

POLITECNICO DI TORINO

I Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea di Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

**Edilizia scolastica sostenibile.
Progetto di ristrutturazione per
adeguamento con ampliamento della
Scuola Secondaria di Primo Grado “G.
Ungaretti” di Borgoricco (PD).**



Relatore:

prof. Giorgio Garzino

Candidato:

Federico Spanò

Marzo 2018

*There is a pleasure in the pathless woods,
There is a rapture on the lonely shore,
There is society, where none intrudes,
By the deep Sea, and music in its roar:
I love not Man the less, but Nature more,
From these our interviews, in which I steal
From all I may be, or have been before,
To mingle with the Universe, and feel
What I can ne'er express, yet cannot all conceal.*

Lord Byron, *Childe Harold's Pilgrimage*

Vorrei ringraziare il prof. Giorgio Garzino, relatore di questa tesi di laurea, per l'aiuto fornitomi, per la disponibilità e per la capacità di comprensione dimostratomi.

Un grazie allo studio Settanta7, nelle persone degli arch. Elena Rionda e Daniele Rangone, per avermi dato la possibilità di sviluppare questa tesi, e a tutti i miei colleghi, per la fiducia e l'entusiasmo con cui collaboriamo.

Vorrei poi ringraziare i miei genitori che mi hanno sostenuto moralmente, economicamente e fisicamente in tutti questi anni, senza i quali forse non sarei arrivato a questo traguardo.

Un ringraziamento a mia sorella e a tutto il resto della mia grande famiglia, in particolare ai miei nonni che nonostante le differenze culturali hanno contribuito in ugual misura alla mia crescita.

Una dedica speciale ai miei compagni di studi e a tutti quelli di Madrid, al Compà e al Cdda, e infine agli Scout e al mio reparto.

Sommario

1 // Introduzione	9
2 // Il progetto di un'opera pubblica	11
2.1 // Necessità e funzioni del progetto	11
2.2 // I livelli di progettazione	12
2.2.1 // Il progetto definitivo	14
2.2.2 // Il progetto esecutivo	15
2.3 // Validazione del progetto	19
3 // Il progetto esecutivo. La Scuola Secondaria di Primo Grado "G. Ungaretti" di Borgoricco (PD).	20
3.1 // Attività preliminari alla progettazione	20
3.1.1 // Oggetto dell'intervento	20
3.1.2 // Stato di fatto	21
3.1.3 // Inserimento dell'intervento sul territorio	22
3.1.4 // Sismica	25
3.2 // L'idea progettuale	26
3.2.1 // Assunti di progetto	26
3.2.2 // Descrizione degli interventi	26
3.2.3 // Sostenibilità dell'intervento	33

3.3 // Scelta dei materiali	36
3.4 // Reti esterne ed interferenze	38
3.5 // Superfici aeroilluminanti	38
3.6 // Rispondenza alle norme igienico-sanitarie e di sicurezza	39
3.7 // Superamento delle barriere architettoniche	40
3.8 // Riferimenti normativi	41
3.9 // Caratteristiche tecniche dei materiali	42
3.9.1 // Descrizione della struttura e criteri di progetto - CORPO 1	42
3.9.2 // Descrizione della struttura e criteri di progetto - CORPO 2	45
3.9.3 // Normativa di riferimento	47
3.9.4 // Materiali impiegati, caratteristiche meccaniche, classe di esposizione	48
3.9.5 // Classe di esposizione e durabilità dei materiali	57
3.10 // Requisiti acustici	58
3.10.1 // Normativa di riferimento	58
3.10.2 // Requisiti acustici passivi	59
3.10.3 // Descrizione e finalità del progetto	63
3.10.4 // Riduzione del rumore emesso dagli impianti	68
3.10.5 // Considerazioni finali	69
3.11 // Impianti	70
3.12 // Sicurezza del cantiere	73
3.12.1 // Censimento delle interferenze	74
3.12.2 // Risoluzione delle interferenze	75
4 // Bibliografia e sitografia	77
5 // Allegati	79

1 // Introduzione

L'edilizia scolastica nel nostro Paese rappresenta una vera e propria emergenza nazionale. Lo stato e la qualità degli edifici scolastici di un territorio rappresentano un indicatore di quanto una comunità investa nel benessere, la sicurezza e la formazione dei cittadini più giovani.

