttivi per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo degli edifici ordinari e speciali, oltre che di classificare l'interno territorio nazionale a seconda della pericolosità sismica. Questa ordinanza stravolge le basi teoriche sulle quali si fondava sino a quel momento la precedente normativa; il punto di riferimento diventano infatti i cosiddetti Eurocodici, rispetto ai quali mantiene numerose differenze. Da questo momento inizia un susseguirsi di circolari ed integrazioni dovute al continuo aggiornamento di parametri, coefficienti e correzioni.

Tutto questo confluisce nel D.M. del 14 gennaio 2008. Questa è infatti l'ultima versione delle Norme tecniche per le costruzioni che sostituisce tutte le precedenti.

Da questo excursus storico si desume come l'evoluzione della normativa italiana sia ancora nel pieno del proprio svolgimento. In 370 anni sono state emanate circa quaranta fra leggi, decreti e circolari, tutte orientate

a definire altezze, spessori, metodi esecutivi, qualità dei materiali. Si deduce l'impegno delle istituzioni nel trovare una risposta alle esigenze progettuali per garantire maggiore sicurezza possibile alle costruzioni edili.

7.2 - Metodo di calcolo

Il problema della sicurezza delle costruzioni esistenti è di fondamentale importanza in Italia, da un lato per l'elevata vulnerabilità, soprattutto rispetto alle azioni sismiche, dall'altro per il valore storico.

Si intende per costruzione esistente quelle costruzioni la cui struttura sia completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e o progetto di intervento.

Vengono introdotti i concetti di livello di conoscenza (relativo alla geometria, dettagli costruttivi e materiali) e fattore di confidenza (che modificano i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza)

Si definiscono poi le situazioni nelle quali è necessario effettuare la valutazione della sicurezza, che per le costruzioni esistenti potrà essere eseguita con riferimento ai soli Stati limite ultimi.

Situazioni in cui gli interventi di tipo non strutturale interagiscono con il comportamento delle strutture si riscontrano spesso nei lavori di riorganizzazione interna. Consiste nello spostamento o nella semplice demolizione di tramezzature o tamponature aventi rigidità e resistenza non trascurabili. La valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi sono normalmente affetti da un grado di incertezza diverso, non necessariamente maggiore da quello degli edifici di nuova progettazione.

Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura e dei materiali che la costituiscono. È per questo che viene introdotta un'altra categoria di fattori, i "fattori di confidenza", strettamente legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive. Vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare nel progetto o nella verifica in modo da ridurre ulteriormente, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza.

Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a stabilire se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC, oppure volto a determinare l'entità massima delle azioni considerate nelle combinazioni di progetto previste che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

Le NTC danno obbligo di verifica nel caso di variazioni dovute all'intervento dell'uomo, che incide direttamente e volontariamente sulla struttura oppure sulle azioni (ad esempio: aumento dei carichi verticali) o che incide indirettamente sul comportamento della struttura. La verifica sarà necessariamente finalizzata a determinare l'effettivo comportamento della struttura nella nuova configurazione.

La valutazione della sicurezza, nel caso di intervento di adeguamento, è finalizzata a stabilire se la struttura in seguito dell'intervento, è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC, con

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

il grado di sicurezza richiesto dalle stesse. Non è in generale necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi valide per le nuove costruzioni.

Ai fini delle verifiche di sicurezza, gli elementi strutturali devono essere suddivisi in duttili e fragili. Sono definiti elementi duttili: travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale; sono definiti elementi fragili: meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi. Tale suddivisione viene fatta per la diversa applicazione dei fattori di confidenza:

- La resistenza media ottenuta dalle informazioni della struttura esistente per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, devono essere divise per i fattori di confidenza.
- Le resistenze medie degli elementi duttili ottenute dalle informazioni, per definire le sollecitazioni trasmesse dagli elementi duttili a quelli fragili, sono moltiplicate per i fattori di confidenza.

La conoscenza della costruzione oggetto di verifica è di fondamentale importanza ai fini di un'adeguata analisi e può essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica e delle indagini sperimentali.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono tre **livelli di conoscenza**:

- LC 1 : conoscenza limitata;
- LC 2 : conoscenza adeguata;
- LC 3 : conoscenza accurata.

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Geometria: La geometria della struttura è nota in base ad un rilievo o dai disegni originali. Nel secondo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e sono ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. La normativa presente all'epoca era R.D 16-11-1939 n° 2228, n° 2229. E' richiesta una limitata verifica in situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

Proprietà dei materiali: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adottano valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati mediante prove in situ sugli elementi più importanti.

I fattori di confidenza possono essere utilizzati, in assenza di valutazioni più approfondite, per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi

7.3 - Progetto simulato

7.3.1 - Caratteristiche materiali

Il primo passo dell'analisi della normativa ha riguardato il reperire informazioni riguardo alla resistenza di progetto dei materiali usati negli anni '60. Si riportano le tabelle presenti all'interno della normativa con le stesse unità di misura.

Calcestruzzo							
Normativa	VALORI MEDI	Resistenza [kg/cm ²]		compressione	flessione	taglio	
				$\sigma_{amm}/\sigma_{max}$	$\sigma_{amm}/\sigma_{max}$	τ_{c0}/τ_{max}	τ_{c1}/σ_{max}
R.D. 2229/39		Normale	≥ 120	29,20%	33,30%	3,30%	11,70%
		alta resistenza	≥ 160	28,10%	31,30%	3,80%	10,00%
		contr. cant.	180-225	33,30%	33,30%	2,70%	7,10%

Acciaio					
Normativa	Tipo acciaio	Resistenza [kg/cm ²]		$\sigma_{amm}/\sigma_{max}$	Allungamento a rottura
		Rottura	Snervamento		
R.D. 2229/39	Acciaio dolce	4200-5000	≥ 2300	29,20%	33,30%
	Acciaio semiduro	5000-6000	≥ 2700	28,10%	31,30%
	Acciaio dolce	6000-7000	≥ 3100	33,30%	33,30%

7.3.2 - Metodo di progettazione

In seguito alla conoscenza delle caratteristiche dei materiali è stato necessario conoscere i metodi di progettazione per le varie parti strutturali.

Pilastro					
Normativa	Armatura longitudinale	Armatura trasversale	Verifiche	Copriferro	Interferro
R.D. 2229/39	0,8% fino a 2000 cm ²	p _{staf} = min (1/2l _{min} , 10 ϕ _{min})	n = 6,8,10	2 cm	min (2cm, ϕ)
	0,5% oltre 8000 cm ³		Metodo T.A		

Indicazioni della manualistica :

- Progetto a solo sforzo assiale
- Sezione ridotte con piccoli quantitativi di armature.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Trave					
Normativa	Armatura longitudinale	Armatura trasversale	Verifiche	Copriferro	Interferro
R.D. 2229/39		50% Taglio staffe	n = 6,8,10	2 cm	min (2cm,ϕ)
		50% Taglio piegate	Metodo T.A		

Indicazioni della manualistica:

- Distribuzione a scacchiera carichi accidentali;
- Progetto a semplice armatura $A_r = t b \sqrt{M/b}$
- Disposizione delle armature longitudinali ottenuta dai momenti resistenti (Minimo 2 reggistaffe $\varnothing 12$);

7.3.3 - Caratteristiche dell' edificio.

Progetto e verifica con metodo delle tensioni ammissibili.

Resistenza materiali:

- Ipotesi utilizzo cemento ad alta resistenza.

C 20/25;

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$;

- Ipotesi utilizzo acciaio duro.

$\sigma_{A,s} = 310 \text{ MPa}$

coefficiente di omogeneizzazione $n = 6,8,10$.

7.3.4 - Organismo strutturale

L' edificio presenta una struttura con pilastri di dimensioni 30 x 30, ad eccezione del piano terra che presenta dimensioni di 35 x 35 cm. Viene ipotizzata una struttura a telaio con travi di dimensioni 30 x 40 confrontandolo con altri edifici di tale periodo.

Lo schema strutturale è come segue:

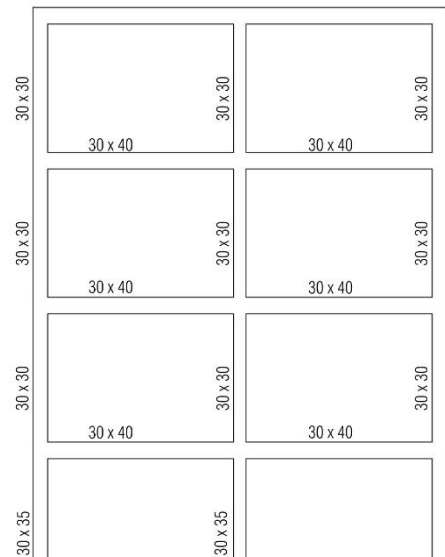


Figura 5. Schema strutturale

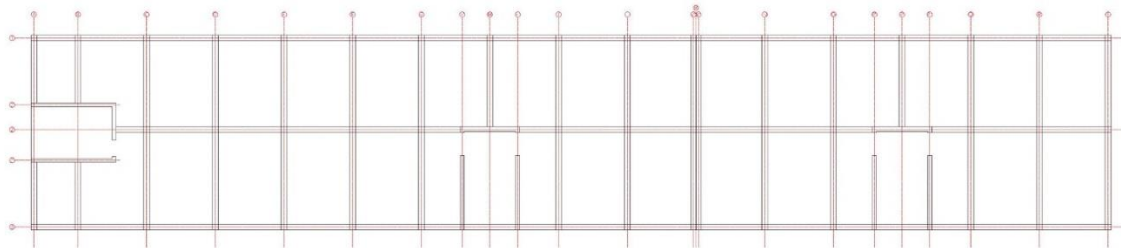


Figura 6. Schema strutturale planimetrico

I solai hanno struttura portante di spessore di 20 cm, sono composti da pignatte e travetti di altezza 10 cm e interasse 50 cm.

Si riporta di seguito l' abaco dei solai interpiano e del solaio sottotetto.

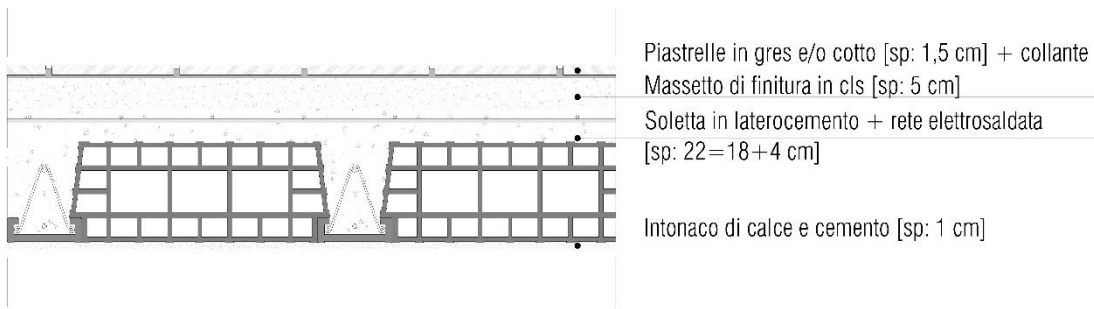


Figura 7. Solaio piano tipo

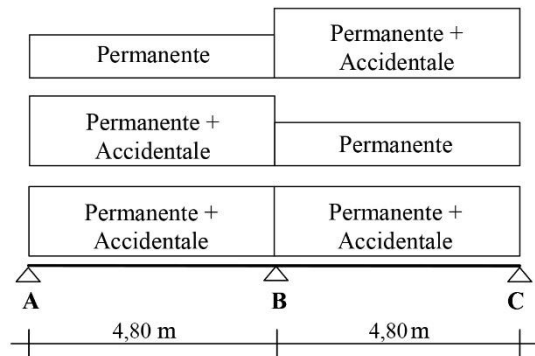
7.3.5 - Scelta del metodo di calcolo

Si distinguono i metodi di calcolo per solai e travi e pilastri; per quanto riguarda i primi viene utilizzata una combinazione di carico per solaio e travi trasversali. Per quanto riguarda i pilastri, si progetta al solo sforzo assiale.

I carichi considerati sono:

- Il carico permanente
- Il peso proprio degli elementi strutturali
- Il carico accidentale.

Si riporta a lato lo schema della combinazione di carico.



7.3.6 - Analisi dei carichi

Il decreto legge n° 2229 del 1939 espone per la prima volta alcune linee guida riguardo l'analisi dei carichi. In particolar modo definisce il peso proprio degli elementi strutturali pari a 25 kN/m³.

I carichi accidentali vengono citati nell'art.21 " I carichi accidentali devono essere stabiliti in relazione al tipo e all'importanza della costruzione, e all 'uso a cui è destinata. Si tiene conto delle eventuali azioni dinamiche aumentando i carichi in relazione alla loro natura ed al tipo della struttura". Si deduce che venivano stabiliti arbitrariamente dal progettista.

Bisogna fare riferimento alla legge del 25/11/1962 n.1684. Questa legge dava specifiche soprattutto per gli edifici in zona sismica ma quantifica per la prima volta i carichi accidentali riguardanti un edificio residenziale:

Carichi accidentali		
Solaio	Interpiano [kg/m ²]	Copertura [kg/m ²]
Carichi accidentali	200	150

Si è passato poi all' analisi dei carichi dei pacchetti tecnologici; si riportano innanzitutto le specifiche dei materiali usati.

Materiali	
Pesi specifici	kN/m ³
Calcestruzzo	25
Laterizi	8
Massetto	15
Tamponature	8

Pacchetto tipico 1

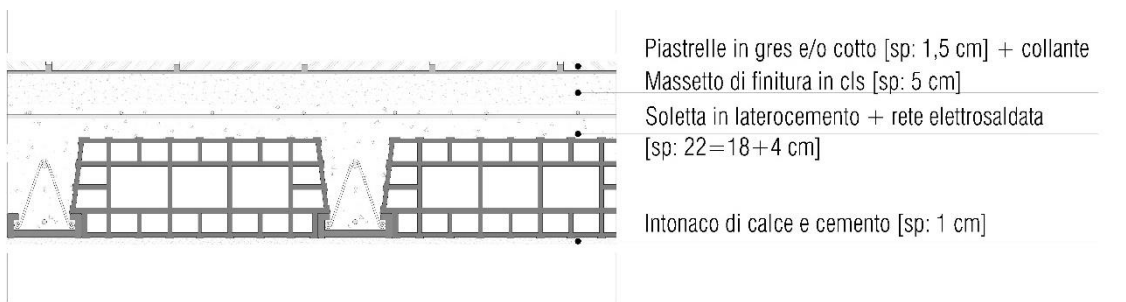


Figura 8. Partizione piano tipo

SOLAIO TIPO	
Materiali	peso [kN/m ²]
Soletta	1,50
Pignatte	0,88
Travetti	1,38
Massetto	0,75
Intonaco	0,28
Pavimento	0,50

Carico permanente Soletta	5,29
---------------------------	------

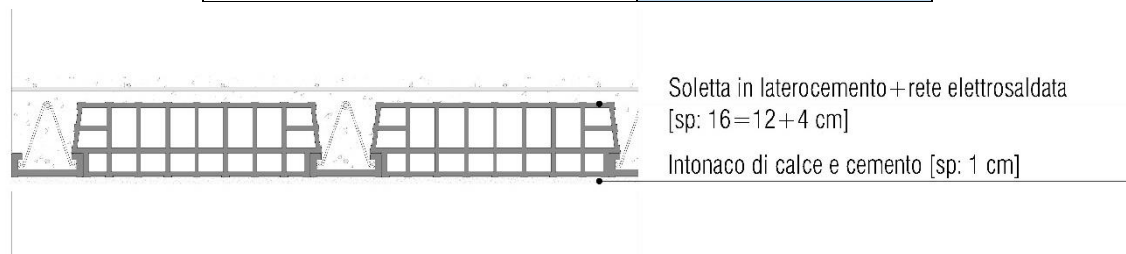


Figura 9. Abaco solaio copertura

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Solaio copertura	
Materiali	peso [kN/m ²]
Soletta	125
Pignatte	88
Travetti	138
Intonaco	28
Carico permanente Soletta	379

Infine viene calcolato il peso proprio della struttura.

Peso proprio struttura	
Elementi	peso [kN/m]
Trave 30 x 40 (luce 4,80 m)	3
Elemento	peso [kN/m ²]
Pilastro 30 x 30 (altezza 2,8)	6,3

7.3.7 - Dimensionamento armatura pilastro

Per quanto riguarda i pilastri, essendo a conoscenza delle dimensioni (30 x 30) si può facilmente calcolare la quantità di ferri prendendo in considerazione i valori dettati dalla legge n. 2229 del 1939.

PILASTRO		
Dimensioni	Area mm ²	Armatura minima mm ²
30 x 30	90000	720
Armatura longitudinale	N° 6 ferri $\Phi = 14$ mm	
Passo staffe	1/2Lmin	10 Φ
minimo	170 mm	140 mm

Stando al rispetto della normativa e ai manuali in uso, il diametro delle staffe era di $\Phi = 8$ mm.

7.3.8 - Dimensionamento trave

La legge n. 2229 del 1939 specifica nell'art. 22 per il dimensionamento della trave quanto segue: "Le caratteristiche di sollecitazione (momenti flettenti e torcenti, forze taglianti e forze normali) sono determinate con i metodi della scienza delle costruzioni in base alle condizioni più sfavorevoli di carico". Verranno così svolte varie combinazioni di carico come visto in precedenza, in modo tale da

considerare la condizione più sfavorevole di carico. Nello stesso articolo “si assume il fattore di omogeneizzazione n , in mancanza di una diretta determinazione sperimentale, un valore costante pari a 10 per i conglomerati di cementi normali e 8 per i cementi ad alta resistenza”. La legge n.1684 del 25 novembre 1962 fa un'ulteriore specifica: “ la loro armatura longitudinale deve essere costituita da almeno quattro barre di acciaio in tondo liscio o nervato, una in corrispondenza di ciascun angolo, e le legature trasversali, devono essere poste alla distanza di 25-30 centimetri. Il peso complessivo dell'armatura non deve risultare in nessun caso inferiore a 50 chilogrammi per metro cubo di conglomerato”.

Nella tabella che segue sono analizzati i carichi agenti sulla trave

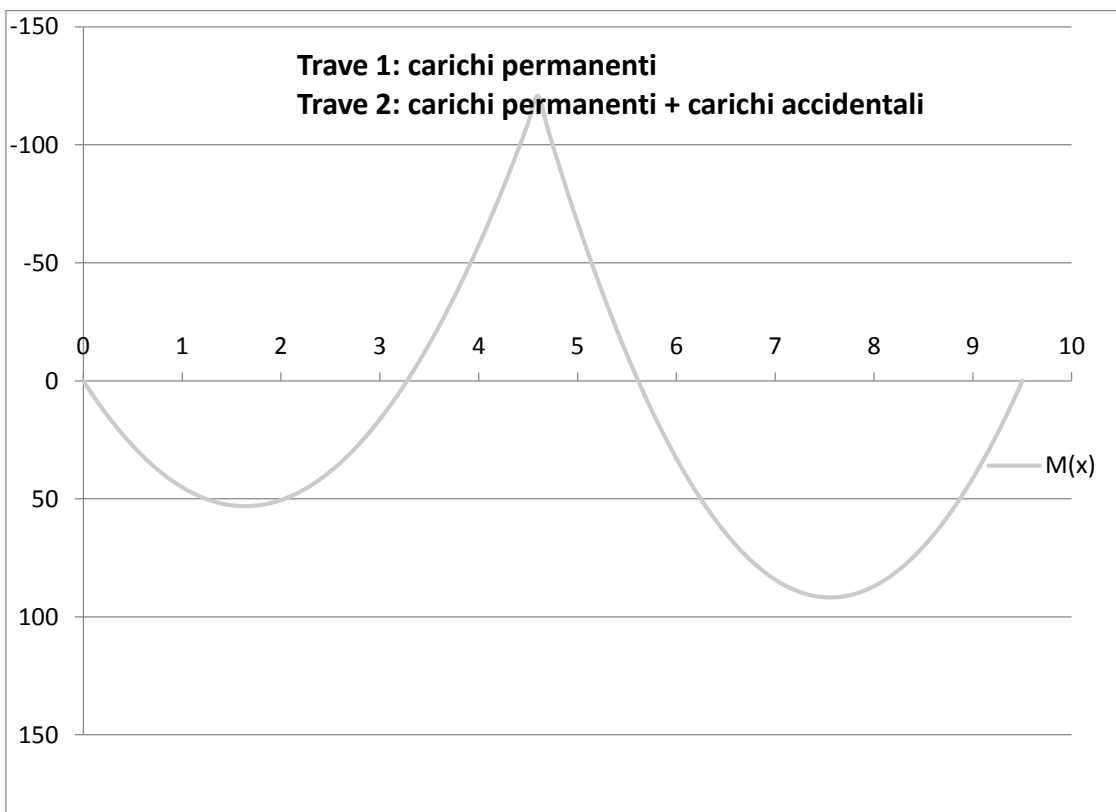
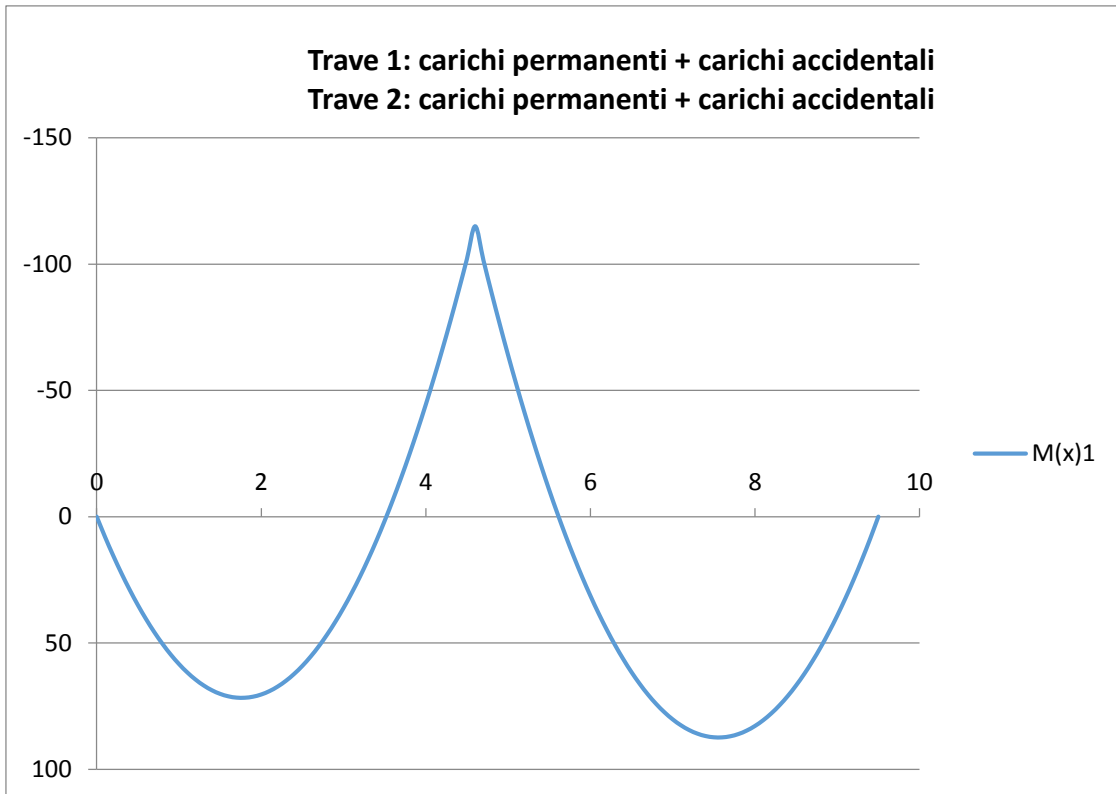
CARICHI AGENTI SULLA TRAVE	
Carichi variabili	kN/m
carichi accidentali Q	2
Carichi permanenti	kN/m
Peso proprio trave G0	3
Peso proprio solaio G1	5,29