Occorre superare l'approccio di intervenire prevalentemente sui casi di emergenza per arrivare ad una programmazione degli interventi e della manutenzione ordinaria e straordinaria, prevedendo anche un piano di riqualificazione per la messa in sicurezza, la bonifica e la sostenibilità degli edifici. Questa operazione di riqualificazione consentirebbe di considerare l'edilizia scolastica una delle grandi opere pubbliche nazionali, che darebbe, oltretutto in tempi di crisi economica, occupazione e miglioramento territoriale di un patrimonio edilizio diffuso in maniera capillare in tutto il Paese.

La mia esperienza di tesi parte da questa concezione per arrivare alla progettazione esecutiva di un intervento di adeguamento ed ampliamento della Scuola Secondaria di Primo Grado "G. Ungaretti" di Borgoricco (PD).

All'interno del primo capitolo si introduce il percorso di progettazione di un'opera pubblica secondo la normativa vigente, descrivendo brevemente i livelli di progetto (*progetto di fattibilità economica, progetto definitivo, progetto esecutivo*) e gli ela-

borati che questi devono contenere.

Il secondo capitolo conclude il discorso, sviluppando il progetto esecutivo, chiaro esempio di come si possa intervenire sugli edifici scolastici italiani. Vengono presentati le componenti di progetto affrontate durante l'esperienza di tirocinio prima, e di collaborazione lavorativa dopo, per l'intervento di ristrutturazione per adeguamento con ampliamento della Scuola Secondaria di Primo Grado "G. Ungaretti" di Borgoricco (PD).

2 // Il progetto di un'opera pubblica

Questa tesi di laurea fatta con il supporto dello studio di architettura Settanta7, mi ha permesso di approfondire molteplici aspetti nelle procedure che portano alla realizzazione di un edificio pubblico. Bisogna tener conto che in un ambito così complicato come quello dell'esecuzione di contratti, anche questioni soltanto formali assumono grande importanza, soprattutto quando leggi e regolamenti normano senza possibilità di deroghe. Per tali motivi ho ritenuto utile accennare in questo capitolo alle norme che regolano la compilazione di progetti e la condotta di lavori per conto di un'amministrazione pubblica.

2.1 // Necessità e funzioni del progetto

La norma principale che disciplina il progetto e l'esecuzione dei lavori pubblici è il Decreto legislativo 18 aprile 2016, n.50 Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.

Il progetto dei lavori pubblici prevede oggi tre fasi di progettazione. Ogni stadio descrive gli elaborati di progetto minimi che devono essere presentati al Responsabile unico del procedimento, che rappresenta la Pubblica Amministrazione. Le ragioni di questa esigenza sono evidenti, solo attraverso il progetto e la verifica

che ne deriva, l'amministrazione pubblica può avere la giusta rappresentazione dell'opera che si appresta ad ordinare, può valutare la congruenza delle soluzioni tecniche proposte e la loro rispondenza alle finalità che l'opera deve raggiungere ed è in grado di conoscere con la massima affidabilità la spesa da affrontare e, se necessario, modificare, avendo anche a sua disposizione il mezzo per esercitare, nella fase esecutiva, tutti i controlli perché l'opera sia realizzata conformemente alle caratteristiche previste e stabilite.

Il valore e l'importanza del progetto sono stati posti in risalto dal D. Lgs. 18 aprile 2016 n.50, negli articoli in cui si evidenzia che i tecnici devono procedere con ogni riflessione nella selezione del progetto che propongono, in maniere che questo risulti il più favorevole tanto dal lato tecnico che da quello economico, e che devono usare ogni cura e diligenza nell'eseguire i rilievi sul posto e gli assaggi del terreno oltre alle operazioni d'ufficio facendo in modo che nei prezzi, calcoli e disegni e nella redazione del capitolato non siano presenti errori o scritti non chiari che possano rendere errate le previsioni progettuali o far sorgere dubbi ed incertezze all'atto esecutivo.

2.2 // I livelli di progettazione

La progettazione di opere pubbliche si articola su tre livelli che corrispondono a fasi sempre più definite, con progettazione più dettagliata e finalizzati agli scopi sotto riportati:

a) **progettazione di fattibilità tecnica ed economica**, consente una valutazione economica di massima delle opere, serve soprattutto per la programmazione economica dell'Amministrazione Pubblica;

b) *progettazione definitiva*, permette una stima economica accurata dei tempi e dei costi di esecuzione, serve soprattutto all'acquisizione dei pareri e delle autorizzazioni di altri Enti;

c) *progettazione esecutiva*, consente di bandire in gara l'opera e quindi l'effettivo inizio dei lavori di costruzione.

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica costituisce il primo dei tre livelli nella stesura di un progetto definiti dalla normativa italiana.

Esso *“stabilisce i profili e le caratteristiche più significative degli elaborati dei successivi livelli di progettazione”*¹ in funzione del tipo di intervento, *“individua, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire”*².

Esso si compone di vari elementi, la cui effettiva presenza è lasciata a discrezione del responsabile unico del procedimento, che ne valuta la necessità. Consiste in una relazione illustrativa delle ragioni della scelta della soluzione prospettata in base alla valutazione delle eventuali soluzioni possibili, anche con riferimento ai profili ambientali e all'utilizzo dei materiali provenienti dalle attività di riuso (materie prime secondarie) e riciclaggio, della sua fattibilità amministrativa e tecnica, verificata attraverso le indagini di prima previsione dei costi, da determinare in relazione ai benefici previsti, nonché in schemi grafici per l'individuazione delle caratte-

1 Articolo 18, comma 1, DPR 554/99

2 Articolo 23, comma 5, D. Lgs. 18 aprile 2016 n. 50

ristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare. Se il progetto dovrà essere posto a base di gara per concessioni di lavori pubblici o appalti concorso questo dovrà contenere anche relazioni e grafici relativi alle indagini necessarie (di natura geologica, geotecnica, idrologica, idraulica e sismica) ed un capitolato prestazionale. Se il progetto è posto a base di gara per l'affidamento di concessioni di lavori pubblici dovrà essere incluso un piano economico e finanziario di massima. Di seguito alcuni dei documenti più rilevanti.

La relazione illustrativa: contiene una descrizione dell'intervento, la spiegazione delle motivazioni che hanno portato a optare per la soluzione proposta e l'identificazione delle criticità connesse al contesto nel quale si sviluppa l'intervento, anche facendo riferimento ad altre possibili soluzioni. La relazione inoltre dà indicazioni sugli aspetti che influenzano il progetto e che non sono visibili dai disegni, sugli aspetti funzionali dei componenti di cui si forma il progetto e sulle spese e riporta una sintesi delle forme e fonti di finanziamento.

Gli elaborati grafici: inseriti nel progetto di fattibilità tecnica ed economica devono essere rappresentati in scala opportuna e quotati. A seconda del tipo di intervento si compongono di diversi elaborati.

Calcolo sommario dei costi: è fatto con riferimento alle spese per la realizzazione dell'opera ed alle ulteriori quote a disposizione della figura appaltante.

2.2.1 // Il progetto definitivo

Il progetto definitivo determina i lavori da realizzare, nel rispetto delle necessità,

dei criteri, dei vincoli e delle indicazioni stabiliti nel primo livello di progettazione e comprende tutti gli elementi utili ai fini del rilascio delle autorizzazioni e approvazioni e dei pareri positivi da parte degli Enti. Il PP consiste in una relazione descrittiva dei criteri usati per le scelte progettuali, oltre alle caratteristiche dei materiali scelti e dell'inserimento dell'intervento sul territorio; nello studio di impatto ambientale; in disegni generali, nelle opportune scale, descrittivi delle principali caratteristiche delle opere, e delle soluzioni architettoniche, delle superfici e dei volumi da realizzare, inclusi quelli per l'individuazione della tipologia di fondazione; negli studi e indagini preliminari necessari con riguardo alla natura e alle caratteristiche dell'opera; nei calcoli preliminari delle strutture e degli impianti; in un disciplinare descrittivo degli elementi prestazionali, tecnici ed economici previsti in progetto nonché in un computo metrico estimativo. Gli studi e le indagini occorrenti, quali quelli di tipo, idrologico, sismico, agronomico, biologico, chimico, i rilievi e i sondaggi, sono condotti fino ad un livello tale da permettere i calcoli preliminari delle strutture e degli impianti e lo sviluppo del computo metrico estimativo.