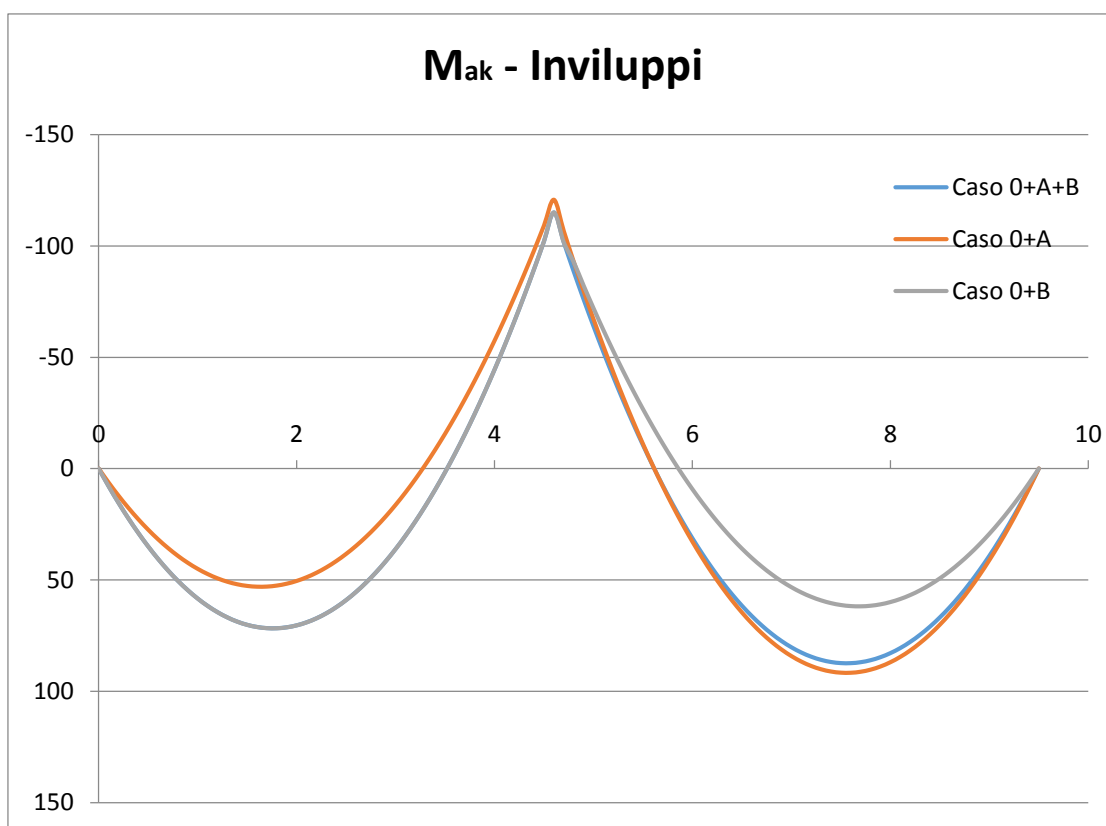
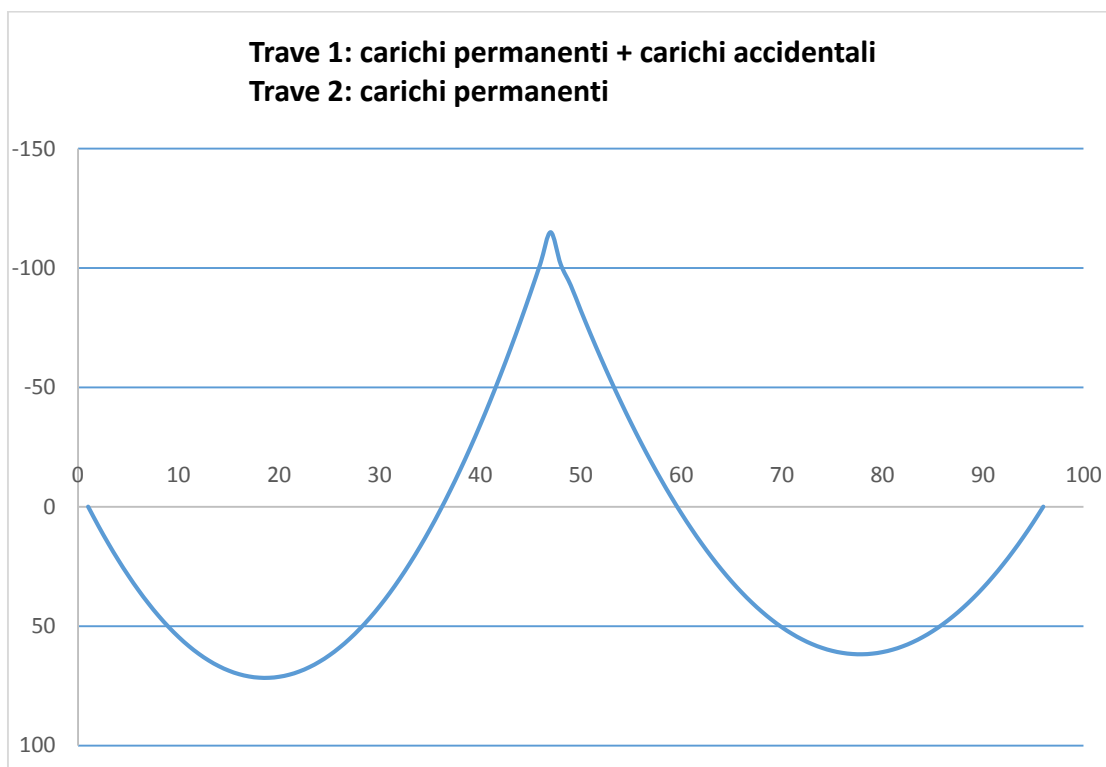
Infine l' area di influenza è necessaria alla conoscenza del carico che agisce sulla trave.

Calcolo area di influenza	
Dimensioni campate	m
Lunghezza campata 1	4,65
Lunghezza campata 2	4,95
Fascia considerata	4,12
Aree di influenza	m ²
Area di influenza 1	20,925
Area di influenza 2	22,275

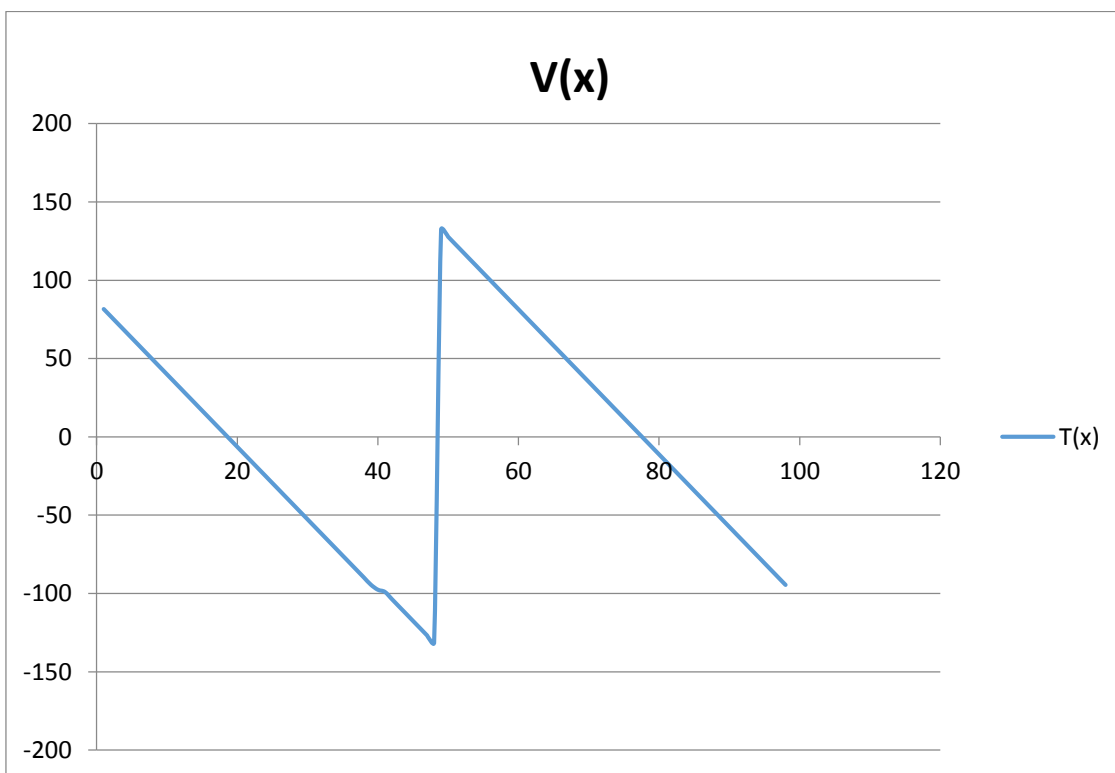
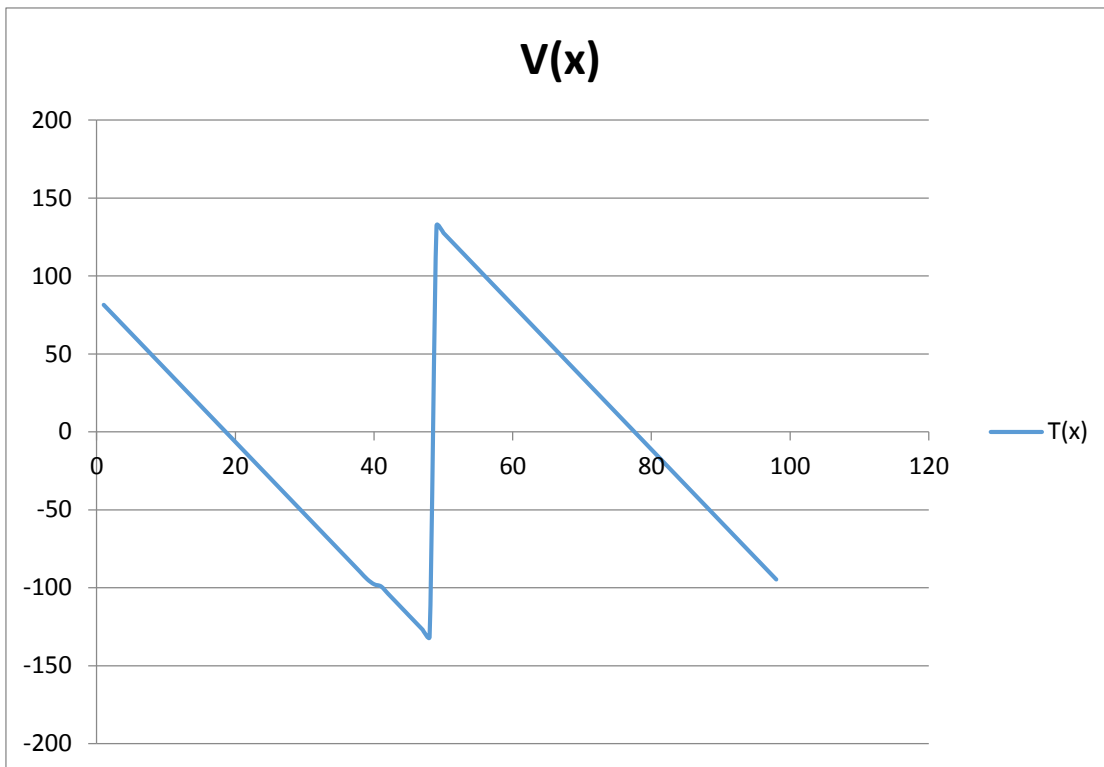
Seguendo le istruzioni della norma si va a determinare gli involuipi della trave nei tre diversi casi citati in precedenza. In tale modo si trova il valore del momento e del taglio nelle situazioni più svantaggiose.

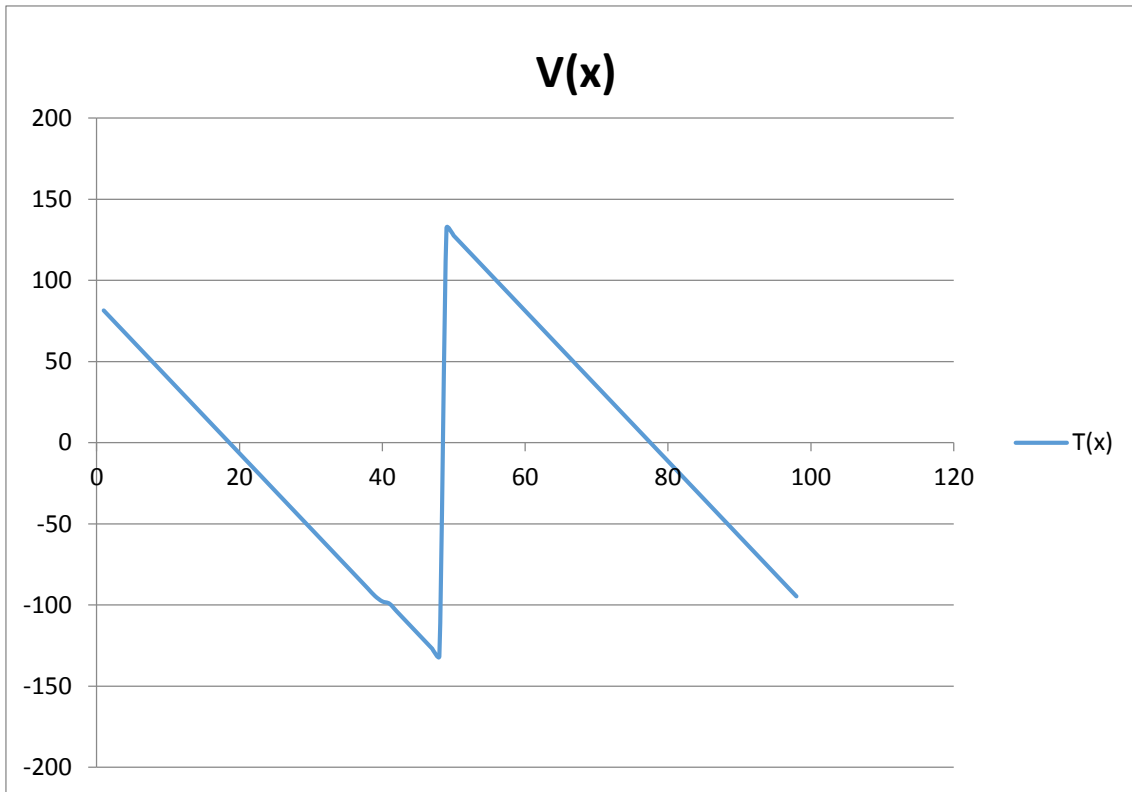
Sono analizzate le varie combinazioni, applicando carichi permanenti e accidentali, a seconda dei casi in modo tale da fare tutte le combinazioni possibili (i calcoli vengono allegati in appendice al capitolo).





Si riportano di seguito i valori del taglio nei diversi casi con i relativi grafici





Si ipotizza una sezione della trave di dimensioni 30 x 40 cm. Per ogni sezione sono note le sollecitazioni. Per il calcolo dell'area minima dei ferri ci si riconduce all'utilizzo della seguente relazione:

$$A_f = \frac{M}{0,9 \times h \times \sigma_{amm,f}}$$

Si passa ora al calcolo dell'area minima di ferri, considerando le condizioni di momento più sfavorevoli nella campata della trave 1 (4,6 m), nella campata della trave 2 (4,8 m) e nell'appoggio centrale.

Per quanto riguarda la tipologia di acciaio impiegato si fa riferimento alla classificazione citata legge n.2229. In particolare, il R.D.L. definisce, sulla base della tensione di snervamento, di rottura, e dell'allungamento a rottura, tre tipi di acciai denominati dolce, semiduro e duro, mentre la circolare ripropone la medesima classificazione assegnando le sigle Aq.42, Aq.50 e Aq.60, agli acciai di qualità caratterizzati rispettivamente da intervalli di resistenza a rottura di 42-50, 50-60, 60-70 kg/mm², da tensione di snervamento non inferiore a 23, 27 e 31 kg/mm² ed infine da allungamenti a rottura valutata su 10 diametri non inferiori a 20%, 16% e 14%.

Determinazione area minimi ferri		
Armatura Trave	Valori	U.D.M
M trave 1	71,70	kN m
M trave 2	91,68	kN m
M appoggio	120,68	kN m
h	360	mm
σ_s ,amm	310000	kN/m ²
Af Trave 1	885,15	mm ²
Af Trave 2	1131,90	mm ²
Af appoggio centrale	1489,84	mm ²

La Legge n. 2229 del 1939 specificava in riferimento all'armatura della trave che il 50% degli sforzi viene assorbito dalle staffe, mentre il restante 50% dai ferri piegati. Si ipotizza di utilizzare dei ferri $\varnothing = 14$ mm.

Numero ferri		
		N° ferri
Trave 1	3,92	4
Trave 2	5,01	5
appoggio centrale	6,59	7

Per quanto riguarda la progettazione delle staffe, la legge del 25 novembre 1962, n. 1684 definisce che “ le legature devono essere poste alla distanza di 25-30 cm”. Inoltre studi riguardanti le carpenterie degli elementi strutturali hanno riscontrato che per le staffe veniva assunto frequentemente un valore del diametro pari a 6mm (XI Congresso Nazionale “L'ingegneria Sismica in Italia”, Genova 25-29 gennaio 2004).

Si considera l'impiego di staffe $\varnothing = 6$ mm e passo 25 cm, inseguito al possibile rilievo.



Figura 10. Dettaglio armatura trave

7.3.9 - Dimensionamento del controvento

In questa sede si intende dimensionare i nuclei di controvento presenti nell'edificio studiato. Le operazioni necessarie sono la determinazione di:

- azioni orizzontali massime sulle pareti allo stato limite d'esercizio;
- ripartizioni del carico orizzontale sui diversi nuclei controventati;
- carico verticale sui diversi nuclei controventati;
- azioni interne N, V, M;
- Dimensionamento controventi.

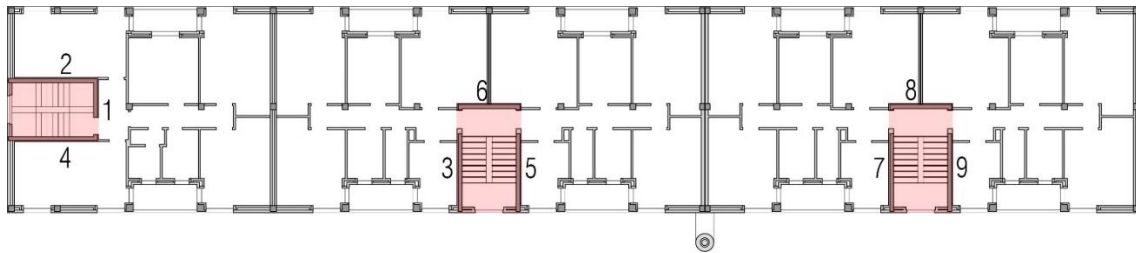


Figura 11. Identificazione nuclei di controvento

Forza convenzionale

La forza convenzionale è pari ad una percentuale dei pesi a forfaitaria simulazione delle azioni deviatorie orizzontali dovute alle sollecitazioni flessionali sui pilastri, eccentricità sistematiche e non intenzionali dei carichi ed eventualmente anche agli effetti del second'ordine derivanti dalle traslazioni dei piani.

Per quanto riguarda tale percentuale, viene valutata in due punti percentuali rispetto ai carichi verticali considerando:

- G_i = carichi permanenti
- Q_i = sovraccarichi accidentali

Le forze orizzontali vengono convogliate attraverso i diaframmi, costituiti dagli impalcati dei diversi piani, sul nucleo di controvento.

Si analizza ora il valore di queste forze convenzionali.

Carichi piano tipo

- Solaio

Carichi permanenti	
Elementi	peso [kN/m]
Trave 30 x 40 (luce 4,80 m)	3
Solaio in laterocemento	5,29

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

- Pilastrini

I pilastrini sono in quantità pari a circa uno ogni 13,5 metri quadri. Sono presenti quindi in quantità pari a 0,07 al m².

Carichi permanenti		
Elementi	peso [kN/cad]	Peso kN/m ²
Pilastrino 30 x 30	6,3	0,441

- Partizioni verticali

Carichi permanenti	
	peso [kN/m ²]
G ₂	0,75
G _{2k}	0,4

- Chiusure verticali

Carichi permanenti	
	peso [kN/m ²]
G ₂	2,78
G _{2k}	1,2

- Pareti controvento

Lo spessore di tali pareti è noto essere di 0,3 m per un' altezza pari a 3,4 m. Il peso del calcestruzzo è da considerarsi pari a 25 kN/m³.

Carichi permanenti	
	peso [kN/m]
G ₁	25,5

- Carichi accidentali

I carichi venivano stabiliti dalla normativa dalla legge N. 1684 del novembre 1962.

CARICHI AGENTI SULLA TRAVE	
Carichi variabili	kN/m
carichi accidentali Q	2

Carichi copertura.

- Solaio

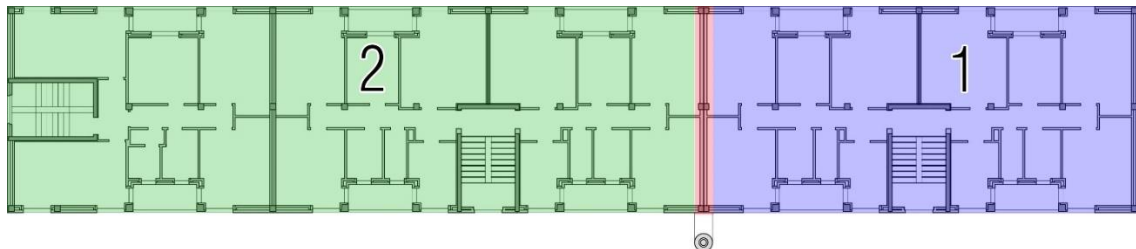
Carichi permanenti	
Elementi	peso [kN/m]
Trave 30 x 40 (luce 4,80 m)	3
Solaio in laterocemento	2,01
Copertura	2,43

- Carichi accidentali

Carichi accidentali	
	peso [kN/m ²]
Q _k	2
Q _{k,NEVE}	2,2

Analisi delle forze

La planimetria è caratterizzata da tre veni scala e quindi tre nuclei di controvento. La particolare struttura permette di considerarla come due diversi corpi; il primo a destra in blu con un nucleo di controventatura e una di sinistra di maggiori dimensioni con due nuclei di controvento. Si considera questa distinzione e quindi delle distribuzioni di forze diverse in quanto i suddetti corpi presentano una struttura non continua in corrispondenza della fascia rossa.



Si analizza il nucleo di controvento del corpo 1 in quanto il corpo due presenta due vani scala ben disposti. Essendo in numero superiore e ben disposti il corpo 1 risulta presentare le condizioni più gravose.