2.2.2 // Il progetto esecutivo

Il progetto esecutivo, redatto in congruenza al progetto definitivo e occasionalmente uniti in un unico *progetto definitivo – esecutivo*, quando non sono necessari pareri esterni all'Ente (esempio Soprintendenza ai Beni Ambientali, Genio Civile, ecc.), specifica in ogni particolare i lavori da realizzare e il relativo costo previsto e deve essere sviluppato ad un livello di definizione tale da permettere che ogni componente sia identificabile in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo. In particolare il progetto è formato dall'insieme delle relazioni, dei calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti e degli elaborati grafici nelle scale adeguate, compresi

gli eventuali particolari costruttivi, dal capitolato speciale di appalto, dal computo metrico estimativo e dall'elenco dei prezzi unitari. Esso è realizzato sulla base degli studi e delle investigazioni compiuti nelle fasi precedenti e degli ulteriori studi e indagini, di dettaglio o di verifica delle idee progettuali, che risultino necessari e sulla base di rilievi plano-altimetrici, di misurazioni, di rilievi della rete dei sottoservizi. Il progetto esecutivo deve essere inoltre corredato da un piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti da redigersi nei termini, con le modalità, i contenuti, i tempi e la gradualità stabiliti dalla normativa vigente. In generale i progetti esecutivi sono composti di:

Relazione descrittiva: dovrà essere la più dettagliata possibile, in maniera da prevenire o sciogliere i dubbi che potrebbero presentarsi a chi giudica il progetto sui soli documenti che lo compongono e senza particolari conoscenze della località;

Elaborati grafici: in scala opportuna, i cui aspetti distintivi saranno segnati con colorazioni diverse, che configurino planimetricamente i luoghi interessati dall'opera, evidenzino le inflessioni del suolo per il tracciato ed i calcoli dei movimenti di terra e definiscano la forma ed i particolari dell'opera (*piante, prospetti, sezioni, etc.*);

Relazioni di indagine: dimostrativi delle indagini, dei rilievi e degli accertamenti compiuti;

Computi: calcolo della quantità di opere da eseguire (*computo metrico*, suddiviso secondo le categorie di lavori), dei prezzi unitari da applicare alle singole quantità e delle spese relative.

Ci soffermeremo ora su alcuni documenti importanti del progetto esecutivo.

Il computo metrico estimativo ed il quadro economico

Il computo metrico estimativo è il documento attraverso la cui compilazione si perviene a definire il costo di costruzione di un'opera. Nella sua forma più elementare, consiste in una tabella formata: dal N° d'ordine, descrizione del lavoro, numero, dimensioni (lunghezza, larghezza e altezza), peso, unità di misura, prodotti (negativi, positivi e totali), prezzo unitario, importo e figure ed annotazioni eventuali. La corretta e precisa stesura di un computo metrico richiede innanzi tutto un ordine nel suo svolgimento. L'elenco delle varie categorie di lavori che compongono l'opera in funzione nell'ordine in cui si susseguono per la loro esecuzione. Nel quadro economico sono compresi i risultati del computo metrico estimativo, l'accantonamento in misura non superiore al 10% per eventuali imprevisti e lavori in economia.