In via approssimativa si posiziona il centro della risposta dei carichi nel baricentro del rettangolo, individuando il centro di massa

$$X_0 = 10,80 \text{ [m]}$$

$$Y_0 = 5,15 \text{ [m]}$$

In realtà la forza convenzionale è applicata nel baricentro delle forze verticali G; per azioni agenti nelle due direzioni x e y si avranno le seguenti eccentricità:

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

$$e_x = x_G - X_0 = 0,00 \text{ [m]}$$

$$e_y = y_G - y_0 = 2,55 \text{ [m]}$$

La forza orizzontale convenzionale per ogni piano è da considerarsi agente nella direzione x o nella direzione y e vale:

$$R_i = 2 \% R$$

Si riporta di seguito tabella di calcolo riferita alle forze

- Solaio piano tipo

CARICHI ORIZZONTALI PIANO TIPO						
elementi	peso [kN/m]	peso [kN/m ²]	lunghezza [m]	superficie [m]	Numero	Forza [kN]
Trave 1	3		10,3		6	185,4
Trave 2	3		18,3		1	54,9
Trave 3	3		9,2		4	110,4
Solaio in laterocemento		5,29		212		1121,48
Pilastrini		0,441		212		93,49
Chiusure verticali		1,2		212		254,4
Partizioni verticali		0,75		212		159
Pareti controvento 1	25,5		3,1		1	79,05
Pareti controvento 2	25,5		4,15		2	211,65
Carichi accidentali		2		212		424
Carichi verticali globali						2693,77
Carichi orizzontali globali R_i						53,87

- Solaio copertura

CARICHI ORIZZONTALI						
elementi	peso [kN/m]	peso [kN/m ²]	lunghezza [m]	superficie [m]	Numero	Forza [kN]
Trave 1	3		10,3		6	185,40
Trave 2	3		18,3		1	54,90
Trave 3	3		9,2		4	110,40
Solaio in laterocemento		2		212		424,00
Copertura		2,43		212		515,16
Carico accidentale		2		212		424,00
Carico da neve		2,2		212		466,40
Carichi verticali globali						2180,26
Carichi orizzontali globali R_i						43,61

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

La tabella che segue riporta il calcolo delle componenti tagliante, flettente e torcente dello sforzo sul nucleo di controvento. Le successive colonne sono riferite a:

- Il numero d'ordine dell'impalcato, dalla copertura a quello di calpestio del primo piano;
- La forza orizzontale convenzionale R_i relativa ad ogni impalcato da intendersi agente o nella direzione x o per azioni lungo y ;
- Il taglio $V_i = R_i + V_{i+1}$, costante nel tratto sottostante all'impalcato considerato ed uguale per azioni lungo x o per azioni lungo y ;
- L'altezza h_i del piano sottostante;
- Il momento $M_i = V_i h_i + M_{i+1}$ al piede del tratto sottostante ed uguale per azioni lungo x o per azioni lungo y ;
- L'eccentricità e_{yi} della forza $R_{xi} = R_i$;
- Il momento torcente $T_{xi} = R_{xi} e_{yi} + T_{xi+1}$ per azioni lungo x , costante nel tratto sottostante;

RIEPILOGO CARICHI						
i [-]	R_i [kN]	V_i [kN]	h_i [m]	M_i [hNm]	e_{yi} [m]	T_{xi} [kNm]
copertura	65,41	65,41	3,20	229,30	2,55	166,79
3°	80,81	146,22	3,20	697,21	2,55	372,86
2°	80,81	227,03	3,20	1423,72	2,55	578,94
1°	80,81	307,85	3,20	2408,83	2,55	785,01
terra	80,81	323,25	2,60	3249,29	2,55	824,29

Dopo aver determinato le forze orizzontali che si scaricano sul nucleo, si passa alla determinazione della componente della forza verticale.

Per ogni parete è stata calcolata la forza verticale assorbita in base alle proprie aree di influenza. Agiscono sia i sovraccarichi che i pesi proprio distinti per piano tipo e per copertura.

CARICHI VERTICALI							
SETTO	L_1 [m]	l_2 [m]	A_i [m ²]	interpiano [kN/m ²]	copertura [kN/m ²]	accidentale q_k [kN/m ²]	carico totale [kN]
1	5,4	1,12	6,05	12,14	9,83	2,00	144,97
2	5,54	2,81	15,57	12,14	9,83	2,00	373,15
3	5,4	1,12	6,05	12,14	9,83	2,00	144,97

A questo va poi aggiunto il peso proprio delle pareti pari a 25 kN/m^3 .

$$N = -2428,33 \text{ kN}$$

Il nucleo funziona come una mensola verticale incastrata al piede. In via approssimativa si può trattare il problema con le formule delle travi, considerando la sezione trasversale del nucleo scale come quella di un solido allungato soggetto alle stesse componenti globali di sforzo. Si possono così operare le verifiche.

Si procede con il calcolo della compressione media, calcolata come:

$$\sigma = -N / A_c = -599 \text{ kN/m}^2.$$

Calcoliamo poi la compressione massima e la compressione minima come:

$$\Delta\sigma = \pm \frac{M}{I} y = \pm 44,19 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = -643,787 \text{ kN/m}^2 \text{ (compressione massima)}$$

$$\sigma_{\max} = -555,383 \text{ kN/m}^2 \text{ (compressione minima)}$$

Si passa poi al calcolo delle tensioni tangenziali dovute al taglio e alla torsione. In particolare per il calcolo delle tensioni tangenziali dovute alla torsione si usa la formula di Bredt considerando il caso specifico degli elementi non tubolari:

$$\tau_v = \frac{V}{A_v} = 22,49 \text{ kN/m}^2 \text{ (tensione da taglio)}$$

$$\tau = \frac{3s \max M_t}{\sum_i a_i s_i^3} = 21,89 \text{ kN/m}^2 \text{ (tensione da torsione)}$$

Dove:

- a Rappresenta lo sviluppo longitudinale;
- s Lo spessore maggiore.

Usando i cerchi di Mohr si ricercano le tensioni principali:

$$\sigma_{II} = -\frac{1}{2} \left[-\sigma_{\min} + \sqrt{\sigma_{\min}^2 + 4\tau_{\max}^2} \right] = -644,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_I = \frac{1}{2} \left[\sigma_{\min} + \sqrt{\sigma_{\min}^2 + 4\tau_{\max}^2} \right] = 0,743 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{II} = -\frac{1}{2} \left[-\sigma_{\max} + \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 4\tau_{\max}^2} \right] = -556,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_I = \frac{1}{2} \left[\sigma_{max} + \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = 0,861 \text{ kN/m}^2$$

Vengono poi eseguite le verifiche riguardanti

- massima tensione principale di compressione

$$644 < \sigma_c \quad (= 1333 \text{ kN / m}^2)$$

- massima tensione principale di trazione

$$74,3 < f_{ctk} \quad (155 \text{ kN / m}^2)$$

Questi calcoli, pur nell' ambito di notevoli approssimazioni introdotte, mostrano un livello tensionale notevolmente contenuto entro i limiti ammissibili.

Per le verifiche di resistenza alle azioni normali, si applicano in prima approssimazione le formule di sovrapposizione seguenti. Si determinano le forze di trazione e di compressione che agiscono sui setti longitudinali e trasversali a seguito dell'azione combinata di forza normale e momento flettente.

$$H = \pm \frac{M}{l} + \frac{T u}{\Omega} - N$$

Con:

- u : perimetro della sezione resistente

$$u = 2[(a - t) + (b - t)] = 16,2 \text{ m}$$

La resistenza a compressione ,non considerando il contributo delle armature si calcola come:

$$\overline{H_{r,i}} = f'_{c1} t l_i$$

Resistenza a compressione								
setto	f'_{c1}	[kN/m ²]	L	[m]	T	[m]	H _r	[kN]
1		11330,5	5,4		0,3		18355,41	
2		11330,5	3,3		0,3		12916,77	
3		11330,5	5,4		0,3		18355,41	

Spinta lungo y:

Spinta lungo y										
Setto	M	[kN m]	l _i	[m]	M/l _i	[kN]	$T \frac{u}{\Omega}$	[kN]	N	[kN]
1		3399,34	5,4		629,50		900,98		434,91	
3		3399,34	5,4		629,50		900,98		434,91	

Si può ora ricavare il valore di H' e H'' dalla formula precedente: $H = \pm \frac{M}{l} + \frac{T u}{\Omega} - N$

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

$$H_1' = H_3' = 1095 \text{ kN}$$

$$H_1'' = H_3'' = -163 \text{ kN}$$

Si ripete la stessa procedura lungo la direzione x considerando questa volta il solo setto 2. Si trovano così i seguenti valori:

$$H_2' = 1781 \text{ kN}$$

$$H_2'' = 766,41 \text{ kN}$$

Si verifica infine la relazione $H_i' \times \gamma_f < H_r$, con $\gamma_f = 1,5$

Verifica azioni normali			
Setto	$H_i' \times \gamma_f$ [kN]	H_r [kN]	verifica
1	1643,37	18355,41	verificato
2	170,29	12916,77	verificato
3	1643,37	18355,41	verificato

La verifica di resistenza alle azioni normali, mostra che il nucleo vano scale non richiede per la resistenza il contributo dei ferri longitudinali. Questi vanno comunque inseriti nella misura minima corrispondente ai criteri d'armatura dei pilastri, anche per coprire sollecitazioni locali dovute alle irregolarità di forma.

L'R.D 2229/39 prevede per i pilastri un armatura pari allo 0,5 % (oltre gli 8000 cm²) della sezione; l'armatura trasversale richiede invece un passo delle staffe pari al minimo tra $\frac{1}{2} L_{min}$ e 10ϕ .

Armatura longitudinale			
Setto	A_i [mm ²]	A_f [mm ²]	N°ferri $\phi = 12$ mm
1	1620000	8100	70
2	990000	4950	42
3	1620000	8100	70

Come per il pilastro, analizzando la norma in vigore e i manuali seguiti all'epoca, il passo dell'armatura orizzontale è di 12 cm, costituito da barre $\phi = 8$ mm come consuetudine.

7.4 – Verifica nuovi carichi

7.4.1 - Definizione nuovi carichi

In seguito alla progettazione simulata e conosciuta quindi la struttura esistente, si passa all' analisi del nuovo progetto.

Primo passo fondamentale è quello di definire i nuovi carichi che andranno a gravare sulla struttura esistente, partendo dai carichi permanenti non strutturali.

Vengono definiti carichi permanenti non strutturali, i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolante, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro. Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali.

Si riportano di seguito i nuovi valori riguardanti le chiusure verticali. I valori di uscita sono espressi in kN/m.

Il primo pacchetto analizzato riguarda la nuova chiusura applicata sui fronti nord, est e ovest con l'applicazione del pannello EASEE.

CV 0.1 PANNELLO EASEE

MATERIALE	PESO CAD [kg]	peso [kg/m ³]	n° pz	Quantità [m]	Interpiano [m]	[kg/ m]
Mattone pieno 12 x 5,5 x 25	2,7	1388	64	0,12	3,2	532,99
intonaco di calce e gesso sp. 1 cm		1150		0,01	3,2	36,8
mattone forato 8 x 20 x 25	3,1	600	20	0,08	3,2	153,6
intonaco di calce e gesso sp.1,5 cm		1150		0,015	3,2	55,2
Pannello EASEE		500		0,1	3,2	160

Tot	938,59
G ₂ [kN/m]	9,39

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

La seconda chiusura tratta del nuovo rifacimento fatto su fronte Sud.

C.V. 03 CHIUSURA Con CAPPOTTO FRONTE SUD

MATERIALE	PESO CAD [kg]	peso [kg/m ³]	n° pz	Quantità [m]	Interpiano [m]	[kg/ m]
Intonaco di calce sp. 0,8 cm		1150		0,008	3,2	29,44
Lastre in EPS 250 sp. 10 cm		35		0,1	3,2	11,2
Mattone forato in laterizio porizzato con farina di legno 25 x 25 x 30	12,8		13,3		3,2	545,59
Intonaco di calce e gesso sp 1 cm		1150		0,01	3,2	36,8

Tot	623,03
G ₂ [kN/m]	6,23

A seguire le chiusure riguardanti i vani scala

C.V. 02 CHIUSURA VANO SCALE CON PANNELLO EASEE

MATERIALE	PESO CAD [kg]	peso [kg/m ³]	n° pz	Quantità [m]	Interpiano [m]	[kg/ m]
Intonaco di calce sp. 1 cm		1150		0,01	3,2	36,8
Setto in CLS sp 20 cm		2500		0,2	3,2	1600
Pannello EASEE		500		0,1	3,2	160

Tot	1796,8
G ₂ [kN/m]	17,97

C.V. 04 CHIUSURA VANO SCALE CON Lamiera stirata

MATERIALE	PESO CAD [kg]	peso [kg/m ³]	n° pz	Quantità [m]	Interpiano [m]	[kg/ m]
Intonaco di calce sp. 1 cm		1150		0,01	3,2	36,8
Setto in CLS sp 20 cm		2500		0,2	3,2	1600

Tot	1636,8
G ₂ [kN/m]	16,37

C.V. 05 CHIUSURA VANO SCALE/APPARTAMENTO

MATERIALE	PESO CAD kg	peso kg/m ³	n° pz	quantità	interpiano	[kg/ m]
Intonaco di calce sp. 1 cm		1150		0,01	3,2	11,5
Setto in CLS sp 20 cm		2500		0,2	3,2	500
Lastre in EPS sp. 6 cm		35		0,06	3,2	2,1
Intonaco di calce sp. 0,8 cm		1150		0,008	3,2	9,2

Tot	522,8
G ₂ [kN/m]	5,23

I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purchè i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversali.

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisorii interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purchè vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni.

La prima partizione riportata riguarda i tramezzi all'interno di ogni unità abitativa. La seconda invece riguarda i tramezzi tra due unità abitative.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

PV 0.1

MATERIALE	PESO CAD [kg]	peso [kg/m ³]	n° pz	Quantità [m]	Interpiano [m]	[kg/ m]
doppia lastra in cartongesso sp. 2 cm		760		0,02	3,2	48,64
isolante in fibra di legno sp. 5 cm		50		0,05	3,2	8
doppia lastra in cartongesso sp. 2 cm		760		0,02	3,2	48,64

Tot	105,28
G ₂	1,05
g _{2k} [kN/m ²]	0,8

PV 0.2

MATERIALE	PESO CAD [kg]	peso kg/m ³	n° pz	quantità	interpiano	[kg/ m]
doppia lastra in cartongesso sp. 2 cm		760		0,02	3,2	48,64
isolante in fibra di legno sp. 5 cm		50		0,05	3,2	8
isolante in fibra di legno sp. 5 cm		50		0,05	3,2	8
doppia lastra in cartongesso sp. 2 cm		760		0,02	3,2	48,64

Tot	113,28
G ₂	1,13
g _{2k} [kN/m ²]	0,8

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Si riportano poi le chiusure orizzontali, in ordine, chiusura tra garage e unità abitativa, copertura piana praticabile, copertura piana nuova costruzione non praticabile

C,0, 4

MATERIALE	PESO [kg/m ²]	peso [kg/m ² /m]	peso [kg/m ³]	quantità [m]	[kg/ m ²]
intonaco di calce e cemento			1150	0,01	11,5
Lastre in EPS 250 sp. 10 cm		35		0,1	3,5
pignatte + travetti		7,5		18	135
massetto armato sp. 5 cm		2500		0,04	100
massetto in malta di cemento		2100		0,15	315
piastrelle in gress porcellanato	40				40

Tot	645
g _{2k} [kN/m ²]	6,45

CO 3

MATERIALE	PESO [kg/m ²]	peso [kg/m ² /m]	peso [kg/m ³]	quantità [m]	[kg/ m ²]
intonaco di calce e cemento			1150	0,01	11,5
pignatte + travetti		7,5		20	150
massetto armato sp. 5 cm		2500		0,05	125
Lastre in EPS 250 sp. 10 cm		35		0,1	3,5
massetto in malta di cemento		2100		0,15	315
Guaina impermeabilizz sp 0,5 cm	4,5				4,5
Guaina impermeabilizz sp 0,5 cm	4,5				4,5
piastrelle in gress porcellanato	40				40

Tot	694
g _{2k} [kN/m ²]	6,94

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

C.O 06

MATERIALE	PESO [kg/m ²]	peso [kg/m ² /m]	peso [kg/m ³]	quantità [m]	[kg/ m ²]
lastra in cartongesso sp. 1,25 cm			760	0,0125	9,5
Lamiera grecata sp. 7,5 cm	9,64				9,64
pannello osb sp 2,5 cm			550	0,025	13,75
lana di roccia 14 cm			90	0,14	12,6
pannello osb sp 2,5 cm			550	0,025	13,75
guaina impermeabilizzante sp 0,3cm	4,5			0,003	4,5

Tot	63,74
[kN/ m ²]	0,64

Infine si riporta i carichi riguardante la partizione orizzontale interna.

P.O. 01

MATERIALE	PESO [kg/m ²]	peso [kg/m ² /m]	peso [kg/m ³]	quantità [m]	[kg/ m ²]
intonaco di calce e cemento			1150	0,01	11,5
pignatte + travetti		7,5		18	135
massetto armato sp. 4 cm		2500		0,04	100
massetto in malta di cemento		2100		0,13	273
piastrelle in gress porcellanato	40				40

Tot	599,5
[kN/ m ²]	5,99

7.4.2 - Carichi accidentali

Azioni del vento

L'azione del vento è definita nel paragrafo 3.3.1 delle NTC :“Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando generalmente effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti.

Per poter definire l'azione esercitata dal vento bisogna innanzitutto definire la velocità di riferimento V_b misurata a 10 m dal suolo, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. La velocità di riferimento dipende dalla localizzazione geografica del sito di progetto. La norma divide l' Italia in 9 diverse zone con velocità caratteristiche.

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni o depressioni agenti normalmente alle superfici. L'azione del vento su un singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa. L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi.

La pressione del vento viene definita come:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

in cui:

q_b è la pressione cinetica di riferimento

c_e coefficienti di esposizione

c_p coefficiente di forma in funzione della geometria dell' edificio e del suo orientamento rispetto la direzione del vento.

c_d coefficienti dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

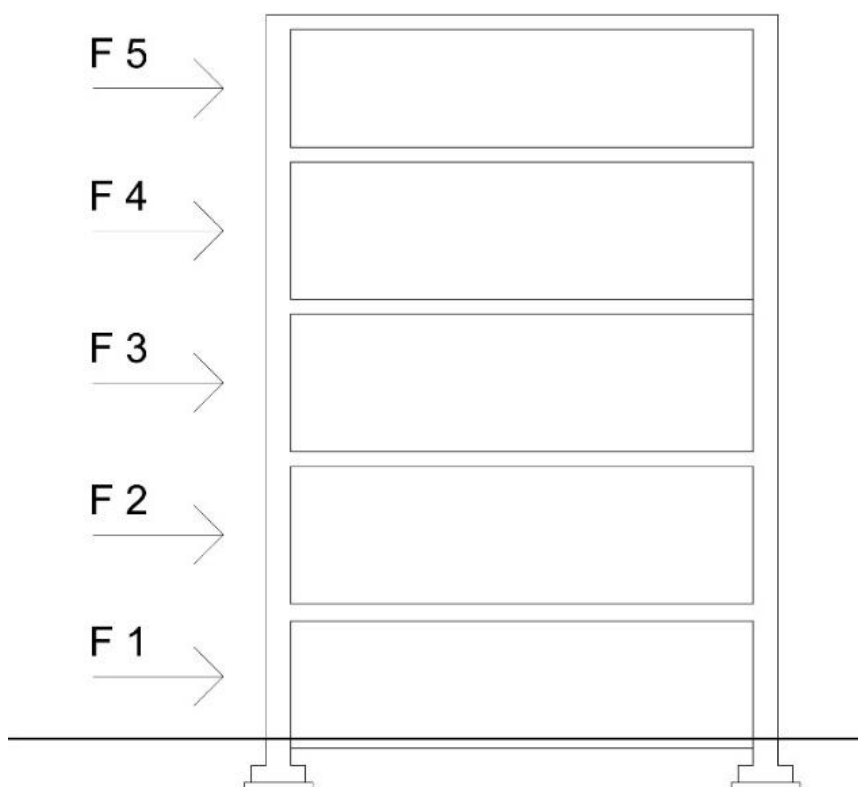
I coefficienti sopracitati vengono definiti in base alla morfologia del luogo, all'identificazione geografica, altimetria ecc.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Per il calcolo dell'effettiva pressione esercitata dal vento sull'edificio vengono effettuati i calcoli per ogni singolo piano.



In seguito al calcolo delle forze viene ricercato il punto di applicazione della forza totale, partendo da terra.

Calcolo forze		
Forza F1	154	[kN]
Forza F2	164	[kN]
Forza F3	164	[kN]
Forza F4	174	[kN]
Forza F5	147	[kN]
Forza totale in facciata Ftot	656	[kN]
Punto di applicazione da terra F1	1,52	[m]
Punto di applicazione da terra F2	4,66	[m]
Punto di applicazione da terra F3	6,28	[m]
Punto di applicazione da terra F4	8	[m]
Punto di applicazione da terra F5	10,7	[m]
Punto di applicazione da terra Ftot	7,61	[m]

Carico da neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture viene valutato mediante l' espressione:

$$q_s = u_1 q_{sk} C_E C_t$$

Il calcolo del valore caratteristico del carico neve al suolo q_{sk} dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione. In mancanza di indagini statistiche, la normativa permette il calcolo di tale valore suddividendo la penisola italiana in 3 zone.

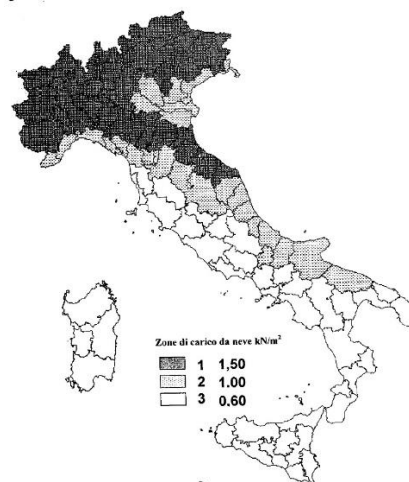


Figura 3.4.1 - Zone di carico da neve

Il coefficiente di forma per le coperture è dipendente dall'inclinazione angolare ,rispetto l'orizzonte, delle falde. Tale coefficiente andrà a ridurre il carico neve con l'aumentare dell'angolazione.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Carico da neve		
Altitudine luogo di progetto a_s	210	m s.l.m.
Valore caratteristico neve al suolo q_{sk}	1,505662	kN/m ²
Coefficiente di esposizione C_e	1	
Coefficiente termico C_t	1	
Angolo formato tra falda e orizzontale α	0	°
Coefficiente di forma per coperture u_1	0,8	
Carico neve sulla copertura q_s	1,20453	kN/m ²

Azione sismica

Obiettivo di questa analisi è trovare le azioni orizzontali agenti sulle singole solette (o orizzontamenti). Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità di base del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

In funzione della tipologia di edificio e alla vita nominale dell'edificio, viene utilizzato un tempo di ritorno V_R di 50 anni come prevede la normativa.