Elenco dei prezzi unitari

Particolare attenzione da parte del progettista deve essere dedicata alla compilazione dell'*elenco dei prezzi unitari*, vale a dire al computo analitico dei prezzi che si applicano a ciascuna categoria di lavori ai quali si riferiscono. È un'operazione da compiersi accuratamente, la sua puntuale e corretta esecuzione non solo lascia prevedere la possibilità di un buon affidamento dell'appalto, ma assicura validità effettiva al progetto mantenendone inalterate le caratteristiche essenziali senza dover ricorrere a variazioni cui inevitabilmente si andrebbe incontro qualora si verificasse la carenza di uno o più prezzi. Esistono prezzari regionali, di associazioni di categoria o della Camera di Commercio a cui fare riferimento. Qualora la lavorazione richiesta non ci fosse in questi elenchi, si procede con indagini di mercato e/o

analisi dei prezzi elementari, cioè quelli dei materiali sul luogo di acquisto, quelli delle giornate di operai di ogni genere e quelli dei vari mezzi di trasporto. Ai prezzi unitari, così formati, della mano d'opera, dei mezzi di trasporto, dei materiali e di quanto altro occorre alla formazione del costo delle singole categorie di opere, si aggiungerà poi, generalmente, una percentuale variabile, nella misura dal 13 al 15 %, a seconda della natura ed importanza dei lavori, per spese generali. Se il lavoro deve essere appaltato, si aggiungerà anche un 10% di beneficio per l'appaltatore. Le analisi dei prezzi unitari saranno classificate nello stesso ordine in cui sono disposte le varie specie di lavoro a cui esse si riferiscono.

Il capitolato speciale d'appalto

Altro importante documento costitutivo del progetto è il capitolato speciale d'appalto, tenuto conto che esso fissa le clausole tecniche atte a garantire la perfetta esecuzione delle opere ed a prevenire ogni possibilità di lite o controversia tra le parti contraenti. Consta di due parti, la prima parte, di descrizione delle lavorazioni, fornisce descrizioni atte a dare una compiuta definizione tecnica ed economica della lavorazione in appalto, qualora non siano deducibili dagli elaborati grafici. La seconda parte, riguarda le prescrizioni di natura tecnica da adottare. Per gli interventi in cui il pagamento è previsto a corpo viene definito per le strutture definite omogenee la quota percentuale di queste relative all'ammontare complessivo delle lavorazioni. Sulla base di tali definizioni sono corrisposti i pagamenti in corso d'opera. Per gli interventi in cui il pagamento è previsto a misura viene definito l'importo di ciascun gruppo delle lavorazioni.

Nel capitolato speciale d'appalto è previsto l'obbligo di redigere un programma esecutivo in cui sono contenute le previsioni circa il periodo di esecuzione delle

varie lavorazioni, indipendentemente dal cronoprogramma fornito.

I lavori saranno appaltati sotto l'osservanza delle condizioni stabilite nel capitolato generale d'appalto. Il capitolato speciale d'appalto rappresenta la fatica conclusiva del progettista, poiché esso riassume tutta l'opera progettata e deve essere la guida chiara e costante per la realizzazione della stessa.

2.3 // Validazione del progetto

Una volta redatto, il progetto dell'opera, per essere eseguito deve essere sottoposto a validazione da parte degli organi istituzionali competenti. Il provvedimento approvativo, se è emanato all'interno della stessa amministrazione che ha redatto od ordinato il progetto, conferisce significato giuridico agli elaborati tecnici mediante l'azione acquisitiva e decisionale della amministrazione medesima. Il principio generale è che l'approvazione deve avvenire secondo l'ordinamento proprio della rispettiva amministrazione, sentito il parere del competente organo consultivo, singolo o collegiale, in base all'importo della spesa ed anche del sistema prestabilito per la esecuzione dei lavori o la scelta del contraente. Per quanto riguarda i Comuni, mentre l'approvazione dei piani finanziari e dei programmi di opere pubbliche compete ai rispettivi Consigli, l'approvazione dei progetti esecutivi è di competenza delle rispettive Giunte in qualità di organi competenti a carattere generale.

Con l'approvazione si conclude la parte del progetto ed inizia la parte della gara d'appalto per la scelta della ditta esecutrice. Una volta individuata, si apre la fase della realizzazione dell'opera pubblica con l'inizio del cantiere ed eseguiti i lavori, questi saranno soggetti a collaudo.

3 // Il progetto esecutivo. La Scuola Secondaria di Primo Grado “G. Ungaretti” di Borgoricco (PD).