Si determinano ora i valori di accelerazione orizzontale massima al sito a_g , il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 e il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_C^* . I valori vengono determinati interpolando i valori di riferimento dell'allegato S delle NTC 2008 tramite l'uso del foglio di calcolo fornito dall'ente responsabile.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
9,4387

LATITUDINE
45,7963

Ricerca per comune

REGIONE
Lombardia

PROVINCIA
Lecco

COMUNE
Calolziocorte

Elaborazioni grafiche


Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo


Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione cometa

Interpolazione

superficie rigata



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno dell'Area del tracciato le azioni sismiche sono significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Dopo aver inserito i dati geografici relativi al sito, il foglio di calcolo dà in uscita i valori relativi ai parametri cercati come segue:

TR	ag	Fo	TC*
[anni]	[g]	[-]	[s]
30	0,021	2,561	0,172
50	0,027	2,534	0,194
72	0,032	2,558	0,21
101	0,036	2,579	0,222
140	0,04	2,582	0,237
201	0,046	2,565	0,25
475	0,062	2,603	0,281
975	0,078	2,614	0,293
2475	0,105	2,632	0,306

L' applicazione del metodo agli stati limite nei confronti dell'azione sismica avviene sia in termini di stati limite di esercizio sia in stati limite ultimi. Gli stati limite di esercizio si suddividono in stato limite di operatività e stato limite di danno. Il primo enuncia che a seguito di terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d' uso significativi. Il secondo, a seguito di terremoto, la costruzione nel suo complesso non deve subire danni tali da mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità sia delle azioni verticali che orizzontali.

Gli stati limite ultimi sono lo stato limite di salvaguardia della vita e lo stato limite di prevenzione del collasso. Nel primo caso a seguito di un terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantisti e significativi danni dei componenti strutturali perdendo significativamente rigidità nei confronti delle azioni orizzontali ma non verticali. Nel secondo caso invece la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali. La costruzione conserva comunque un margine di sicurezza alle azioni verticali.

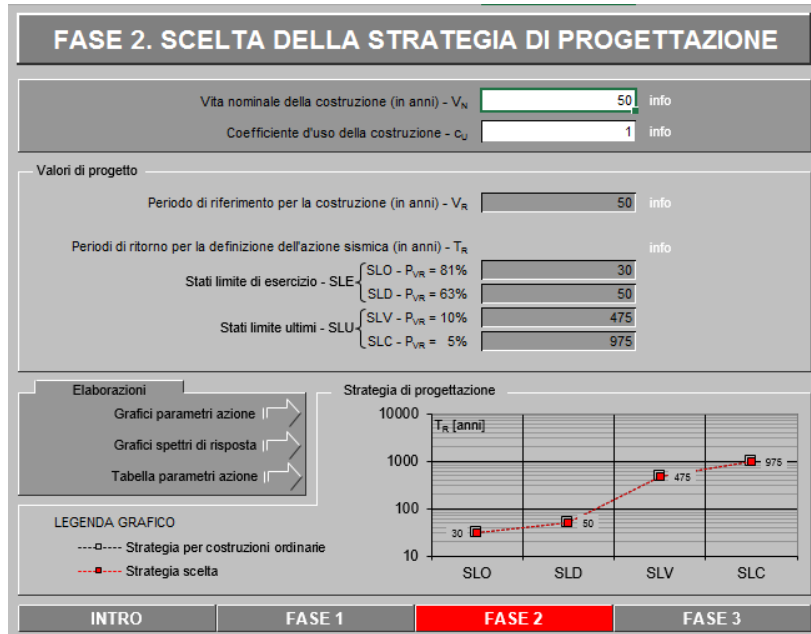
A seconda dello stato limite considerato variano le probabilità di superamento nel periodo P_{VR} definite in percentuali come da tabella seguente.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Con l'utilizzo del foglio di calcolo fornito dall'ente responsabile, come visto precedentemente, si passa ora alla determinazione dei precedenti parametri in funzione dei diversi stati limiti e relative percentuali di superamento. Il risultato del foglio di calcolo utilizzato è il seguente



STATO LIMITE	TR	ag	Fo	TC*
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0,021	2,561	0,172
SLD	50	0,028	2,535	0,194
SLV	475	0,062	2,603	0,281
SLC	975	0,078	2,614	0,293

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario definire la categoria di sottosuolo e condizioni topografiche.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione viene effettuata in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. Per le fondazioni superficiali ci si riferisce al piano di imposta.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali, x e y , ed una verticale z , da considerare tra loro indipendenti. La componente verticale nel nostro caso studio non verrà considerata, in quanto il progetto è localizzato in zona sismica IV e la normativa prevede la possibilità di trascurarla. Le due componenti orizzontali che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso mediante una forma spettrale riferita ad uno smorzamento del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_0 sul sito di riferimento. Per il calcolo della forza orizzontale alla base dell'edificio è necessario trovare lo spettro delle accelerazioni relative allo stato limite considerato. Lo spettro assume valori diversi a seconda dell'intervallo del periodo considerato. Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Nelle quali T rappresenta il periodo di vibrazione orizzontale ed S_e il periodo di accelerazione spettrale orizzontale.

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche $S = S_s \cdot S_T$ essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5% mediante la relazione
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima ed ha un valore pari a 2,2.
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro; si calcola tramite: $T_C = C_c T_C^*$, con C_c funzione della categoria di sottosuolo
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante: $T_B = T_C/3$.
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6$

Per tenere conto dell'amplificazione stratigrafica e determinare i coefficienti C_c e S_s , per siti con caratteristiche geotecniche dal tipo A, si usano le espressioni fornite nella tabella seguente in funzione di F_0 , a_g , e g (accelerazione di gravità espressa in secondi)

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica si utilizzano i valori di S_T riportati nella tabella in funzione della categoria topografica precedentemente descritta.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

F_0	2,534145	[-]
a_g	0,027455	[g]
g	1	[g]
S_S	2,295638	[-]
S_T	1	[-]
S	2,295638	[-]

Usando il metodo dell'analisi statica lineare bisogna definire il fattore di struttura q . Tale fattore è definito come:

$$q = q_0 K_R$$

- q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale.
- K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione e vale 1 per costruzioni regolari in altezza.

Tabella 7.4.I – Valori di q_0

Tipologia	q_0	
	CD" B"	CD" A"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_w / \alpha_1$	$4,5 \alpha_w / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_w / \alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Si considera una classe CD "A", classe di duttilità bassa.

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di α_w / α_1 :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano $\alpha_w / \alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata $\alpha_w / \alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate $\alpha_w / \alpha_1 = 1,3$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale $\alpha_w / \alpha_1 = 1,0$
- altre strutture a pareti non accoppiate $\alpha_w / \alpha_1 = 1,1$
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti $\alpha_w / \alpha_1 = 1,2$

La normativa definisce le strutture sismo resistenti come segue:

Le strutture sismo-resistenti in cemento armato previste dalle presenti norme possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- *strutture a telaio*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- *strutture a pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti, singole o accoppiate, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale⁴;
- *strutture miste telaio-pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni verticali è affidata prevalentemente ai telai, la resistenza alle azioni orizzontali è affidata in parte ai telai ed in parte alle pareti, singole o accoppiate; se più del 50% dell'azione orizzontale è assorbita dai telai si parla di *strutture miste equivalenti a telai*, altrimenti si parla di *strutture miste equivalenti a pareti*;
- *strutture deformabili torsionalmente*, composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione $r/l_s > 0,8$, nella quale:

q_0	3,9	[-]
K_R	1	[-]
q	3,9	[-]

Si necessita di definire T_c , periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, definito da: $T_c = C_c T_c^*$

- T_c^* periodi di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- C_c coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo definito precedentemente.

T_c^*	0,19	[s]
C_c	1,816354	[-]
T_c	0,345107	[s]

Il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante: $T_B = T_c / 3$

T_c	0,345107	[s]
T_B	0,115036	[s]

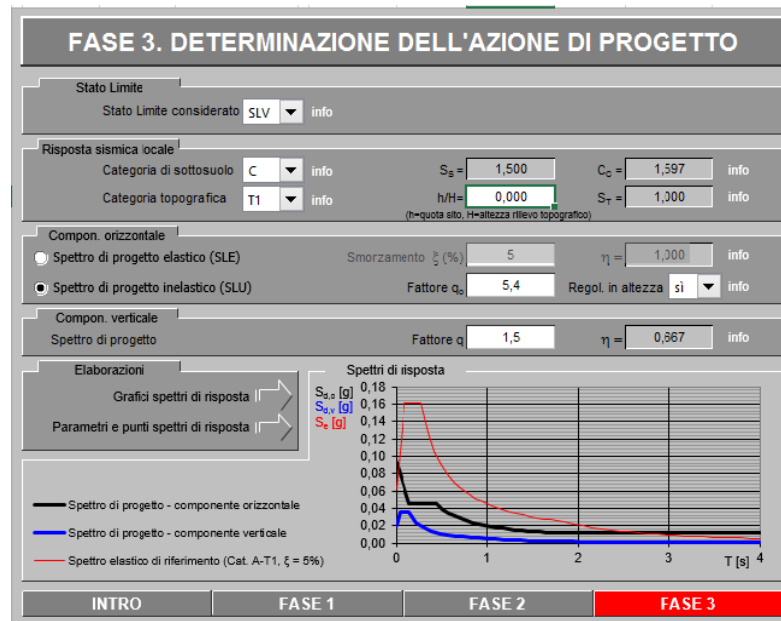
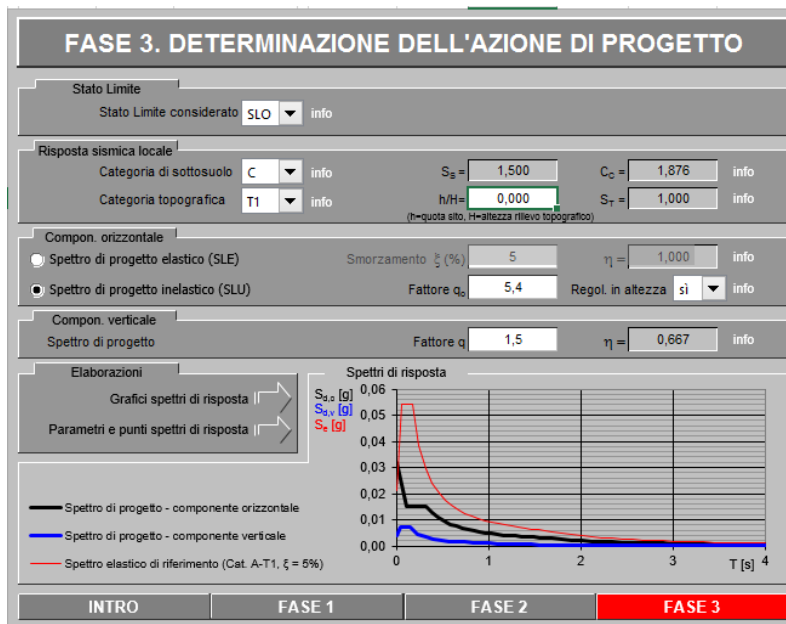
Si definisce ora T_D come il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi dalla relazione: $T_D = 4,0 \left(\frac{a_g}{g} \right) + 1,6$

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

ag	0,027455	[g]
g	1	[g]
T_D	1,70982	[s]

Per l'analisi dell'azione sismica per lo stato limite ultimo va considerato uno spettro di risposta inelastico che tiene conto del fattore di struttura q_0 ; Tale fattore smorza il valore dell'azione sismica di progetto.

Lo stato limite che viene analizzato e di cui si riportano i dati è l' SLV.



Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Per costruzioni esistenti si può effettuare la valutazione della sicurezza con riferimento al solo stato limite ultimo. Vengono applicate le formule descritte precedentemente per ricavare i coefficienti necessari a definire lo spettro di risposta allo stato limite di salvaguardia della vita.

Per la determinazione dei periodi non noti viene fatta un'interpolazione tra quelli noti.

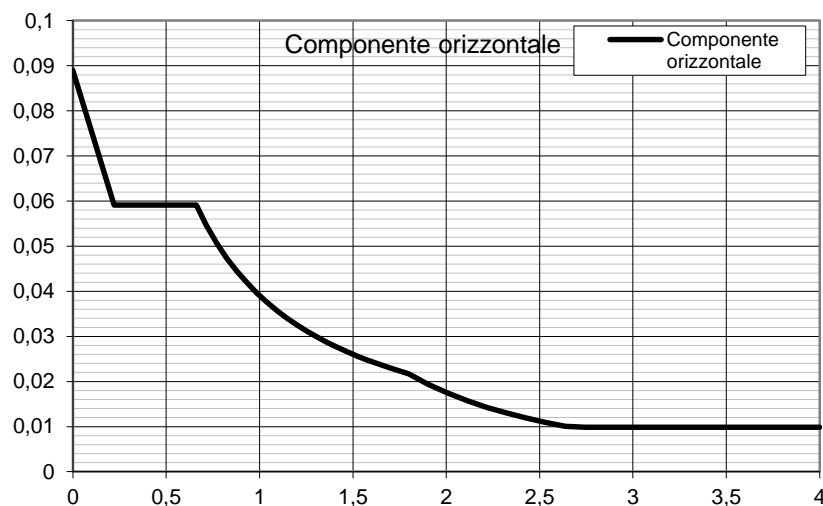
Parametri indipendenti:

STATO LIMITE	SLV	
a_g	0,062	g
F_0	2,603	
T_C^*	0,281	s
S_S	1,5	
C_C	1,597	
S_T	1	
q	5,4	

Parametri dipendenti:

S	1,5	
h	0,185	
T_B	0,149	s
T_C	0,448	s
T_D	1,848	s

Si riporta di seguito il grafico dello spettro di risposta orizzontale per stato limite di salvaguardia della vita (SLV)



Per determinare la forza orizzontale alla base dell'edificio, si usa il metodo dell'analisi lineare statica; Viene condotta a partire dalle indicazioni contenute nella NTC 2008 capitolo 7.3.3.2

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

L'edificio è infatti regolare in pianta, ha un'altezza inferiore ai 40 m e i pesi sono equamente distribuiti in altezza. E' dunque possibile calcolare il periodo di vibrazione T_1 secondo la seguente relazione:

$$T_1 = C_1 H^{\frac{3}{4}}$$

Dove:

- H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione
- C_1 vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0,075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato e 0,050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.

$$T_1 = 0,564489 \text{ s}$$

Nella tabella dei punti dello spettro di risposta della componente orizzontale del SLV non vi è un valore del periodo che si avvicina a T_1 , l'intervallo che lo comprende è troppo ampio. E' necessario quindi interpolare i valori tra gli estremi di questo intervallo:

$$f(x) = \frac{x - x_b}{x_a - x_b} y_a \frac{x - x_a}{x_a - x_b} y_b$$

Si trova così un valore di $S_d = 0,077632$

Per determinare la forza orizzontale alla base dell'edificio, si usa la seguente relazione come da normativa:

$$F_h = S_d(T_1) W \lambda / g$$

Dove:

- $S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto.
- W è il peso complessivo della costruzione
- λ è un coefficiente pari a 0,85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti.
- g è l'accelerazione di gravità

S_d SLV	0,077632	[g]
W	15712,77	[kN]
λ	0,85	[-]
g	1	[g]
F_h SLV	1036,845	[kN]

Per determinare la forza orizzontale F_i , forza orizzontale relativa ad ogni orizzontamento si applica la seguente relazione:

$$F_i = F_h z_i W_i / \sum_j z_j W_j$$

Dove:

- $F_h = S_d(T_1) W \lambda / g$
- F_i è la forza da applicare alla massa i -esima;

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

- W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j ;
- Z_i e z_j sono le quote rispetto al piano di fondazione delle masse i e j ;

z_i Quote dei singoli orizzontamenti		
quota PT	0	[m]
quota P1	2,75	[m]
quota P2	5,85	[m]
quota P3	8,95	[m]
copertura	12,05	[m]

Si calcola la quota a partire dal livello 0 del terreno, non dal livello del magrone, perché si considera che tutto ciò che è interrato si muova in maniera solidale col terreno. Per questo motivo non ha senso calcolare il peso della soletta che non grava sulla struttura e in più si muove in modo solidale al terreno.

W_i Peso sugli orizzontamenti		
peso soletta PT	0	[kN]
peso soletta P1	3632,86	[kN]
peso soletta P2	3632,86	[kN]
peso soletta P3	3632,86	[kN]
peso soletta P4	1604,83	[kN]

Infine si riportano i risultati trovati:

F_i forza orizzontale per SLV		
F_h SLV - tecnologia a secco	1036,84	[kN]
$z_j W_j$ PT	0	[m*kN]
$z_j W_j$ P1	9990,35	[m*kN]
$z_j W_j$ P2	21252,21	[m*kN]
$z_j W_j$ P3	32514,06	[m*kN]
$z_j W_j$ copertura	19338,23	[m*kN]
$\Sigma z_j W_j$ edificio	83094,86	[m*kN]
F_h PT	0	[kN]
F_h P1	124,658	[kN]
F_h P2	265,182	[kN]
F_h P3	405,705	[kN]
F_h copertura	241,3	[kN]

7.4.3 – V verifica pilastro centrato

Il pilastro centrato è sottoposto ai carichi provenienti sia dalla copertura sia dai vari piani; bisogna pertanto sommare le due diverse tipologie di carico agenti sull'area di influenza, corretta con gli opportuni coefficienti. Il pilastro è verificato solamente a compressione e non si rende necessaria una verifica a pressoflessione; questo perché si considera che il pilastro, in quanto centrato, riceva dalle travi momenti e azioni eccentriche uguali ed opposte sui due lati, pertanto l'unica forza risultante è un'azione assiale.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Come riportato dalla normativa (D.M. 14, 2008), i carichi agenti sono stati suddivisi in permanenti fissi (strutturali), permanenti portati (non strutturali ma sempre presenti) e variabili. In questo caso fra i carichi fissi si considera il peso strutturale del solaio e delle travi, fra i portati il peso non strutturale del solaio e quello delle partizioni ed infine fra i variabili solo quelli accidentali. I valori dei pesi sono presi da fogli di calcolo riportati precedentemente.

La superficie di influenza è stata poi ricorretta con un opportuno coefficiente di iperstaticità γ che varia a seconda se il pilastro è centrato, si trova su uno spigolo o su un angolo del piano tipo, tenendo come limite inferiore 0,8 e superiore 1,4:

- Pilastro su angolo: $0,75 \cdot 0,75 = 0,5625 \rightarrow 0,8$;
- pilastro su uno spigolo: $0,75 \cdot 1,25 = 0,9375 \rightarrow 1$;
- pilastro centrato: $1,25 \cdot 1,25 = 1,5625 \rightarrow 1,4$;

La superficie di influenza è data da:

$$S_c = l \times i \times \gamma.$$

Il peso globale di carichi strutturali orizzontali P_{G1} è dato da:

$$P_{G1} = G_1 + G_0 \times l + G_0 \times i.$$

Si definisce invece P_{G2} il peso globale dei carichi non strutturali

CARICHI PERMANENTI W TRAVE INTERPIANO		
luce trave che regge il solaio (l)	4,85	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,5	[m]
superficie di influenza (S)	21,6	[m ²]
coefficiente di iperstaticità γ	1,4	[-]
superficie di influenza corretta (S_c)	29,3	[m ²]
peso proprio trave/m (G_0)	3	[kN/m]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G_1)	2	[kN/m ²]
peso globale strut. Oriz. Su S (G_1)	54	[kN]
peso globale strut. Oriz. e trave Su S (P_{G1})	63	[kN]
peso non strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G_2)	1,3	[kN/m ²]
CARICHI PERMANENTI W TRAVE INTERPIANO		
peso PV tra locali/m (G_2)	1,05	[kN/m]
peso PV tra locali/m ² "spalmato" (G_2)	0,8	[kN/m ²]
peso PV tra appartamenti/m (G_2)	1,13	[kN/m]
peso PV tra appartamenti/m ² "spalmato" (G_2)	0,8	[kN/m ²]
peso globale non strut. Su S (G_2)	37	[kN]
Peso globale PV tra locali (G_2)	22	[kN]
Peso globale PV tra appartamenti (G_2)	22	[kN]
Peso partizione più pesante (G_2)	22	[kN]

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Avendo due tipi di partizioni “spalmate” su tutta la superficie dello stesso piano, non posso considerare due volte il peso delle partizioni sullo stesso piano. Considero quindi solo il tipo di partizione più pesante e lo “spalmo” su tutto il piano. Alternativamente si può calcolare la percentuale dei vari tipi di partizione e quindi moltiplicare il peso del tipo di partizione per la percentuale trovata.

Peso globale carichi permanenti su S (P_{G2})	57	[kN]
---	----	------

Si riportano di seguito i carichi provenienti dalla copertura

CARICHI PERMANENTI W TRAVE COPERTURA		
luce trave che regge il solaio (l)	4,85	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,5	[m]
superficie di influenza (S)	21,6	[m ²]
coefficiente di iperstaticità γ (1,25*1,25)	1,56	[-]
superficie di influenza corretta (S_c)	33,5	[m ²]
peso proprio trave/m (G_0)	3	[kN/m]
peso strut. Oriz. copertura/m ² (G_1)	2,3	[kN/m ²]
peso globale strut. Oriz. Su S (G_1)	77	[kN]
peso globale strut. Oriz. e trave Su S (P_{G1})	87	[kN]
peso non strut. Oriz. copertura/m ² (G_2)	1,43	[kN/m ²]
peso globale non strut. Oriz. Su S (P_{G2})	46	[kN]

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da carichi verticali uniformemente distribuiti q_k , carichi verticali puntuali Q_k e carichi orizzontali H_k . I valori nominali e/o caratteristici sono riportati nella tabella che segue. Questi valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purchè non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00

CARICHI VARIABILI q_k RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO		
luce trave che regge il solaio (l)	4,85	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,5	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	21,6	[m ²]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m ² q_k	2	[kN/m ²]
carichi verticali unif. distribuiti q_k su S	43	[kN]

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Per la determinazione del carico variabile q_s da neve, ci si basa sul foglio di calcolo visto precedentemente. I valori trovati sono i seguenti :

CARICHI VARIABILI q_s - CARICO DA NEVE		
luce trave che regge il solaio (l)	4,85	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,5	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	21,8	[m ²]
carico verticale da neve/m ² q_s	1,2	[kN/m ²]
carico verticale da neve q_s su S	26	[kN]

Si calcolano ora le combinazioni di carico, che per edifici esistenti è sufficiente la verifica allo SLU. Tale combinazione è associata al collasso di tutta la struttura o di una sua parte e la sicurezza è legata all' incolumità delle persone.

La combinazione di carico fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi è:

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \Psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

Per la caratterizzazione delle azioni elementari, si definisce il valore caratteristico Q_k di un azione variabile il valore corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa. Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili delle combinazioni, con Q_{k1} azione variabile dominante. Tali azioni vengono combinate con coefficienti Ψ_{0j} , Ψ_{1j} , Ψ_{2j} .

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono dati da:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono riportati nella tabella che segue. Ci si riferisce alla colonna STR in quanto questi coefficienti riguardano lo stato limite di resistenza della struttura

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

I carichi variabili possono essere ridotti con altri due coefficienti, uno che considera la non contemporaneità dei carichi, e l'altro (α_A) che riduce l'area di influenza. Il coefficiente di non contemporaneità va a ridurre i carichi variabili a partire dall'alto dal terz'ultimo orizzontamento, escluso, del 10% fino ad un massimo del 50%. Esempio: al quart'ultimo orizzontamento i carichi variabili saranno moltiplicati per un coefficiente di 0,9. Scendendo di piano in piano: 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,5 e così di seguito. In questo caso non si considera nessun coefficiente riduttivo.

Secondo l' EC1 i sovraccarichi di una singola categoria possono essere ridotti in relazione alle aree sostenute dagli elementi pertinenti, attraverso un coefficiente di riduzione α_A .

prospetto 6.1 **Categorie di destinazione d'uso**

Categoria	Destinazione d'uso specifica	Esempio
A	Aree per attività domestiche e residenziali	Camere in edifici residenziali e abitazioni unifamiliari; camere e corsie negli ospedali; camere negli alberghi e cucine e bagni negli ostelli.

Il valore raccomandato del coefficiente di riduzione α_A per le categorie A ed E è determinato nel seguente modo: $\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1.0$

Dove ψ_0 è preso dalla tabella 2.5 della NTC, $A_0 = 10 \text{ m}^2$, A è l'area caricata.

COMBINAZIONE DI CARICO PILASTRO CENTRATO	
peso globale strut. Oriz. (P_{G1}) interp	63 [kN]
peso globale strut. Oriz. (PG1) coper	87 [kN]
peso globale carichi permane. No stru (P_{G2}) interp	57 [kN]
peso globale carichi permane. No stru (PG2)	46 [kN]
car. var. vert. unif. distribuiti q_k (Q) interp	43 [kN]
carico neve	26 [kN]
γ_{G1}	1,3 [-]
γ_{G2}	1,5 [-]
γ_{Qi}	1,5 [-]
ψ_0 neve	0,5 [-]

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

COMBINAZIONE DI CARICO PILASTRO CENTRATO		
numero di piani	4	[-]
carico per SLU (P_U) interp	233	[kN]
carico per SLU (P_E) coper	267	[kN]
carico totale impalcati ($P_1 + P_2 + P_3$) SLU	700	[kN]
carico totale SLU	966	[kN]

Si passa ora al dimensionamento dei pilastri seguendo la normativa. Il primo passo è riportare i carichi agenti sul pilastro, piano per piano e calcolare l'azione assiale N_{ed} derivante dai carichi allo stato limite ultimo. Questa azione assiale è calcolata come sommatoria delle forze agenti al piano considerato e di quelle agenti ai piani superiori.

AZIONE ASSIALE SU OGNI PIANO		
Piano	F SLU [kN]	N_{ed} [kN]
3°	267	267
2°	233	500
1°	233	733
terra	233	966

Oltre ad aumentare i carichi agenti con i coefficienti illustrati precedentemente nelle combinazioni di carico, si riduce la resistenza caratteristica dei materiali definendo quindi la resistenza di progetto. Per il calcestruzzo la resistenza a compressione f_{cd} è :

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

dove :

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata; tale coefficiente è pari a 0,85
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo; tale coefficiente è pari 1,5
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni;

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio; tale coefficiente è pari a 1,15
- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio; per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto.

Le resistenze inoltre sono divise per il fattore di confidenza derivante dal progetto esistente.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Tensioni di progetto		
cemento scelto	alta resistenza	
resistenza caratteristica a compressione f_{ck}	20	[MPa]
fattore di confidenza	1,35	[-]
resistenza caratteristica a compressione f_{ck}	16000	[kN/m ²]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo γ_c	1,5	[-]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo α_{cc}	0,85	[-]
Resistenza di progetto a compressione f_{cd}	9067	[kN/m ²]
acciaio scelto	duro	
Tensione snervamento armatura f_{yk}	310	[MPa]
Tensione snervamento armatura f_{yk}	310000	[kN/m ²]
Coefficiente di sicurezza acciaio γ_s	1,15	[-]
Tensione snervamento di progetto f_{yd}	269565	[kN/m ²]

Si riportano le caratteristiche del pilastro esistente con i nuovi valori delle azioni assiali.

CARATTERISTICHE PROGETTUALI				
Piano	Ned [kN]	a=h' [cm]	b [cm]	Aeff [m ²]
3°	267	30	30	0,09
2°	500	30	30	0,09
1°	733	30	30	0,09
terra	966	35	35	0,1225

Si prosegue con la verifica introducendo il peso proprio del pilastro, con altezza pari a 2,9 m. Si moltiplica il valore così ottenuto per il coefficiente di sicurezza γ_{G1} per ottenere il peso corretto allo SLU. Considerando il peso volumico del c.a. P_v pari a 25 kN/m³, come indicato al paragrafo 3.1.3.1 del DM 14 2008, si può allora calcolare il peso proprio del pilastro allo SLU come:

$$P_{\text{proprio SLU}} = \gamma_{G1} \times P_{\text{proprio SLE}}$$

$$P_{\text{proprio SLE}} = a \times b \times h / P_v$$

PESO PROPRIO DEL PILASTRO							
Piano	a [cm]	b [cm]	h [cm]	P_v [kN/m ³]	$P_{\text{proprio SLE}}$ [kN]	γ_{G1} [-]	$P_{\text{proprio SLU}}$ [kN]
3°	30	30	290	25	6,525	1,3	8,5
2°	30	30	290	25	6,525	1,3	8,5
1°	30	30	290	25	6,525	1,3	8,48
terra	35	35	220	25	76,5625	1,3	99,53

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Si passa ora a ricalcolare le azioni assiali su ogni piano, aggiungendo i rispettivi pesi proprio allo SLU

AZIONE ASSIALE SU OGNI PIANO		
Piano	F SLU [kN]	N _{ed} [kN]
3°	275	275
2°	242	517
1°	242	759
terra	242	1001

L' area della sezione si ricava dividendo l'azione assiale allo SLU per la resistenza di progetto a compressione f_{cd}

. Dall'area si verificano poi le dimensioni a e b del pilastro. La condizione da rispettare è:

$$A_{eff} > A_{c0}$$

Con ;

$$A_{eff} = a \times b$$

$$A_{c0} = N_{ed} / f_{cd}$$

Resistenza di progetto a compressione f_{cd}	9067 [kN/m ²]
--	---------------------------

VERIFICA SEZIONE PILASTRO						
Piano	N _{ed} [kN]	A _{c0} [m ²]	a [cm]	b [cm]	A _{eff} [m ²]	verifica
3°	275	0,03	30	30	0,09	verificato
2°	517	0,057	30	30	0,09	verificato
1°	759	0,084	30	30	0,09	verificato
terra	1001	0,11	35	35	0,1225	verificato

In seguito alla verifica della sezione del pilastro con peso proprio, si può passare alla verifica di stato limite ultimo. Questo non prima di aver determinato il valore dell'area omogeneizzata A_{ie} . Infatti per poter trovare uno sforzo σ che consideri contemporaneamente le azioni sul calcestruzzo e sull'acciaio è necessario riponderare le rispettive aree con moduli elastici E . Per poter trascurare l'effetto della viscosità nel calcestruzzo che nel lungo termine porterebbe a una diminuzione del pilastro si introduce il coefficiente m .

Si ricorda che la struttura esistente presenta N° 6 ferri di armatura ad alta resistenza con $\varnothing = 14$ mm.

AREA OMOGENEIZZATA				
Piano	A _{cis} [mm ²]	A _s [mm ²]	m [-]	A _{ie} [mm ²]
3°	90000	923,16	15	96782,4
2°	90000	923,16	15	96782,4
1°	90000	923,16	15	96782,4
terra	122500	923,16	15	129282,4

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Nella verifica allo stato limite ultimo si deve ottenere un rapporto fra l' azione agente N_{ed} (ottenuta in riferimento ai carichi assiali allo SLU) e quella resistente N_{cd} :

$$N_{cd} = A_{cls} \times f_{cd} \times A_s \times f_{yd}$$

AZIONE RESISTENTE N_{cd}					
Piano	A_{cls} [mm ²]	A_s [mm ²]	f_{cd} [kN/mm ²]	f_{yd} [kN/mm ²]	N_{cd} [kN]
3°	90000	923,16	0,0091	0,2696	938
2°	90000	923,16	0,0091	0,2696	938
1°	90000	923,16	0,0091	0,2696	938
terra	122500	923,16	0,0091	0,2696	1233

Infine si riportano le verifiche allo stato limite Ultimo. La condizione in cui viene verificata la struttura è:

$$N_{ed} / N_{cd} < 1$$

VERIFICA SLU				
Piano	N_{ed} [kN]	N_{cd} [kN]	N_{ed} / N_{cd}	verifica
3°	275	938	0,293	verificato
2°	517	938	0,551	verificato
1°	759	938	0,808	verificato
terra	1001	1233	0,811	verificato

7.4.4 - Verifica Trave

La trave è dimensionata in base ai carichi agenti su di essa, già calcolati in precedenza e in base alla sua luce e all'area di solaio che regge. Come riportato dalla normativa (DM 14 2008), i carichi agenti sono stati suddivisi in permanenti fissi (strutturali), permanenti portati (non strutturali ma sempre presenti) e variabili. In questo caso fra i carichi fissi si considera il peso strutturale del solaio e delle travi, fra i portati il peso non strutturale del solaio e quello delle partizioni ed infine fra i variabili solo quelli accidentali. I valori dei pesi sono presi dai fogli di calcolo riportati precedentemente.

CARICHI PERMANENTI W TRAVE INTERPIANO		
luce trave che regge il solaio (l)	4,86	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,6	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	22,156	[m ²]
peso proprio trave/m (G ₀)	3	[kN/m]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G ₁)	2	[kN/m ²]
peso globale strut. Oriz. Su S (G ₁)	44,312	[kN]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P _{G1})	12,117695	[kN/m]
peso non strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G ₂)	1,3	[kN/m ²]
peso PV tra locali/m (G ₂)	1,05	[kN/m]
peso PV tra locali/m ² "spalmato" (G ₂)	0,8	[kN/m ²]
peso PV tra appartamenti/m (G ₂)	1,13	[kN/m]
peso PV tra appartamenti/m ² "spalmato" (G ₂)	0,8	[kN/m ²]
peso globale non strut. Su S (G ₂)	28,8028	[kN]
Peso globale PV tra locali (G ₂)	17,7248	[kN]
Peso globale PV tra appartamenti (G ₂)	17,7248	[kN]
Peso partizione più pesante (G ₂)	17,7248	[kN]

Avendo due tipi di partizioni "spalmate" su tutta la superficie dello stesso piano non posso considerare due volte il peso delle partizioni sullo stesso piano. Considero quindi solo il tipo di partizione più pesante e La "spalmo" su tutto il piano. Alternativamente si può calcolare la percentuale dei vari tipi di partizione e quindi moltiplicare il peso del tipo di partizione per la percentuale trovata.

Peso globale carichi permanenti su S (G ₂)	46,5276	[kN]
Peso globale carichi permane. su l trave (P _{G2})	9,5735802	[kN/m]

Allo stesso modo che si è visto per la trave interpiano, si opera con la trave in copertura.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

CARICHI PERMANENTI W TRAVE COPERTURA		
luce trave che regge il solaio (l)	4,85	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,5	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	21,625	[m ²]
peso proprio trave/m (G ₀)	3	[kN/m]
peso strut. Oriz. copertura/m ² (G ₁)	2	[kN/m ²]
peso globale strut. Oriz. Su S (G ₁)	43,25	[kN]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P _{G1})	8,9175258	[kN/m]
peso non strut. Oriz. copertura/m ² (G ₂)	1,3	[kN/m ²]
peso globale non strut. Oriz. Su S (G ₂)	28,1125	[kN]
peso globale non strut. Oriz. Su l trave (P _{G2})	5,7963918	[kN/m]

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da carichi verticali uniformemente distribuiti q_k , carichi verticali puntuali Q_k e carichi orizzontali H_k . I valori nominali e/o caratteristici sono riportati nella tabella che segue. Questi valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purchè non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 secondo categoria di appartenenza —	1,20 —	1,00 —

CARICHI VARIABILI q_k RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO		
luce trave che regge il solaio (l)	4,86	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,6	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	22,356	[m ²]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m ² q_k	2	[kN/m ²]
carichi verticali unif. distribuiti q_k su S	44,712	[kN]
carichi vert. unif. distribuiti q_k su l trave (Q)	9,2	[kN/m]

Per la determinazione del carico variabile q_s da neve, ci si basa sul foglio di calcolo visto precedentemente. I valori trovati sono i seguenti :

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

CARICHI VARIABILI qS - CARICO DA NEVE		
luce trave che regge il solaio (l)	4,85	[m]
larghezza di influenza trave (i)	4,5	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	21,6	[m ²]
carico verticale da neve/m ² qs	1,2	[kN/m ²]
carico verticale da neve qs su S	26	[kN]
carico verticale da neve qs su l trave	1,2037037	[kN/m]

La combinazione di carico fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi è:

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

Per la caratterizzazione delle azioni elementari, si definisce il valore caratteristico Q_k di un'azione variabile il valore corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa. Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili delle combinazioni, con Q_{k1} azione variabile dominante.

I valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono riportati nella tabella che segue. Ci si riferisce alla colonna STR in quanto questi coefficienti riguardano lo stato limite di resistenza della struttura

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

COMBINAZIONE DI CARICO TRAVE INTERPIANO		
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P_{G1})	12,117695	[kN/m]
Peso globale carichi permane. su l trave (P_{G2})	9,5735802	[kN/m]
car. var. vert. unif. distribuiti q_k su l trave (Q)	9,2	[kN/m]
peso proprio trave/m (G_0)	3	[kN/m]

COMBINAZIONE DI CARICO TRAVE INTERPIANO		
γ_{G1}	1,3	[-]
γ_{G2}	1,5	[-]
γ_{Qi}	1,5	[-]
carico su l trave per SLU (P_U)	43,913374	[kN/m]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P_{G1}) SLU	15,753004	[kN/m]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P_{G1}) SLE	12,117695	[kN/m]

Per quanto riguarda la trave di copertura viene eseguita la stessa combinazione vista precedentemente, con l' introduzione dei coefficienti di contemporaneità. Quando verranno inserite le Q_{ki} nelle diverse combinazioni, vengono inserite prima quelle più grandi e poi le altre in ordine decrescente. La prima Q non viene moltiplicato per nessun coefficiente di non contemporaneità ψ . Gli altri invece vengono moltiplicati per il coefficiente ψ_0 relativo alla loro categoria (vedi tabella 2.5.I).

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

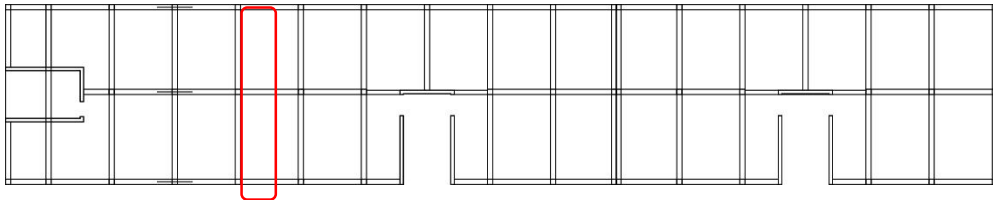
Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

COMBINAZIONE DI CARICO - TRAVE COPERTURA		
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P_{G1})	8,9175258	[kN/m]
Peso globale carichi permane. su l trave (P_{G2})	5,7963918	[kN/m]
car. var. vert. unif. Distrib. q_k su l trave (Q_{k1})	9,2	[kN/m]
carico verticale da neve q_s su l trave (Q_{k2})	1,2037037	[kN/m]
peso proprio trave/m (G_0)	3	[kN/m]
γ_{G1}	1,3	[-]
γ_{G2}	1,5	[-]
γ_{Qi}	1,5	[-]
ψ_0 neve	0,5	[-]
carico su l trave per SLU (P_U)	34,990149	[kN/m]
carico su l trave per SLE (P_E)	24,515769	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE ($P_{E,var}$)	9,8018519	[kN/m]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P_{G1}) SLU	7,5353093	[kN/m]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P_{G1}) SLE	5,7963918	[kN/m]

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Per l'analisi delle travi si considera una trave centrata al Piano primo. In questa fase si verifica il comportamento a flessione sotto l'azione dei carichi allo SLU.

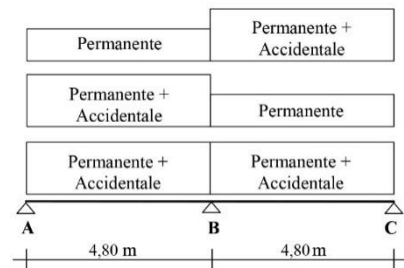
Si riporta la pianta strutturale dell'edificio andando a mettere in evidenza la trave analizzata.



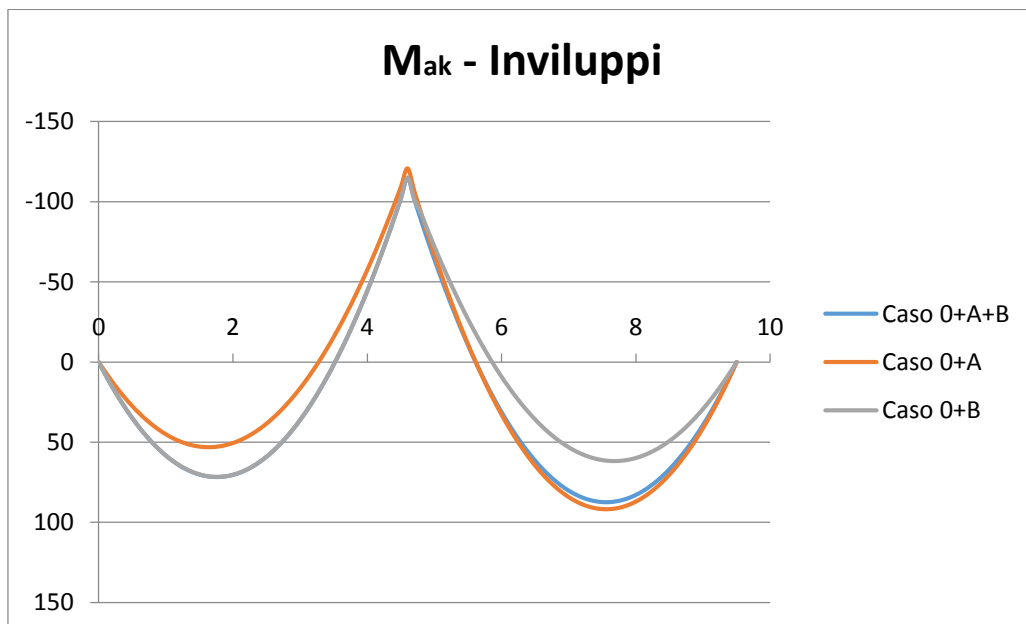
Per quanto riguarda gli involuipi viene utilizzata una combinazione di carico come segue. I carichi considerati sono:

- Il carico permanente
- Il peso proprio degli elementi strutturali
- Il carico accidentale.

Si riporta a lato lo schema della combinazione di carico.



La sezione della trave derivante dai calcoli del progetto simulato presenta una dimensione di 30 cm x 40 cm con un armatura longitudinale pari a 6 barre $\varnothing = 12$ mm e staffe con passo minimo 25 cm con un diametro $\varnothing = 6$ mm.



Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

La sezione della trave è piena e rimane costante. I momenti agenti, che tendono solo le fibre superiori (come evidenziato dal valore negativo), sono ricavati dai diagrammi di involuppo riportati ai capitoli precedenti. Dai calcoli eseguiti sull'involuppo della trave ne risulta che la sezione più sollecitata è quella centrale in corrispondenza dell'appoggio centrale.

momento agente SLU M_{ad}	-120,677	[kNm]
-----------------------------	----------	-------

L'altezza utile d è la distanza tra le fibre del cls più compresse e il centro di gravità dell'acciaio teso. Per determinare la dimensione del copriferro, è stato ricavato dal progetto simulato essere pari a 2 cm. L'altezza utile d la si considera pari al 90% dell'altezza della trave arrotondata per difetto al centimetro. Se l'altezza della trave è quindi di 40 cm, si considera $d = 36$ cm, quindi si rispetta il punto relativo al copriferro con un \emptyset inferiore a 20 mm.



ALTEZZA UTILE d		
altezza trave h	40	[cm]
altezza utile d	36	[cm]

Il calcolo della coppia interna si calcola tramite la seguente equazione: $Z_{pre} = 0,9 \times d$

BRACCIO COPPIA INTERNA		
altezza utile d	36	[cm]
braccio coppia interna predimensionamento Z_{pre}	32,4	[cm]

Per il calcestruzzo la resistenza a compressione f_{cd} è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata; tale coefficiente è pari a 0,85
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo; tale coefficiente è pari a 1,5
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni;

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio; tale coefficiente è pari a 1,15

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto.

Le resistenze inoltre sono divise per il fattore di confidenza derivante dal progetto esistente.

CARATTERISTICHE MATERIALE		
cemento scelto	alta resistenza	
resistenza caratteristica a compressione f_{ck}	20	[MPa]
fattore di confidenza	1,35	[-]
resistenza caratteristica a compressione f_{ck}	16000	[kN/m ²]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo γ_c	1,5	[-]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo α_{cc}	0,85	[-]
Resistenza di progetto a compressione f_{cd}	9067	[kN/m ²]
acciaio scelto	duro	
Tensione snervamento armatura f_{yk}	310	[MPa]
Tensione snervamento armatura f_{yk}	310000	[kN/m ²]
Coefficiente di sicurezza acciaio γ_s	1,15	[-]
Tensione snervamento di progetto f_{yd}	269565	[kN/m ²]

Si ricorda che l'armatura esistente è costituita da 7 ferri di diametro $\varnothing = 14$. Si calcola il rapporto meccanico dell'armatura con la formula riportata sotto. In seguito si ricava la posizione dell'asse neutro del travetto, che indica il passaggio da fibre tese a compresse, mediante la formula $x = (d \times \omega_s) / 0,8$, che rappresenta un'equazione di equilibrio alla traslazione considerando le risultanti di trazione e compressione. Il rapporto meccanico d'armatura si trova mediante la seguente equazione:

$$\omega_s = A_s \times f_{yd} / (b \times d \times f_{cd})$$

La posizione dell'asse neutro invece con:

$$x = A_s \times f_{yd} / (0,8 \times b \times f_{cd}) = (d \times \omega_s) / 0,8$$

POSIZIONE ASSE NEUTRO x		
area totale acciaio teso scelto A_s	1097,02	[mm ²]
Tensione snervamento di progetto f_{yd}	0,27	[kN/mm ²]
Tensione snervamento di progetto f_{yd}	270	[MPa]
larghezza alla base della sezione b	300	[mm]
altezza utile d	360	[mm]
Resistenza di progetto a compressione f_{cd}	9	[MPa]
rapporto meccanico ω_s	0,24	[-]
posizione asse neutro x	97	[mm]

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Dividendo la posizione dell'asse neutro per l'altezza utile si ottiene il parametro ξ che permette di definire il campo in cui agiscono le armature:

- se $\xi < 0,26$ → Campo deboli armature
- se $0,26 < \xi < 0,66$ → Campo medie armature
- se $\xi > 0,66$ → Campo forti armature.

Nel progetto strutturale si cerca sempre di restare nel campo delle deboli armature per fare in modo che queste raggiungano la rottura mentre sul lato compresso il cls non raggiunge ancora lo stato limite ultimo.