La presente relazione intende rivedere i criteri di progettazione, ove variati, relativi al plesso scolastico, oggetto nel 2014 di progetto per ampliamento con ricavo di nuove aule uffici e laboratori. La rielaborazione avviene per verificare l’impatto delle variazioni normative intervenute nel frattempo.

Per quanto riguarda l’aspetto normativo prettamente architettonico sono stati rivisti alcuni elementi in ordine all’accessibilità degli ambienti in ottemperanza alla normativa sul superamento delle barriere architettoniche.

3.1 // Attività preliminari alla progettazione

3.1.1 // Oggetto dell’intervento

Oggetto dell’intervento è la ristrutturazione per adeguamento con ampliamento della scuola secondaria di primo grado “G. Ungaretti” con la formazione di un’espansione in ampliamento della struttura scolastica relativa al corpo attività didattiche, attività collettive, spazi amministrativi. La superficie su cui insiste l’edificio è

ubicata sull'attuale plesso scolastico con estensione verso ovest, comprendendone il sedime.

La nuova costruzione degli spazi destinati alle attività didattiche, collettive e complementari sarà completa di:

Piano terra corpo A:

- N. 4 Uffici (Alunni, segreteria, preside e open space);
- N. 1 sala professori;
- N. 2 Ripostigli;
- Blocco servizi igienici;
- Connettivo.

Piano primo corpo A:

- N. 2 aule didattica normale;
- N. 1 aula informatica;
- Blocco servizi igienici;
- Connettivo.

Piano terra corpo B:

- N. 1 ripostiglio;
- N. 1 locale di servizio;
- Modifica della mensa

Piano primo corpo B:

- N. 2 aule normali;
- N. 1 sala musica;
- Connettivo.

3.1.2 // Stato di fatto



Fig.1: Aule su via Tiepolo



Fig.2: Ingresso principale

L'odierna configurazione del complesso scolastico deriva dal progetto originario, redatto nella prima metà degli anni '70 dall'Architetto Sergio Miotto. Si tratta di un fabbricato a pianta complessa composto da due livelli fuori terra, ad eccezione della zona uffici e di un'ala est adibita a didattica che si sviluppano su un solo livello.

Dal punto di vista compositivo l'intervento mette in evidenza, anche per la particolare conformazione delle coperture, i volumi costituenti la palestra e l'aula magna. Volumi tra i quali dovrà essere inserito l'intervento in oggetto. Negli anni 2000 l'impianto originario è stato modificato/ampliato con interventi successivi al fine di ottimizzare la funzionalità degli spazi interni in relazione alle nuove esigenze di didattica.

3.1.3 // Inserimento dell'intervento sul territorio

L'area entro cui si prevede la realizzazione della nuova struttura è destinata dal vigente Piano degli Interventi a Zona Territoriale Omogenea "FI-5 - Istruzione", articolo 12 delle Norme Tecniche di Attuazione "norme comuni alle zone "F" per servizi ed attrezzature:

Le zone per servizi ed attrezzature sono riservate ad interventi per opere e per

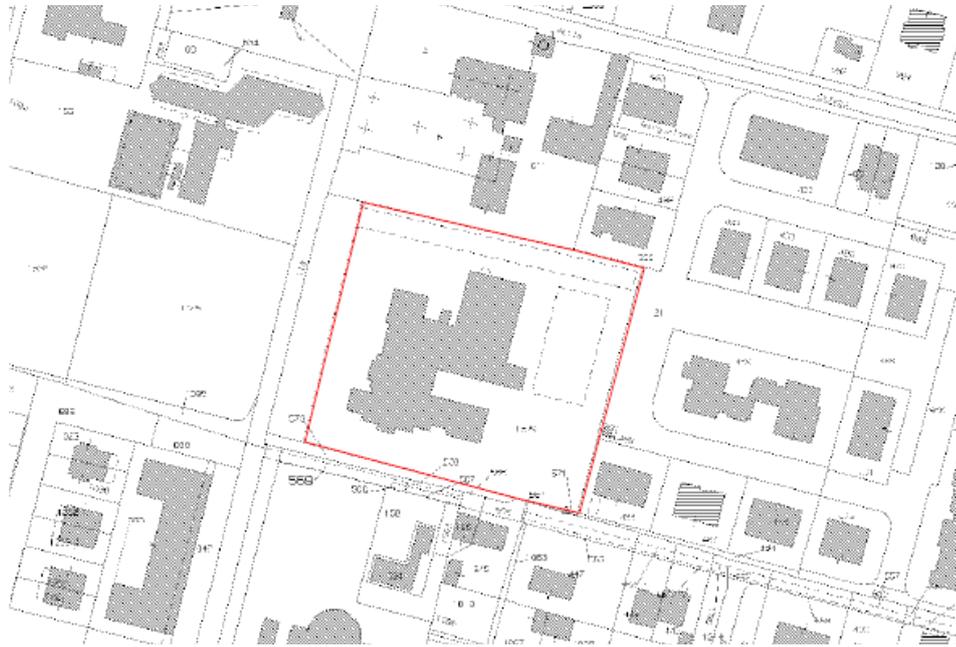


Fig.4: Estratto catastale

e pedonale esistente. Per quanto riguarda l'inserimento del progetto sotto l'aspetto dell'inquinamento acustico, si rileva come la conferma della destinazione da parte dello strumento urbanistico vigente, in considerazione del fatto che un plesso scolastico è già presente, costituisca elemento per giudicare adeguato l'inserimento del progetto sotto tale aspetto.

Vincoli urbanistici ed ambientali

Vincolo Paesaggistico L'area su cui insiste la scuola primaria di secondo Grado "G. Ungaretti", oggetto del presente progetto, è sottoposta a vincolo paesaggistico secondo quanto previsto dal Piano Territoriale Regionale di Coordinamento (Zona del Graticolato Romano) ai sensi dell'art. 142 del D. Lgs. 42/2004 (ex L. 431/85). L'intervento è stato quindi sottoposto ad autorizzazione paesaggistica presentando la documentazione necessaria alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'area metropolitana di Venezia e le province di Belluno, Padova e Tre-

so.

Pareri degli enti

Igienico sanitario

Il presente progetto esecutivo rispetta la normativa igienico sanitaria, non vengono modificate le condizioni e le caratteristiche dell'edificio scolastico esistente, in particolare della mensa.

Vigili del fuoco

L'edificio scolastico attuale è dotato di CPI con scadenza maggio 2018. Si richiederà un CPI provvisorio sulla parte di edificio che non verrà interessata dal cantiere, mentre si provvederà al rinnovo del CPI dell'intero edificio a lavori terminati.

3.1.4 // Sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per la costruzione di edifici, ponti e altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Il territorio comunale di Borgoriccio rientra in zona sismica 3, zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio di tipo "sito dipendente" e non più per mezzo di un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto,

in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito.

3.2 // L'idea progettuale

3.2.1 // Assunti di progetto

È nostra convinzione che la riuscita di un progetto si misuri sulla sua capacità di essere definito come “singolare ed appropriato”, ovvero sia il risultato di una corretta interpretazione fisico-spaziale della funzione a cui l'opera è dedicata, posta in relazione stretta con gli elementi del contesto che ne determinano l'assoluta singolarità.

Il progetto nasce quindi, da un lato, dallo studio dei caratteri del sito, in modo da determinarne gli elementi caratteristici e significativi, e dall'altro, dall'approfondimento dei caratteri funzionali dell'opera in modo tale da attribuire a ciascuna funzione spazi appropriati, collocati in un efficiente sistema di relazioni.

Alla base di una corretta progettazione, quindi, deve essere posto l'approfondimento del tema progettuale, nei suoi contenuti più avanzati. In questo modo si potranno realizzare spazi il più possibile corrispondenti alle esigenze della funzione: non solamente quelle espresse dalle norme di riferimento, ma quelle che sono espressione delle continue evoluzioni, in questo caso, dell'edilizia scolastica.