Se le armature sono nel campo delle deboli armature, allora si può trovare il braccio interno z come:

$$z = 0,95 \times d$$

Se non ci si trova nel campo delle deboli armature, la formula da usare è:

$$z = (1 - \xi / 3) \times d$$

BRACCIO DELLA COPPIA INTERNA		
posizione asse neutro x	97	[mm]
altezza utile d	360	[mm]
$\xi = x/d$	0,27	[-]
analisi	medie armature	
braccio della coppia interna z	340	[mm]

Il momento resistente fornito dall'armatura è pari a $M_{rd} = A_s \times f_{sd} \times z$, equazione che rappresenta un equilibrio alla rotazione della sezione rispetto al punto in cui è applicata la risultante delle compressioni; nella verifica allo SLU si deve ottenere un rapporto fra momento agente e momento resistente minore di 1:

$$M_{ad} / M_{rd} < 1$$

VERIFICA SLU		
area totale acciaio scelto teso A_s	1097,02	[mm ²]
Tensione snervamento di progetto f_{yd}	0,27	[kN/mm ²]
Tensione snervamento di progetto f_{yd}	270	[MPa]
braccio della coppia interna z	340	[mm]
momento resistente M_{rd}	121	[kNm]
momento agente SLU M_{ad}	120,677	[kNm]
$M_{ad}/M_{rd} < 1$	0,99	[-]
verifica	verificato	

La trave esistente con l'uso dei nuovi carichi risulta essere al limite del rispetto del valore del rapporto, ma comunque verificata.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Infine viene verificato il nucleo di controvento, parte fondamentale in quanto elemento che risponde alle sollecitazioni sismiche

7.4.5 - Verifica nucleo di controvento

In questa sede si intende dimensionare i nuclei di controvento presenti nell' edificio studiato. Le operazioni necessarie sono la determinazione di :

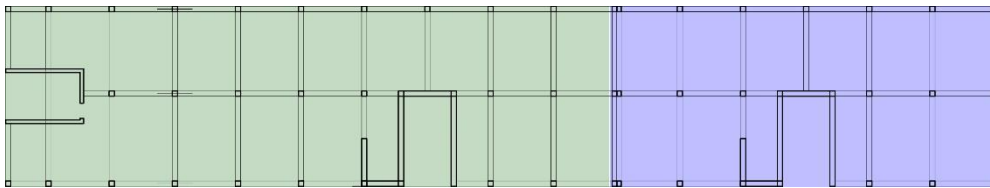
- Azioni orizzontali massime sulle pareti allo stato limite ultimo.
- Rigidezza dei singoli setti;
- Ripartizione del carico orizzontale sui diversi nuclei controventanti;
- Carico verticale sui diversi nuclei controventanti;
- Azioni interne N, V, M;
- Verifica dei setti controventanti

L' approccio che si adotta considera i setti separatamente. Vengono quindi fatte due ipotesi:

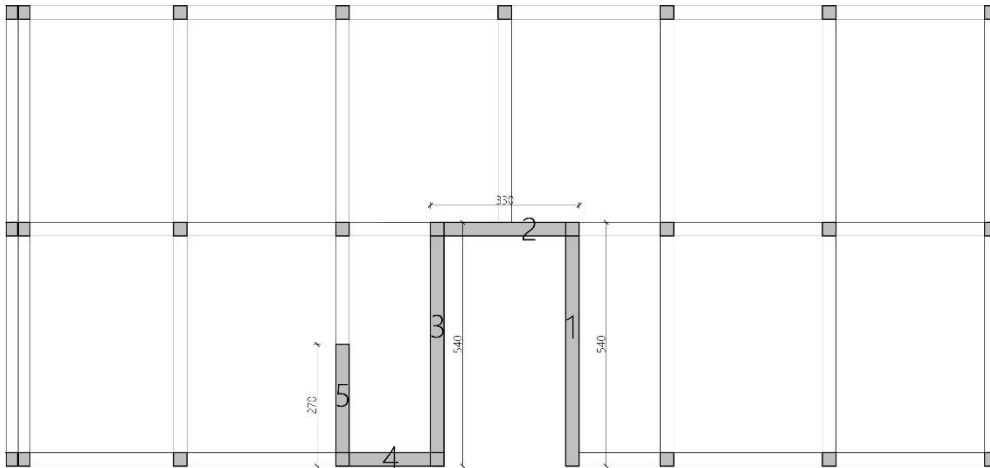
- I setti hanno rigidezza fuori piano nulla, quindi reagiscono orizzontalmente solo ai carichi paralleli ai proprio assi.
- I setti hanno rigidezza torsionale nulla.

I nuclei controventanti dell' edificio analizzato sono di sezione costante su tutti i piani.

Come fatto precedentemente per il progetto simulato nel dimensionamento dei nuclei di controventi, si considera l' edificio come due diversi edifici in quanto è presente una doppia struttura. Questo porta ad avere comportamenti diversi. La porzione di destra presenta un solo nucleo di controvento diversamente dalla parte sinistra che ne presenta due. Si decide quindi di analizzare la sola porzione di destra in quanto situazione più gravosa



Si numerano ora i diversi setti. Gli angoli sono considerati parte di entrambi i setti perché lavorano sollecitati da entrambe le direzioni principali perpendicolari ai lati dell'edificio.



La combinazione di carico fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi è:

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \Psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

Per la caratterizzazione delle azioni elementari, si definisce il valore caratteristico Q_k di un'azione variabile il valore corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa. Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili delle combinazioni, con Q_{k1} azione variabile dominante.

Come riportato dalla normativa (DM 14 2008), i carichi agenti sono stati suddivisi in permanenti fissi (strutturali), permanenti portati (non strutturali ma sempre presenti) e variabili. In questo caso fra i carichi fissi si considera il peso strutturale del solaio e delle travi, fra i portati il peso non strutturale del solaio e quello delle partizioni ed infine fra i variabili solo quelli accidentali. I valori dei pesi sono presi dai fogli di calcolo riportati precedentemente. La superficie di influenza è stata poi ricorretta con un opportuno coefficiente di iperstaticità γ che varia a seconda se il pilastro è centrato, si trova su uno spigolo o su un angolo del piano tipo, tenendo come limite inferiore 0,8 e superiore 1,4:

- Pilastro su angolo: $0,75 \cdot 0,75 = 0,5625 \rightarrow 0,8$;
- pilastro su uno spigolo: $0,75 \cdot 1,25 = 0,9375 \rightarrow 1$;
- pilastro centrato: $1,25 \cdot 1,25 = 1,5625 \rightarrow 1,4$;

La superficie di influenza è data da:

$$S_c = l_x \cdot l_y \cdot \gamma.$$

Il peso globale di carichi strutturali orizzontali P_{G1} è dato da:

$$P_{G1} = G_1 + G_0 \cdot l + G_0 \cdot i.$$

Si definisce invece P_{G2} il peso globale dei carichi non strutturali.

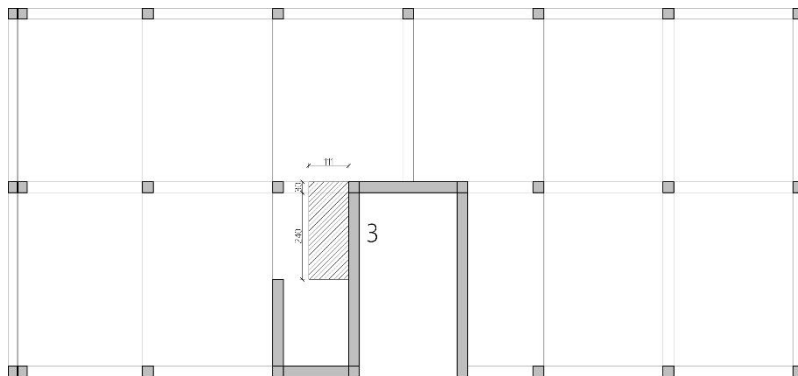
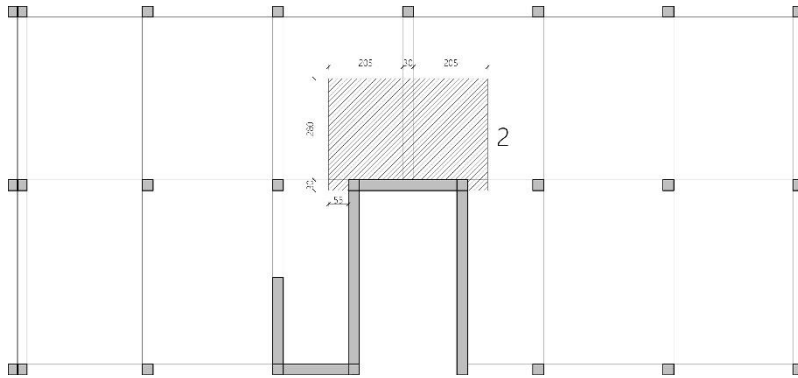
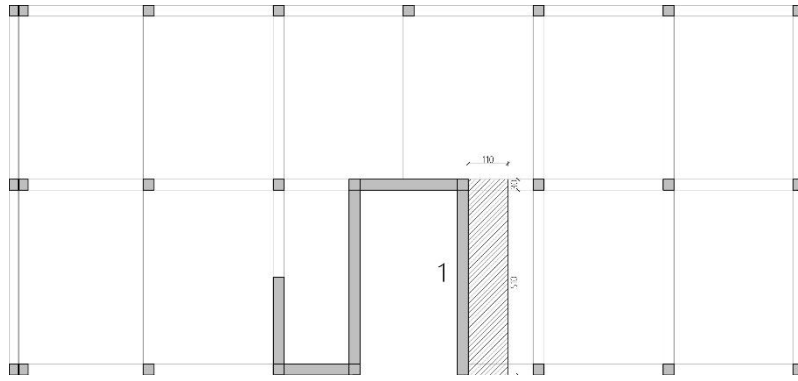
Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

CARICHI PERMANENTI PIANO TIPO						
Setto	1	2	3	4	5	
lunghezza superficie incidente l_1	1,1	1,9	2,7		3,8	[m]
lunghezza superficie incidente l_2	5,1	3,1	1,11		2,05	[m]
lunghezza superficie incidente l_3		1,9			1,4	[m]
lunghezza superficie incidente l_4		3,1			1,1	[m]
superficie di influenza (S)	5,61	11,78	3,00	0,00	9,33	[m]
coefficiente di iperstaticità γ (1,25*1,25)	1,40	1,40	1,40	1,40	2,40	[-]
superficie di influenza corretta (S_c)	7,85	16,49	4,20	0,00	22,39	[m ²]
lunghezza trave incidente incidente l_9	1,1	3,1	1,11	2,05	1,4	[m]
lunghezza trave incidente incidente l_{10}		0,55			2,05	[m]
lunghezza trave incidente incidente l_{11}		0,55				[m]
lunghezza trave incidente incidente l_{12}						[m]
peso proprio trave/m (G_0)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	[kN/m]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G_1)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	[kN/m ²]
peso globale strut. Oriz. Su S (G_1)	15,71	32,98	8,39	0,00	44,78	[kN]
peso globale strut. Oriz. e trave Su S (P_{G1})	19,01	45,58	11,72	6,15	55,13	[kN]
peso non strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G_2)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	[kN/m ²]
peso non strut. CV/m (G_2)	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	[kN/m]
peso PV tra locali/m (G_2)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	[kN/m]
peso PV tra locali/m ² "spalmato" (G_2)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	[kN/m ²]
peso PV tra appartamenti/m (G_2)	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	[kN/m]
peso PV tra appartamenti/m ² "spalmato" (G_2)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	[kN/m ²]
peso globale non strut. Su S (G_2)	10	21	5	0	29	[kN]
peso non strut. CV (G_2)	48	47	10	0	1	[kN/m]
Peso globale PV tra locali (G_2)	6	13	3	0	18	[kN]
Peso globale PV tra appartamenti (G_2)	6	13	3	0	18	[kN]
Peso partizione più pesante (G_2)	6	13	3	0	18	[kN]

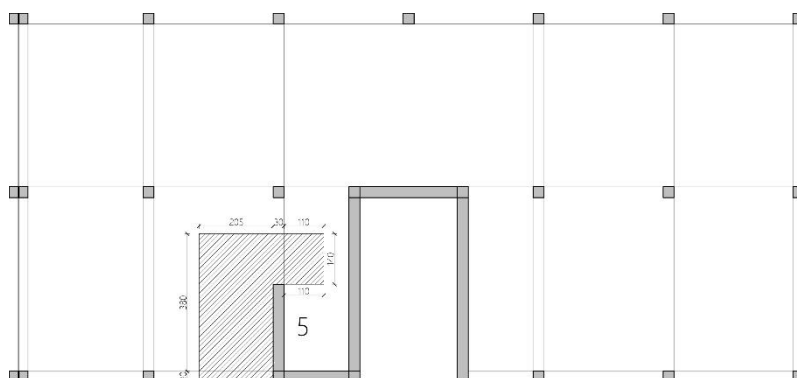
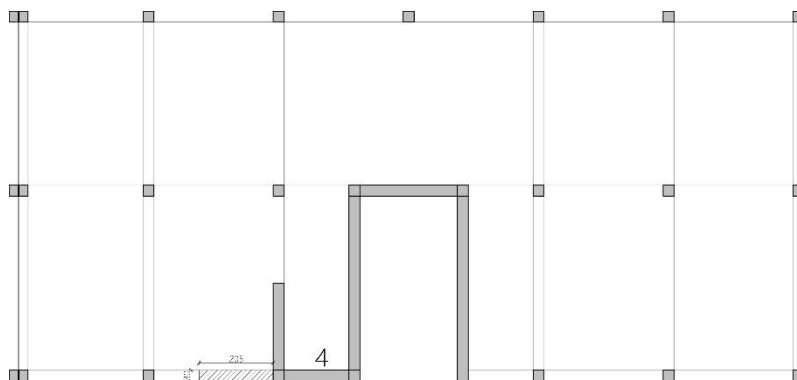
Avendo due tipi di partizioni "spalmate" su tutta la superficie dello stesso piano non posso considerare due volte il peso delle partizioni sullo stesso piano. Considero quindi solo il tipo di partizione più pesante e lo "spalmo" su tutto il piano. Alternativamente si può calcolare la percentuale dei vari tipi di partizione e quindi moltiplicare il peso del tipo di partizione per la percentuale trovata.

Si riportano di seguito le varie arie di influenza considerate.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale



Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale



Si riportano i carichi relativi alla copertura con lo stesso metodo e lo stesse aree di influenza viste sopra.

CARICHI PERMANENTI COPERTURA						
Setto	1	2	3	4	5	
lunghezza superficie incidente l_1	1,1	1,9	2,7		3,8	[m]
lunghezza superficie incidente l_2	5,1	3,1	1,11		2,05	[m]
lunghezza superficie incidente l_3	0	1,9	0		1,4	[m]
lunghezza superficie incidente l_4		3,1			1,1	[m]
superficie di influenza (S)	5,61	11,78	3,00	0,00	9,33	[m]
coefficiente di iperstaticità γ (1,25*1,25)	1,40	1,40	1,40	1,40	2,40	[-]
superficie di influenza corretta (S_c)	7,85	16,49	4,20	0,00	22,39	[m ²]
lunghezza trave incidente incidente l_9	1,1	3,1	1,11	2,05	1,4	[m]
lunghezza trave incidente incidente l_{10}		0,55			2,05	[m]
lunghezza trave incidente incidente l_{11}		0,55				[m]
peso proprio trave/m (G_0)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	[kN/m]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m ² (G_1)	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	[kN/m ²]
peso globale strut. Oriz. Su S (G_1)	18	38	10	0	52	[kN]

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

CARICHI PERMANENTI COPERTURA						
Setto	1	2	3	4	5	
peso globale strut. Oriz. e trave Su S (P_{G1})	21	51	13	6	62	[kN]
peso non strut. Oriz. copertura/m ² (G_2)	1,55	1,55	1,55	1,55	2,55	[kN/m ²]
peso globale non strut. Oriz. Su S (P_{G2})	12	26	6	0	57	[kN]

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da carichi verticali uniformemente distribuiti q_k , carichi verticali puntuali Q_k e carichi orizzontali H_k . I valori nominali e/o caratteristici sono riportati nella tabella che segue. Questi valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
II	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —

CARICHI VARIABILI q_k RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO						
Setto	1	2	3	4	5	
superficie di influenza corretta (S_c)	7,85	16,49	4,20	0,00	22,39	[m ²]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m ² q_k	2	2	2	2	2	[kN/m ²]
carichi verticali unif. distribuiti q_k su S	16	33	8	0	45	[kN]

Per la determinazione del carico variabile q_s da neve, ci si basa sul foglio di calcolo visto precedentemente. I valori trovati sono i seguenti :

CARICHI VARIABILI q_s - CARICO DA NEVE						
Setto	1	2	3	4	5	
superficie di influenza corretta (S_c)	7,85	16,49	4,20	0,00	22,39	[m ²]
carico verticale da neve/m ² q_s	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	[kN/m ²]
carico verticale da neve q_s su S	9	20	5	0	27	[kN]

Riprendendo la combinazione di carico fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi è:

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \Psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

Per la caratterizzazione delle azioni elementari, si definisce il valore caratteristico Q_k di un'azione variabile il valore corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa. Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili delle combinazioni, con Q_{k1} azione variabile dominante. Tali azioni vengono combinate con coefficienti Ψ_{0j} , Ψ_{1j} , Ψ_{2j} .

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono dati da:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono riportati nella tabella che segue. Ci si riferisce alla colonna STR in quanto questi coefficienti riguardano lo stato limite di resistenza della struttura

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

I carichi variabili possono essere ridotti con altri due coefficienti, uno che considera la non contemporaneità dei carichi, e l'altro (α_A) che riduce l'area di influenza. Il coefficiente di non contemporaneità va a ridurre i carichi variabili a partire dall'alto dal terz'ultimo orizzontamento, escluso, del 10% fino ad un massimo del 50%. Esempio:

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

al quart'ultimo orizzontamento i carichi variabili saranno moltiplicati per un coefficiente di 0,9. Scendendo di piano in piano: 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,5 e così di seguito. In questo caso non si considera nessun coefficiente riduttivo.

Secondo l' EC1 i sovraccarichi di una singola categoria possono essere ridotti in relazione alle aree sostenute dagli elementi pertinenti, attraverso un coefficiente di riduzione α_A .

prospetto 6.1 **Categorie di destinazione d'uso**

Categoria	Destinazione d'uso specifica	Esempio
A	Aree per attività domestiche e residenziali	Camere in edifici residenziali e abitazioni unifamiliari; camere e corsie negli ospedali; camere negli alberghi e cucine e bagni negli ostelli.

Il valore raccomandato del coefficiente di riduzione α_A per le categorie A ed E è determinato nel seguente

$$\text{modo: } \alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1.0$$

Dove ψ_0 è preso dalla tabella 2.5 della NTC, $A_0 = 10 \text{ m}^2$, A è l'area caricata.

COMBINAZIONE DI CARICO SETTI - AZIONI VERTICALI						
Setto	1	2	3	4	5	
peso globale strut. Oriz. (P_{G1}) interp	19	46	12	6	55	[kN]
peso globale strut. Oriz. (P_{G1}) coper	21	51	13	6	62	[kN]
peso globale carichi permane. No stru (P_{G2}) interp	64	82	19	0	48	[kN]
peso globale carichi permane. No stru (P_{G2})	12	26	6	0	57	[kN]
car. var. vert. unif. distribuiti q_k (Q) interp	16	33	8	0	45	[kN]
carico neve	9	20	5	0	27	[kN]
γ_{G1}	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	[-]
γ_{G2}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	[-]
γ_{Qi}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	[-]
Ψ_0 utilizzo edificio	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	[-]
Ψ_0 neve	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	[-]
numero di piani	4	4	4	4	4	[-]
carico per SLU (P_U) interp	138	216	53	8	191	[kN]
carico per SLU (P_E) coper	70	153	39	8	233	[kN]
carico per SLE (P_E) coper	49	109	28	6	164	[kN]
carico totale impalcato ($P1 + P2 + P3$) SLU	413	649	159	24	572	[kN]
carico totale SLU	483	802	198	32	805	[kN]

Si analizzano ora le azioni agenti sugli orizzontamenti che verranno poi trasmesse sui setti controventati. Le azioni sono in particolare quella del vento e del sisma calcolate precedentemente. Verrà considerata l'azione maggiore.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

L'analisi viene fatta allo stato limite ultimo. Si riportano gli sforzi relativamente alla facciata maggiore e a quella minore.

FORZA SUGLI ORIZZONTAMENTI - FACCIATA MAGGIORE - SLU				
Orizzontamento	Forza vento [kN]	Forza sisma [kN]	Forza max [kN]	
copertura	110	241	241	sisma
3°	241	406	406	sisma
2°	254	265	265	sisma
1°	246	125	246	vento
terra	238	0	238	vento

FORZA SUGLI ORIZZONTAMENTI - FACCIATA MINORE - SLU				
Orizzontamento	Forza vento [kN]	Forza sisma [kN]	Forza max [kN]	
copertura	24	241	241	sisma
3°	53	406	406	sisma
2°	56	265	265	sisma
1°	54	125	125	sisma
terra	53	0	53	vento

Quando si considerano le forze orizzontali agenti sulla facciata maggiore dell'edificio, i setti controventanti reagenti sono solo quelli denominati da un numero dispari. Questi setti lavorano come molle in parallelo e reagiscono al carico orizzontale proporzionalmente alla loro rigidezza, quindi quelli più rigidi prendono una quota parte maggiore di carico. E' però necessario fare prima delle ipotesi per poter operare:

- I setti hanno rigidezza fuori piano nulla, quindi reagiscono orizzontalmente solo ai carichi paralleli ai propri assi.
- I setti hanno rigidezza torsionale nulla.
- I solai sono indeformabili.
- I controventi sono perfettamente incernierati alla base.
- I controventi hanno inerzia costante lungo lo sviluppo longitudinale o variabile con la stessa legge per tutti i controventi.

Il nucleo di controvento verrà considerato come un unico corpo.

Al fine di conoscere le forze orizzontali assorbite dal nucleo bisogna conoscere le rigidezze del totale dei pilastri e del nucleo di controvento; le rigidezze si calcolano tramite la seguente relazione:

$$k_M = c \frac{E_{CD} I_i}{H_j^3}$$

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Dove:

- c è un coefficiente che varia tra 3 e 12 e dipende dallo schema statico. In particolare è pari a 12 se il sistema è paragonabile ad uno incastro-incastro; è pari a 3 se è incastro-appoggio. Più in generale se nei due nodi dello schema è negata la rotazione (ad esempio con un pattino), allora si tiene 12; se in un nodo è permessa rotazione, allora si tiene 3; se in entrambi i nodi è permessa rotazione, ovviamente non c'è alcuna rigidità flessionale. In questo caso si prende $c=12$ per le situazioni interpiano e $c=3$ per la copertura.
- E_{cd} è il modulo elastico di calcolo del cemento armato dato da:

$$E_{cd} = E_{cm} / \gamma_{ce} \quad \text{dove } \gamma_{ce} = 1.2$$

Essendo quindi direttamente proporzionale e unica variabile I_i momento di inerzia, ci si limita a verificare tale valore al fine di verificare se i pilastri danno un contributo di rigidità flessionale o se trascurabili.

Per quanto riguarda il momento di inerzia del nucleo di controvento, si cerca innanzitutto il baricentro del nucleo, posizionando gli assi di riferimento nello spigolo basso a sinistra e risulta essere:

$$X_{Gr} = 295,5 \text{ cm}$$

$$Y_G = 262,5 \text{ cm.}$$

Si passa poi alla ricerca del momento di inerzia di ogni singolo setto tramite la relazione:

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

Momento d' inerzia					
setto	1	2	3	4	5 [m]
spessore setto b	30	330	30	240	30 [m]
Lunghezza setto h	540	30	540	30	270 [m]
Area A_i	1,62	0,99	1,62	0,72	0,81 [m]
Momento di inerzia I	3,936	0,007	3,936	0,005	0,492 [m]

Una volta trovati i momenti d' inerzia di ogni singolo setto, si usa la relazione del momento di trasporto per riferire ogni singolo momento al baricentro del nucleo:

$$I_{Gi} = I_i + A_i d^2$$

Infine si sommano tutti i momenti di inerzia trasportati nel baricentro e il momento risultante del nucleo di controvento considerato come unico corpo risulta essere:

$$I = 39,36 \text{ m}^4 \text{ (nucleo di controvento)}$$

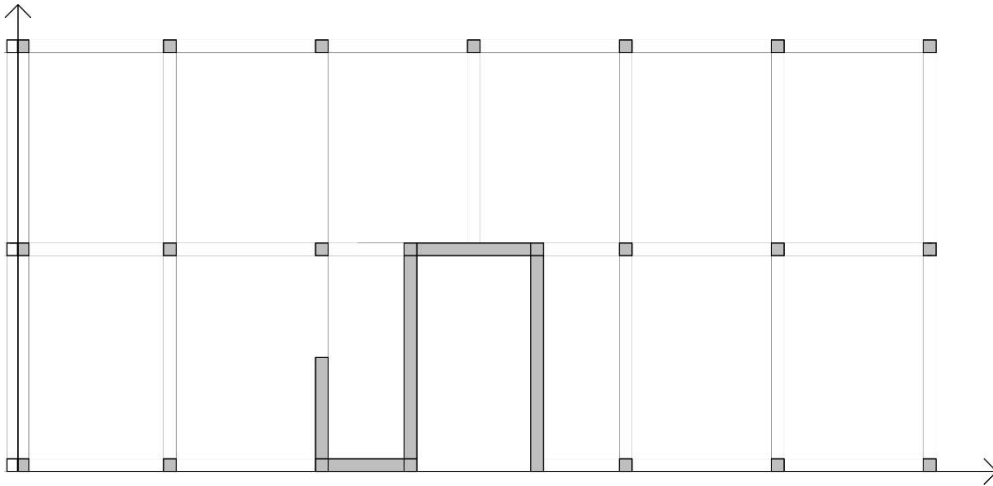
Il momento di inerzia di ogni singolo pilastro risulta invece essere:

$$I = 0.000675 \text{ m}^4$$

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Il numero di pilastri per piano è pari a 19; risulta quindi trascurabile il contributo flessionale dei pilastri. I carichi orizzontali verranno quindi assorbiti interamente dal nucleo vano scale.

Viene posizionato un asse cartesiano avente origine in uno spigolo dell' edificio in pianta:



Si ricerca così il baricentro delle masse:

$$X_{G_{masse}} = 10,87 \text{ m}$$

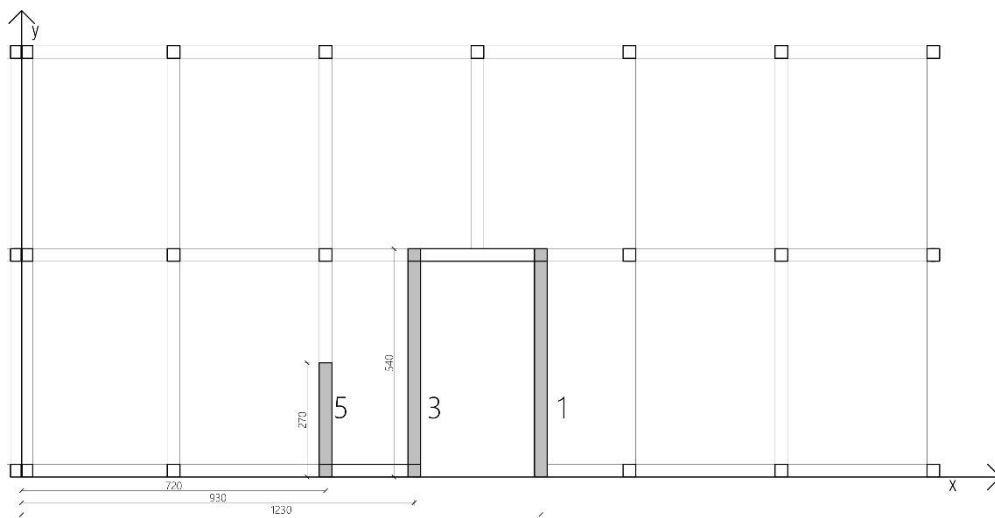
$$Y_{G_{masse}} = 5,1 \text{ m}$$

Successivamente si ricerca il baricentro delle rigidezze:

$$X_{G_{masse}} = 9,66 \text{ m}$$

$$Y_{G_{masse}} = 2,62 \text{ m}$$

Si passa ora all'analisi della faccia maggiore, quindi i carichi in direzione Y. I setti reagenti saranno quelli dispari ovvero 1, 3, 5 come riportato nella figura.



Sforzo facciata maggiore - direzione Y								
piano	Ri [kN]	Vi [kN]	h _i [m]	M _i [kNm]	e _{yi} [m]	τ _x [kNm]	e _{xi} [m]	τ _y [kNm]
copertura	241	241	3,2	772,16	2,475	597,21	1,205	290,76
3°	406	647	3,2	2842,57	2,475	1601,33	1,205	779,64
2°	265	912	3,2	5761,5	2,475	2257,66	1,205	1099,18
1°	246	1158	3,2	9467,77	2,475	2866,51	1,205	1395,61
terra	238	1396	2,6	13097,86	2,475	3455,56	1,205	1682,40

Si passa all' analisi dei carichi verticali, (riportati precedentemente); riassumendoli si hanno i seguenti valori.

Carichi verticali						
	1	2	3	4	5	
setto						
carico per SLU (PU) interp	137,70	216,19	52,88	7,99	190,73	[kN]
carico per SLU (PE) coper	69,57	153,46	39,20	7,99	233,16	[kN]
carico totale impalcati (P1+P2+P3) SLU	413,10	648,57	158,65	23,98	572,19	[kN]
carico totale SLU	482,67	802,03	197,85	31,98	805,362	[kN]

Tutte le azioni verticali vengono poi sommate in quanto si considera il nucleo di controvento un unico elemento.:

$$N = -2319 \text{ kN (alla base)}$$

La precisa analisi della distribuzione delle tensioni nelle pareti del vano scale, tenendo conto delle sue irregolarità di forma dovute alla presenza di aperture per porte e finestre o quelle connesse al tracciato articolato delle pareti stesse, richiede l'elaborazione di complessi algoritmi di calcolo.

In via approssimativa si può trattare il problema con le formule delle travi, considerando la sezione trasversale del nucleo scale come quella di un solido allungato soggetta alle componenti globali di sforzo. Si potranno così operare le prime verifiche di resistenza condotte sotto un' unica globale condizione di carico.

Essendo i due baricentri non coincidenti, si ha un'eccentricità che causa momento torcente sia in direzione X che in direzione Y.

Si procede poi con il calcolo della compressione media, calcolata come:

$$\sigma = \frac{N}{A_s} = -429,613 \text{ kN/m}^2$$

Calcoliamo poi la compressione massima e la compressione minima come :

$$\Delta\sigma = \pm \frac{M}{I} y = 332,96 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{MIN} = -762,574 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Max} = -96,652 \text{ kN/m}^2$$

Si Passa poi al calcolo delle tensioni tangenziali dovute al taglio e alla torsione. In particolare per il calcolo delle tensioni tangenziali dovute alla torsione si applica la formula di Bredt considerando il caso specifico delle elementi a sezione non tubolare:

$$\tau_v = \frac{V}{A_v} = 242,39 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tensione da taglio}).$$

$$\tau = \frac{3s \max M_t}{\sum_i a_i s_i^3} = 2920,84 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tensione da torsione}).$$

Dove:

- a rappresenta lo sviluppo longitudinale;
- s lo spessore maggiore.

Usando il cerchio di Mohr si ricercano le tensioni principali:

$$\sigma_{II} = -\frac{1}{2} \left[-\sigma_{min} + \sqrt{\sigma_{min}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = -2008,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_I = \frac{1}{2} \left[\sigma_{min} + \sqrt{\sigma_{min}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = 1245,84 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{II} = -\frac{1}{2} \left[-\sigma_{max} + \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = -1630,93 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_I = \frac{1}{2} \left[\sigma_{max} + \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = 1432,03 \text{ kN/m}^2$$

Vengono poi eseguite le verifiche riguardanti:

- massima tensione principale di compressione:

$$2,08 \left[\frac{N}{mm^2} \right] < \sigma_{c,r,adm}$$

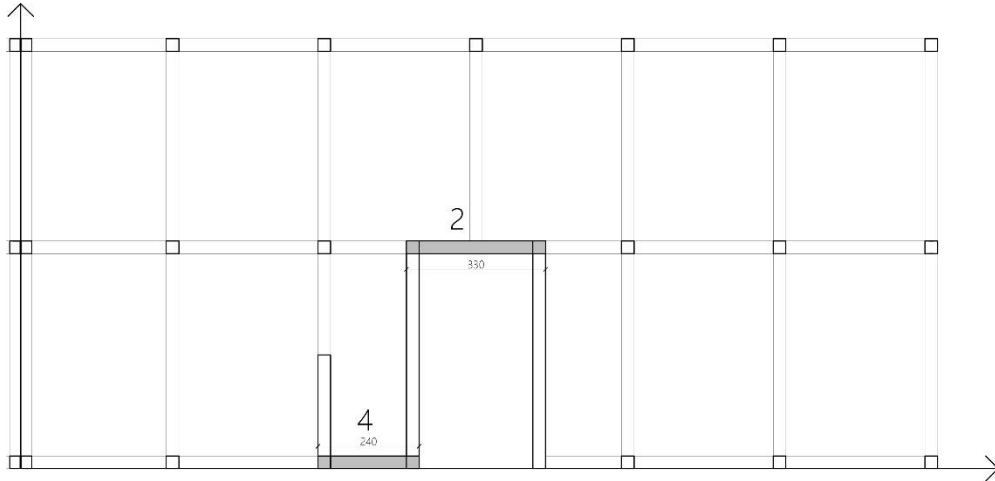
Con $\sigma_{c,r,adm} = 9,67 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

- Massima tensione principale di trazione

$$1,43 \left[\frac{N}{mm^2} \right] < f_{ctk}$$

Con: $f_{ctk} = 1,55 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

Lo stesso metodo di calcolo viene applicato anche per la facciata minore; I setti reagenti saranno quelli posti in direzione y ovvero quelli pari 2 e 4



Si trovano con l' utilizzo dei cerchi di Mohr i seguenti valori:

$$\sigma_{II} = -\frac{1}{2} \left[-\sigma_{min} + \sqrt{\sigma_{min}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = -1653,99,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_I = \frac{1}{2} \left[\sigma_{min} + \sqrt{\sigma_{min}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = 921,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{II} = -\frac{1}{2} \left[-\sigma_{max} + \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = -1299,60 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_I = \frac{1}{2} \left[\sigma_{max} + \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} \right] = 1172,83 \text{ kN/m}^2$$

Vengono poi eseguite le verifiche riguardanti:

- massima tensione principale di compressione:

$$1,65 \left[\frac{N}{mm^2} \right] < \sigma_{c,r,adm}$$

Con $\sigma_{c,r,adm} = 9,67 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

- Massima tensione principale di trazione

$$1,30 \left[\frac{N}{mm^2} \right] < f_{ctk}$$

Con $f_{ctk} = 1,55 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

Questi calcoli, pur nell'ambito di notevoli approssimazioni introdotte, mostrano un livello tensionale contenuto entro i limiti ammissibili.

Azioni normali

Per le verifiche di resistenza alle azioni normali, si applicano in prima approssimazione le formule di sovrapposizione seguenti. Si determinano le forze di trazione e di compressione che agiscono sui setti longitudinali e trasversali a seguito dell'azione combinata di forza normale e momento flettente:

$$H = \pm \frac{M}{l} + \frac{T u}{\Omega} - N$$

Con:

- u : perimetro della sezione resistente:

$$u = 2[(a - t) + (b - t)] = 16,2 \text{ m}$$

La resistenza a compressione, non considerando il contributo delle armature si calcola come:

$$\overline{H}_{r,l} = f'_{c1} t l_i$$

Resistenza a compressione						
setto	f'_{c1}	[kN/m ²]	L [m]	T [m]	H_r	[kN]
1	8219,5		5,4	0,3		13315,59
2	8219,5		3,3	0,3		9370,23
3	8219,5		5,4	0,3		13315,59
4	8219,5		2,4	0,3		8137,30
5	8219,5		2,7	0,3		8630,47

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Spinta lungo y:

Spinta lungo y						
Setto	M [kN/m ²]	Li [m]	Mi/li [kN]	Ti * u/Ω [kN]	N [kN]	
1	13097,86	5,4	2425,52	1192,81	-482,67	
3	13097,86	5,4	2425,52	1192,81	-197,85	
5	13097,86	2,7	4851,06	1192,81	-805,36	

Si può ora ricavare il valore di H' e H'' dalla formula precedente: $H = \pm \frac{M}{l} + \frac{T u}{\Omega} - N$

$$H_1' = 33135 \text{ [kN]}$$

$$H_1'' = -1715,39 \text{ [kN]}$$

$$H_3' = 3420,49 \text{ [kN]}$$

$$H_3'' = -1430,57 \text{ [kN]}$$

$$H_5' = 5238,51 \text{ [kN]}$$

$$H_5'' = -4463,6 \text{ [kN]}$$

Si ripete la stessa procedura lungo la direzione X considerando questa volta il setto 2 e 4.

Spinta lungo x						
Setto	M [kN/m ²]	Li [m]	Mi/li [kN]	Ti * u/Ω [kN]	N [kN]	
2	11913,08	3,3	3610,023	1313,263	-482,675	
4	11913,08	2,4	4963,781	1313,263	-197,856	

Si ottengono poi i seguenti valori di H' e H'':

$$H_2' = 4440,61 \text{ [kN]}$$

$$H_2'' = -2779,43 \text{ [kN]}$$

$$H_4' = 6079,18 \text{ [kN]}$$

$$H_4'' = -3848,37 \text{ [kN]}$$

Ponendo :

$$\gamma_F = 1,5 \text{ [-]}$$

otteniamo il valore di calcolo dello sforzo agente pari a:

$$H''_{a,i} = \gamma_F H''_i < H_{rA}$$

verifica di resistenza		
Setto	$\gamma_F H''_i$ [kN]	verifica
1	4703,506	verificato
2	6660,916	verificato
3	5130,735	verificato
4	7902,946	verificato
5	7857,769	verificato

Verifica armature

Le verifiche di resistenza appena condotte mostrano che non è necessario introdurre ferri di armatura longitudinali, questi vanno comunque inseriti nella misura minima corrispondente ai criteri di armatura dei comuni pilastri, oltre che per coprire sollecitazioni locali dovute alle irregolarità di forma.

Tali armature vanno introdotte principalmente nei vertici del nucleo e ai bordi delle aperture e vanno staffate come nei comuni pilastri.

Si può completare infine l'armatura anche nei tratti correnti delle pareti con una doppia orditura di ferri a maglie ortogonali, dimensionando i ferri verticali in base al valore minimo:

- $a_V \geq 0,0030 t$ area armatura verticale per unità di larghezza (complessiva su entrambe le facce)

$$a_V \geq 0,0009 \frac{m^2}{m} \quad \text{VERIFICATO}$$

- $a_V \leq 0,04 t$ area armatura verticla per unità di larghezza (complessiva sulle due facce)

$$a_V \leq 0,012 \frac{m^2}{m} \quad \text{VERIFICATO}$$

- $\varphi \geq 8 [mm]$ diametro ferri verticali.
 $\varphi = 12 [mm]$ VERIFICATO
- $i \leq 300 mm$
 $i \leq 2t$
 $i = 15,54 mm$ VERIFICATO

Dimensionamento ferri orizzontali in base al valore minimo:

- $a_v \geq 0,0015 t$ area armatura orizzontale per unità di altezza
 $a_v \geq 0,00045 \frac{m^2}{m}$ VERIFICATO
- $\varphi' \geq \varphi/3$
 $\varphi' \geq 4 [mm]$ VERIFICATO
- $s \leq 300 mm$
 $s \leq 125 mm$ VERIFICATO

Diametro staffe $\phi = 8 mm$

Taglio trazione

Le armature presenti nei setti esistenti rispettano tutti i punti derivanti dalla normativa. Per le armature orizzontali il valore andrà puntualmente verificato ed integrato in base alle azioni tangenziali sulle in pareti a causa della presenza di taglio ed alla torsione.

Per una ripartizione isostatica degli sforzi si calcolano quindi le azioni tangenziali ai vari piani che competono ai due ordini di setti (quelli diretti lungo la direzione x e quelli diretti lungo la direzione y). La ripartizione dei carichi su ogni setto passa attraverso la rigidezza dei singoli elementi.

Si analizza in primo luogo la facciata maggiore e quindi gli sforzi in direzione y. I setti reagenti saranno quelli posti verticalmente alla facciata e quindi numerati con numeri dispari (1, 3, 5).

Si riportano la ripartizione dei carichi per ogni setto ai vari livelli.

R _i carichi sui setti					
Orizzontamento	Setto	1	3	5	
copertura		28	107	107	[kN]
3°		65	170	170	[kN]
2°		43	111	111	[kN]
1°		42	102	102	[kN]
terra		41	99	99	[kN]

Vengono applicate le seguenti relazioni:

$$V' = V_{yi} + \frac{T_{yi}}{A_t} (l_{yi} - t)$$

$$V' = V_{yi} + \frac{T_{yi}}{A_t} (l_{yi} - t)$$

$$V_{ad} = V_i \gamma_F$$

Facciata maggiore								
piano	setto	R _i [kN]	V _{yi} [kN]	τ _y [kNm]	$\frac{T_{yi}}{A_t} (l_{yi} - t)$ [kN]	V' [kN]	V'' [kN]	V _{ad} [kN]
copertura	5	28	28	64,4	8,58	36,58	19,41	54,88
	3	107	107	74,9	21,22	128,22	85,77	192,33
	1	107	107	299,6	84,88	191,88	22,11	287,83
3°	5	65	93	213,9	28,52	121,52	64,48	182,28
	3	170	277	193,9	54,93	331,93	222,06	497,90
	1	170	277	775,6	219,75	496,75	57,24	745,13
2°	5	43	136	312,8	41,70	177,70	94,29	266,56
	3	111	388	271,6	76,95	464,95	311,04	697,43
	1	111	388	1086,4	307,81	695,81	80,18	1043,72
1°	5	42	178	409,4	54,58	232,58	123,41	348,88
	3	102	490	343	97,18	587,18	392,81	880,77
	1	102	490	1372	388,73	878,73	101,26	1318,1
terra	5	41	219	503,7	67,16	286,16	151,84	429,24
	3	99	589	412,3	116,81	705,81	472,18	1058,72
	1	99	589	1649,2	467,27	1056,27	121,72	1584,41

Assumendo $\lambda_c = 2,0$

Si ottiene la resistenza a “taglio trazione” pari a:

$$V_{s,Rd} = a_h H_i f_{sd} \lambda_c$$

Verifica taglio trazione - facciata maggiore							
piano	setto	A _n [m ² /m]	H _i [m]	F _{sd} [kN/m ²]	λc	Vsrd [kN]	Verifica
copertura	5	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
	3	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
	1	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
3°	5	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
	3	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
	1	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
2°	5	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
	3	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
	1	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
1°	5	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
	3	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
	1	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
terra	5	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
	3	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO
	1	0,000837	4,8	269565	2	2166,87	VERIFICATO

Si analizza in secondo luogo la facciata minore e quindi gli sforzi in direzione x. I setti reagenti saranno quelli posti verticalmente alla facciata e quindi numerati con numeri pari (2,4).

Si riportano la ripartizione dei carichi per ogni setto ai vari livelli.

R _i reazioni sui setti			
Orizzontamento	Setto	2	4
copertura		81,96	159,34 [kN]
3°		122,78	282,92 [kN]
2°		80,26	184,93 [kN]
1°		36,77	87,89 [kN]
terra		15,63	37,37 [kN]

. Vengono applicate nuovamente le seguenti relazioni:

$$V' = V_{xi} + \frac{T_{xi}}{A_t} (l_{xi} - t)$$

$$V' = V_{xi} + \frac{T_{xi}}{A_t} (l_{xi} - t)$$

$$V_{ad} = V_i \gamma_F$$

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Facciata maggiore								
piano	setto	R _i [kN]	V _{yi} [kN]	τ _y [kNm]	$\left(\frac{T_{yi}}{A_t}\right) (l_{yi} - t)$ [kN]	V' [kN]	V'' [kN]	V _{ad} [kN]
COPERTURA	2	81,96	81,96	215,56	35,93	117,89	46,03	165,04
	4	159,33	159,33	393,55	45,91	205,25	113,42	307,87
3°	2	122,78	204,74	538,48	89,75	294,49	114,99	441,74
	4	282,92	442,25	1092,37	127,44	569,70	314,81	854,55
2°	2	80,25	285,01	749,55	124,93	409,92	160,07	614,89
	4	184,92	627,18	1549,14	180,73	807,91	446,45	1211,87
1°	2	36,77	321,77	846,26	141,04	462,82	180,73	694,23
	4	87,88	715,06	1766,22	206,06	921,13	509,01	1381,69
TERRA	2	15,63	337,40	887,38	147,89	485,31	189,51	727,96
	4	37,36	752,43	1858,51	216,82	969,26	535,61	1453,89

Assumendo $\lambda_c = 2,0$

Si ottiene la resistenza a “taglio trazione” pari a:

$$V_{s,Rd} = a_h H_i f_{sd} \lambda_c$$

Verifica taglio trazione - facciata maggiore							
piano	setto	A _h [m ² /m]	H _i [m]	F _{sd} [kN/m ²]	λ _c	V _{srd} [kN]	Verifica
COPERTURA	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
3°	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	VERIFICATO
2°	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	NON VERIFICATO
1°	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	NON VERIFICATO
COPERTURA	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,000837	2,4	269565	2	1083,43	NON VERIFICATO

Il setto N° 4 risulta non essere verificato sotto la sollecitazione di taglio trazione. Questo setto è però essere di nuova costruzione in quanto non presente nello stato di fatto. Si decide quindi di provare con un diametro maggiore. Si considerano quindi per il setto N° 4 ferri con $\phi = 10$ mm a differenza del $\phi = 8$ mm ipotizzato precedentemente (si era ipotizzato 8 mm per essere omogenei con lo stato di fatto).

Si ripetono questi ultimi calcoli.

Verifica taglio trazione - facciata minore							
piano	setto	A_h [m ² /m]	H_i [m]	F_{sd} [kN/m ²]	λ_c	V_{srd} [kN]	Verifica
COPERTURA	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,001308	2,4	269565	2	1692,86	VERIFICATO
3°	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,001308	2,4	269565	2	1692,86	VERIFICATO
2°	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,001308	2,4	269565	2	1692,86	VERIFICATO
1°	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,001308	2,4	269565	2	1692,86	VERIFICATO
terra	2	0,000837	3,3	269565	2	1489,72	VERIFICATO
	4	0,001308	2,4	269565	2	1692,86	VERIFICATO

Taglio compressione

Si eseguono infine le verifiche a taglio compressione, prima nella direzione y .

Si assume:

- $\lambda_c = 2$
- $f'_{cd} = \left(0,9 - \frac{f_{ck}}{200}\right) f_{cd} = 8090 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Si ottiene una resistenza di “taglio-compressione” applicando la seguente relazione:

$$V_{c,Rd} = \frac{H_i t f'_{cd} \lambda_c}{1 + \lambda_c^2}$$

Verifica taglio compressione - facciata maggiore						
piano	setto	H_i [m]	f'_{cd} [kN/m ²]	λ_c	V_{crd} [kN]	verifica
copertura	5	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
	3	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
	1	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
3°	5	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
	3	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
	1	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
2°	5	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
	3	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
	1	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Verifica taglio compressione - facciata maggiore						
piano	setto	H _i [m]	f' _{cd} [kN/m ²]	λ _c	V _{crd} [kN]	verifica
1°	5	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
	3	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
	1	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
terra	5	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
	3	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO
	1	4,8	8090,03	2	4659,85	VERIFICATO

Si analizza in secondo luogo la facciata minore e quindi gli sforzi in direzione x. I setti reagenti saranno quelli posti verticalmente alla facciata e quindi numerati con numeri pari (2,4).

Verifica taglio compressione - facciata maggiore						
piano	setto	H _i [m]	f' _{cd} [kN/m ²]	λ _c	V _{crd} [kN]	verifica
copertura	2	3,3	8090,03	2	3203,65	VERIFICATO
	4	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
3°	2	3,3	8090,03	2	3203,65	VERIFICATO
	4	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
2°	2	3,3	8090,03	2	3203,65	VERIFICATO
	4	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
1°	2	3,3	8090,03	2	3203,65	VERIFICATO
	4	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO
terra	2	3,3	8090,03	2	3203,65	VERIFICATO
	4	2,4	8090,03	2	2329,92	VERIFICATO

I setti esistenti del nucleo di controvento risultano quindi rispettare la normativa attuale:

- Ferri longitudinali: 1+1 ϕ 12 mm i = 15,54 cm
- Ferri trasversali : 1+1 ϕ 8 mm i = 12 cm

Anche per il setto numero 5 di nuova costruzione si decide di usare gli stessi ferri.

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

Per quanto riguarda il setto numero 4 di nuova costruzione, si usa invece:

- Ferri longitudinali: 1+1 ϕ 12 mm i = 15,54 cm

- Ferri trasversali : 1+1 ϕ 10 mm i = 12 cm

In quanto non veniva verifica la resistenza a taglio trazione.

Appendice

Inviluppi

Caso 1			Caso 2			Caso 3		
T1: P.A		M(x)	T1: P.		M(x)	T1: P.A		M(x)
T2: P.A		0	T2: P.A		0	T2: P.		0
X		7,9191	X		6,286592	X		7,9191
0	0	15,37515	0	0	12,17718	0	0	15,37515
0,1	-7,9191	22,36815	0,1	-6,28659	17,67178	0,1	-7,9191	22,36815
0,2	-15,3752	28,8981	0,2	-12,1772	22,77037	0,2	-15,3752	28,8981
0,3	-22,3682	34,965	0,3	-17,6718	27,47296	0,3	-22,3682	34,965
0,4	-28,8981	40,56885	0,4	-22,7704	31,77955	0,4	-28,8981	40,56885
0,5	-34,965	45,70965	0,5	-27,473	35,69014	0,5	-34,965	45,70965
0,6	-40,5689	50,3874	0,6	-31,7796	39,20473	0,6	-40,5689	50,3874
0,7	-45,7097	54,6021	0,7	-35,6901	42,32333	0,7	-45,7097	54,6021
0,8	-50,3874	58,35375	0,8	-39,2047	45,04592	0,8	-50,3874	58,35375
0,9	-54,6021	61,64235	0,9	-42,3233	47,37251	0,9	-54,6021	61,64235
1	-58,3538	64,4679	1	-45,0459	49,3031	1	-58,3538	64,4679
1,1	-61,6424	66,8304	1,1	-47,3725	50,83769	1,1	-61,6424	66,8304
1,2	-64,4679	68,72985	1,2	-49,3031	51,97629	1,2	-64,4679	68,72985
1,3	-66,8304	70,16625	1,3	-50,8377	52,71888	1,3	-66,8304	70,16625
1,4	-68,7299	71,1396	1,4	-51,9763	53,06547	1,4	-68,7299	71,1396
1,5	-70,1663	71,6499	1,5	-52,7189	53,01606	1,5	-70,1663	71,6499
1,6	-71,1396	71,69715	1,6	-53,0655	52,57065	1,6	-71,1396	71,69715
1,7	-71,6499	71,28135	1,7	-53,0161	51,72924	1,7	-71,6499	71,28135
1,8	-71,6972	70,4025	1,8	-52,5707	50,49184	1,8	-71,6972	70,4025
1,9	-71,2814	69,0606	1,9	-51,7292	48,85843	1,9	-71,2814	69,0606
2	-70,4025	67,25565	2	-50,4918	46,82902	2	-70,4025	67,25565
2,1	-69,0606	64,98765	2,1	-48,8584	44,40361	2,1	-69,0606	64,98765
2,2	-67,2557	62,2566	2,2	-46,829	41,5822	2,2	-67,2557	62,2566
2,3	-64,9877	59,0625	2,3	-44,4036	38,3648	2,3	-64,9877	59,0625

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

2,4	-62,2566	55,40535	2,4	-41,5822	34,75139	2,4	-62,2566	55,40535
2,5	-59,0625	51,28515	2,5	-38,3648	30,74198	2,5	-59,0625	51,28515
2,6	-55,4054	46,7019	2,6	-34,7514	26,33657	2,6	-55,4054	46,7019
2,7	-51,2852	41,6556	2,7	-30,742	21,53516	2,7	-51,2852	41,6556
2,8	-46,7019	36,14625	2,8	-26,3366	16,33776	2,8	-46,7019	36,14625
2,9	-41,6556	30,17385	2,9	-21,5352	10,74435	2,9	-41,6556	30,17385
3	-36,1463	23,7384	3	-16,3378	4,754939	3	-36,1463	23,7384
3,1	-30,1739	16,8399	3,1	-10,7443	-1,63047	3,1	-30,1739	16,8399
3,2	-23,7384	9,47835	3,2	-4,75494	-8,41188	3,2	-23,7384	9,47835
3,3	-16,8399	1,65375	3,3	1,630469	-15,5893	3,3	-16,8399	1,65375
3,4	-9,47835	-6,6339	3,4	8,411878	-23,1627	3,4	-9,47835	-6,6339
3,5	-1,65375	-15,3846	3,5	15,58929	-31,1321	3,5	-1,65375	-15,3846
3,6	6,6339	-24,5984	3,6	23,16269	-39,4975	3,6	6,6339	-24,5984
3,7	15,3846	-34,2751	3,7	31,1321	-48,2589	3,7	15,3846	-34,2751
3,8	24,59835	-44,415	3,8	39,49751	-57,4163	3,8	24,59835	-44,415
3,9	34,27515	-55,0179	3,9	48,25892	-66,9697	3,9	34,27515	-55,0179
4,0	44,415	-66,0838	4,0	57,41633	-76,9191	4,0	44,415	-66,0838
4,1	55,0179	-77,6128	4,1	66,96973	-87,2646	4,1	55,0179	-77,6128
4,2	66,08385	-89,6049	4,2	76,91914	-98,006	4,2	66,08385	-89,6049
4,3	77,61285	-102,06	4,3	87,26455	-109,143	4,3	77,61285	-102,06
4,4	89,6049	-114,978	4,4	98,00596	-120,677	4,4	89,6049	-114,978
4,5	102,06	-101,518	4,5	109,1434	-106,55	4,5	102,06	-101,518
4,6	114,9782	-88,5218	4,6	120,6768	-92,9092	4,6	114,9782	-92,7518
4,7	101,5185	-75,9882	4,7	106,55	-79,7544	4,7	101,5185	-82,1982
4,8	88,52181	-63,9177	4,8	92,90919	-67,0856	4,8	92,75181	-72,0177
4,9	75,98822	-52,3102	4,9	79,7544	-54,9028	4,9	82,19822	-62,2102
5	63,91768	-41,1657	5	67,08561	-43,206	5	72,01768	-52,7757
5,1	52,31019	-30,4843	5,1	54,90282	-31,9952	5,1	62,21019	-43,7143
5,2	41,16574	-20,266	5,2	43,20603	-21,2704	5,2	52,77574	-35,026
5,3	30,48435	-10,5107	5,3	31,99524	-11,0317	5,3	43,71435	-26,7107

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

5,4	20,26601	-1,21847	5,4	21,27044	-1,27886	5,4	35,02601	-18,7685
5,5	10,51071	7,610721	5,5	11,03165	7,987929	5,5	26,71071	-11,1993
5,6	1,218471	15,97686	5,6	1,278862	16,76872	5,6	18,76847	-4,00314
5,7	-7,61072	23,87996	5,7	-7,98793	25,06351	5,7	11,19928	2,819957
5,8	-15,9769	31,32	5,8	-16,7687	32,8723	5,8	4,003136	9,27
5,9	-23,88	38,29699	5,9	-25,0635	40,19509	5,9	-2,81996	15,34699
6	-31,32	44,81094	6	-32,8723	47,03189	6	-9,27	21,05094
6,1	-38,297	50,86183	6,1	-40,1951	53,38268	6,1	-15,347	26,38183
6,2	-44,8109	56,44967	6,2	-47,0319	59,24747	6,2	-21,0509	31,33967
6,3	-50,8618	61,57446	6,3	-53,3827	64,62626	6,3	-26,3818	35,92446
6,4	-56,4497	66,23621	6,4	-59,2475	69,51905	6,4	-31,3397	40,13621
6,5	-61,5745	70,4349	6,5	-64,6263	73,92584	6,5	-35,9245	43,9749
6,6	-66,2362	74,17054	6,6	-69,5191	77,84663	6,6	-40,1362	47,44054
6,7	-70,4349	77,44314	6,7	-73,9258	81,28143	6,7	-43,9749	50,53314
6,8	-74,1705	80,25268	6,8	-77,8466	84,23022	6,8	-47,4405	53,25268
6,9	-77,4431	82,59917	6,9	-81,2814	86,69301	6,9	-50,5331	55,59917
7	-80,2527	84,48261	7	-84,2302	88,6698	7	-53,2527	57,57261
7,1	-82,5992	85,90301	7,1	-86,693	90,16059	7,1	-55,5992	59,17301
7,2	-84,4826	86,86035	7,2	-88,6698	91,16538	7,2	-57,5726	60,40035
7,3	-85,903	87,35464	7,3	-90,1606	91,68417	7,3	-59,173	61,25464
7,4	-86,8604	87,38589	7,4	-91,1654	91,71696	7,4	-60,4004	61,73589
7,5	-87,3546	86,95408	7,5	-91,6842	91,26376	7,5	-61,2546	61,84408
7,6	-87,3859	86,05922	7,6	-91,717	90,32455	7,6	-61,7359	61,57922
7,7	-86,9541	84,70131	7,7	-91,2638	88,89934	7,7	-61,8441	60,94131
7,8	-86,0592	82,88036	7,8	-90,3245	86,98813	7,8	-61,5792	59,93036
7,9	-84,7013	80,59635	7,9	-88,8993	84,59092	7,9	-60,9413	58,54635
8	-82,8804	77,84929	8	-86,9881	81,70771	8	-59,9304	56,78929
8,1	-80,5964	74,63919	8,1	-84,5909	78,3385	8,1	-58,5464	54,65919
8,2	-77,8493	70,96603	8,2	-81,7077	74,4833	8,2	-56,7893	52,15603
8,3	-74,6392	66,82982	8,3	-78,3385	70,14209	8,3	-54,6592	49,27982

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

8,4	-70,966	62,23056	8,4	-74,4833	65,31488	8,4	-52,156	46,03056
8,5	-66,8298	57,16826	8,5	-70,1421	60,00167	8,5	-49,2798	42,40826
8,6	-62,2306	51,6429	8,6	-65,3149	54,20246	8,6	-46,0306	38,4129
8,7	-57,1683	45,65449	8,7	-60,0017	47,91725	8,7	-42,4083	34,04449
8,8	-51,6429	39,20304	8,8	-54,2025	41,14604	8,8	-38,4129	29,30304
8,9	-45,6545	32,28853	8,9	-47,9173	33,88883	8,9	-34,0445	24,18853
9	-39,203	24,91097	9	-41,146	26,14563	9	-29,303	18,70097
9,1	-32,2885	17,07036	9,1	-33,8888	17,91642	9,1	-24,1885	12,84036
9,2	-24,911	8,766707	9,2	-26,1456	9,201209	9,2	-18,701	6,606707
9,3	-17,0704	0	9,3	-17,9164	0	9,3	-12,8404	0
9,4	-8,76671	0	9,4	-9,20121	0	9,4	-6,60671	0
9,5	0	0	9,5	0	0	9,5	0	0

Caso 1	
T1: P.A	
T2: P.A	
X	T(x)
0	82
0,1	77
0,2	72
0,3	68
0,4	63
0,5	58
0,6	54
0,7	49
0,8	44
0,9	40
1	35
1,1	31

Caso 2	
T1: P.	
T2: P.A	
X	T(x)
0	65
0,1	61
0,2	57
0,3	53
0,4	49
0,5	45
0,6	41
0,7	37
0,8	33
0,9	29
1	25
1,1	21

Caso 3	
T1: P.A	
T2: P.	
X	T(x)
0	82
0,1	77
0,2	72
0,3	68
0,4	63
0,5	58
0,6	54
0,7	49
0,8	44
0,9	40
1	35
1,1	31

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

1,2	26
1,3	21
1,4	17
1,5	12
1,6	7
1,7	3
1,8	-2
1,9	-6
2	-11
2,1	-16
2,2	-20
2,3	-25
2,4	-30
2,5	-34
2,6	-39
2,7	-44
2,8	-48
2,9	-53
3	-57
3,1	-62
3,2	-67
3,3	-71
3,4	-76
3,5	-81
3,6	-85
3,7	-90
3,8	-94
3,87	-98
3,9	-99
4	-104

1,2	17
1,3	13
1,4	9
1,5	5
1,6	1
1,7	-2
1,8	-6
1,9	-10
2	-14
2,1	-18
2,2	-22
2,3	-26
2,4	-30
2,5	-34
2,6	-38
2,7	-42
2,8	-46
2,9	-50
3	-54
3,1	-58
3,2	-62
3,3	-66
3,4	-70
3,5	-74
3,6	-78
3,7	-82
3,8	-86
3,87	-88
3,9	-90
4	-94

1,2	26
1,3	21
1,4	17
1,5	12
1,6	7
1,7	3
1,8	-2
1,9	-6
2	-11
2,1	-16
2,2	-20
2,3	-25
2,4	-30
2,5	-34
2,6	-39
2,7	-44
2,8	-48
2,9	-53
3	-57
3,1	-62
3,2	-67
3,3	-71
3,4	-76
3,5	-81
3,6	-85
3,7	-90
3,8	-94
3,87	-98
3,9	-99
4	-104

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

4,1	-108
4,2	-113
4,3	-118
4,4	-122
4,5	-127
4,6	-131
4,7	132
4,8	128
4,9	123
5	118
5,1	114
5,2	109
5,3	104
5,4	100
5,5	95
5,6	91
5,7	86
5,8	81
5,9	77
6	72
6,1	67
6,2	63
6,3	58
6,4	54
6,5	49
6,6	44
6,7	40
6,8	35
6,9	30
7	26

4,1	-98
4,2	-101
4,3	-105
4,4	-109
4,5	-113
4,6	-117
4,7	97
4,8	96
4,9	92
5	88
5,1	84
5,2	80
5,3	76
5,4	72
5,5	68
5,6	64
5,7	60
5,8	56
5,9	52
6	48
6,1	44
6,2	40
6,3	36
6,4	32
6,5	28
6,6	24
6,7	20
6,8	16
6,9	12
7	9

4,1	-108
4,2	-113
4,3	-118
4,4	-122
4,5	-127
4,6	-131
4,7	115
4,8	111
4,9	107
5	104
5,1	100
5,2	96
5,3	92
5,4	89
5,5	85
5,6	81
5,7	78
5,8	74
5,9	70
6	66
6,1	63
6,2	59
6,3	55
6,4	51
6,5	48
6,6	44
6,7	40
6,8	37
6,9	33
7	29

Capitolo 7 – Il Progetto Strutturale

7,1	21
7,2	17
7,3	12
7,4	7
7,5	3
7,6	-2
7,7	-7
7,8	-11
7,9	-16
8	-21
8,1	-25
8,2	-30
8,3	-34
8,4	-39
8,5	-44
8,6	-48
8,7	-53
8,8	-58
8,9	-62
9	-67
9,1	-71
9,2	-76
9,3	-81
9,4	-85
9,5	-90
9,6	-95

7,1	5
7,2	1
7,3	-3
7,4	-7
7,5	-11
7,6	-15
7,7	-19
7,8	-23
7,9	-27
8	-31
8,1	-35
8,2	-39
8,3	-43
8,4	-47
8,5	-51
8,6	-55
8,7	-59
8,8	-63
8,9	-67
9	-71
9,1	-75
9,2	-79
9,3	-83
9,4	-87
9,5	-90
9,6	-94

7,1	25
7,2	22
7,3	18
7,4	14
7,5	10
7,6	7
7,7	3
7,8	-1
7,9	-5
8	-8
8,1	-12
8,2	-16
8,3	-19
8,4	-23
8,5	-27
8,6	-31
8,7	-34
8,8	-38
8,9	-42
9	-46
9,1	-49
9,2	-53
9,3	-57
9,4	-60
9,5	-64
9,6	-68

Bibliografia.

Luca Zevi, *Il nuovissimo manuale dell'architetto*, Gruppo Mancosu Editore, 2007.

Paolo Oscar, Oreste Belotti: *Atlante storico del territorio bergamasco, Geografia delle circoscrizioni comunali e sovracomunali della fine del XIV secolo ad oggi*, Bergamo, Monumenta bergomensia, 2000

Battista Rondalli, Luisa Rota, Iolanda Rota: *Calolziocorte: Terra e Patria de "I Promessi Sposi"*, Calolziocorte, Tipolitografia artigiana, 1978.

Battista Rondalli: *Ricerche manzoniane due importanti scoperte nel centro della famosa valle di S.Martino*, Lecco, Litotipografia Villa, 1977

Angelo Borghi: *Il medio corso dell'Adda: sacralizzazioni strutture della memoria: prima recensione delle architetture di interesse storico e artistico della provincia di Lecco*, Cattaneo editore, 1999.

Marco Imperadori, Alfonso Senatore: *Schematic Design. Tecniche ed esempi di comunicazione del progetto, Monografie Archetipo*, 2011.

Manuela Grecchi, *Il recupero delle periferie urbane*, Maggioli Editore, 2008.

Alessandro Trivelli, *Edilizia residenziale innovativa. Progettare l'Housing contemporaneo*, Maggioli Editore, 2011.

Arie Gottfried, *Quaderni del manuale di progettazione edilizia. I materiali e i manufatti in conglomerati cementizi*, Hoepli, 2008.

Elio Bosio, Walter Sirtori, *Abitare il progetto della residenza fra tradizione e innovazione*, Maggioli Editore, 2010.

Ettore Guglielmi, *Il progetto architettonico. L'edilizia residenziale. Il progetto della casa: unifamiliare, plurifamiliare, in linea, a torre, schiera*, La Nuova Italia Scientifica, 1992.

Laura Elisabetta Malighetti, *Progettare la flessibilità. Tipologie e tecnologie per la residenza*, Maggioli Editore, 2008.

Manuela Grecchi, Laura Elisabetta Malighetti, *Ripensare il costruito. Il progetto di recupero e rifunzionalizzazione degli edifici*, Maggioli Editore, 2008.

Giandomenico, Toniolo Marco di Prisco: *Cemento armato calcolo agli stati limite*, Zanichelli, 2010

Giorgio Cortella: *ALER, l'edilizia popolare in provincia di Lecco*, Correlazioni Sas Lecco, 2007

Elena Lucchi, *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio*, Dario Flaccovio Editore, 2014

Duccio Brunelli, Sabine Di Silvio, *Restyling sostenibile delle facciate*, e-piGraphe s,r,l., 2015.

Sitografia.

<https://www.politesi.polimi.it>

<http://www.arcadata.com/it>

<http://www.materiaapplicata.it>

<http://www.fils.it>

<http://www.italfim.it>

<https://seieditrice.com>

<http://www.agricoltura.regione.lombardia.it>

<http://normelombardia.consiglio.regione.lombardia.it>

<http://redazionaleweb.comune.lecco.it>

<http://www.como-lecco.coldiretti.it>

<http://www.resegoneonline.it>

<http://www.infoinsubria.com>

<http://www.casateonline.it>

<https://www.architetturaecosostenibile.it>

<http://www.lestradedellinformazione.it>

<http://www.italcementi.it>

<http://www.ordineingegnerinapoli.it>

<http://www.ordineingegneri.bergamo.it>

<http://www.staticaesismica.it>

<http://docplayer.it>

<http://www.consigliosuperiorelavoripubblici.it>

<http://www.reluis.it>

<http://oldwww.unibas.it>

<http://www.crisbasilicata.it>

<http://www.risknet-alcotra.org>

<http://www.edilweb.it>
<https://www.ingegneria.unisalento.it>
www.leca.it
<http://www.dica.unict.it>
www.interbau-srl.it
www.infobuild.it
www00.unibg.it
www.architettura.unina2.it
www.toppetti.it
www.knauf.it
www.bituver.it
www.dataholz.com
www.dica.unict.it
<http://www.acca.it>
www.wikipedia.it
www.isprambiente.gov.it
www.mygreenbuildings.org
<http://www.enea.it>
www.odyssee-mure.eu
www.cened.it
<http://www.easee-project.eu>
<http://www.rototec.it/>
<http://www.sportellocasa.regione.lombardia.it/>
<http://www.wisesociety.it/>
<http://www.mcarchitects.it/project/la-casa-100k>
www.archdaily.com

Tesi Consultate.

Giorgia Amato, Matteo Borella, *Riqualificazione energetica e architettonica dell'edilizia residenziale sociale. Soluzioni tecniche di involucro basate sull'impiego del pannello Easee*, Relatore prof. Andrea Campioli, Politecnico di Milano. A.A 2013/2014

Stefania De Fazio, Sara Rondinella, *Progetto EMI HOUSE Energy Module Integration. Riqualificazione energetica e architettonica dell'Edificio ALER di via Padri Serviti a Calolziocorte (LC)*, Relatore prof. Graziano Salvalai, Politecnico di Milano. A.A. 2013/2014.

Andrea Pierluigi Micheli, *Il recupero energetico e prestazionale dell'involucro edilizio mediante pannelli prefabbricati. Un esempio applicativo su un edificio Aler a Cinisello Balsamo*, Relatore prof. Giuliana Iannaccone, Politecnico di Milano, A.A.2013/2014.

Normative.

PGT del comune di Calolziocorte.

Regolamento di Igiene Tipo della provincia di Lecco.

Regolamento Edilizio Comunale, Comune di Calolziocorte.

Decreto Ministeriale n° 236 del 14/06/1989, *Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica e sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche.*

Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008; *Norme tecniche per le costruzioni*

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617; *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*

Regio Decreto-Legge 16 novembre 1939, n. 2229 *Norme per l' esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato.*

DGR Lombardia 3868 del 17.7.2015: *Disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici ed il relativo Attestato di Prestazione Energetica.*

Legge 25 Novembre 1962, n. 1684, *Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*

UNI EN 1996-2:2006 Eurocodice 6 : *Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature.*

Decreto 26 Giugno 2015 *Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici.*

Direttiva Europea 2002/91CE *Rendimento energetico degli edifici.*