3.2.2 // Descrizione degli interventi

Dal punto di vista operativo i vari interventi di progetto sono stati organizzati per fasi successive di lavorazione in dipendenza dal tipo di attività svolta all'interno del

complesso scolastico. Infatti i periodi di operatività limitati a parte della stagione estiva, hanno suggerito una linea progettuale indirizzata al frazionamento delle attività (che comunque dovranno risultare singolarmente funzionali e funzionanti) e alla scelta di tecniche costruttive di prefabbricazione, utili se non indispensabili alla compattazione dei tempi di consegna.

Il progetto esecutivo svilupperà:

- **Razionalizzazione della struttura in x-lam e conseguente riorganizzazione degli ambienti segreteria e amministrazione:** abbiamo stabilito una corrispondenza strutturale tra piano primo e piano terra in modo da poter considerare i setti in x-lam come strutturali, con comportamento scatolare, in modo che possano garantire antisismicità. Conseguentemente gli spazi segreteria e amministrazione al piano terra sono stati ottimizzati per ridurre il connettivo e massimizzare gli spazi dedicati agli uffici.
- **Definizione dei pacchetti stratigrafici con miglioramento delle prestazioni energetiche e del benessere interno:** proponiamo materiali naturali altamente performanti in aggiunta a un sistema di facciata ventilata in grado di favorire la ventilazione naturale e contribuire a mantenere il giusto grado di umidità interna e delle strutture lignee, garantendone la durabilità. Predileggeremo inoltre una visione completa del ciclo di vita dei materiali scegliendo quindi materiali (LCA analysis) in grado di garantire altissima durabilità e una bassa manutenzione. I nodi strutturali verranno dettagliatamente studiati al fine dimensionare opportunamente le prestazioni dell'intero sistema edilizio.
- **Studio dei materiali di rivestimento per garantire una migliore durabilità:** facciata ventilata con rivestimento in pannelli di hpl, che garantiscono una

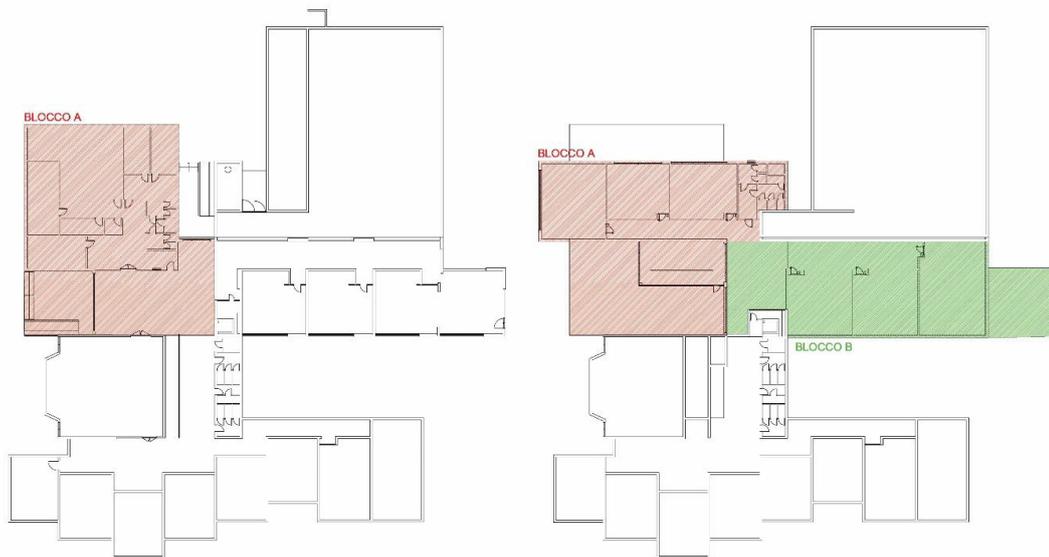


Fig.5: Individuazione blocchi di intervento

elevatissima durabilità e bassa manutenzione, essendo realizzati in presse per laminati ad alta pressione e ad alta temperatura. Questo materiale garantisce resistenza all'usura e al vapore, igienicità, non si surriscalda ed è disponibile in molteplici finiture, oltre alla versatilità di taglio e di assemblaggio;

- **Aula 3 più grande per eventuali attività in compresenza all'attività scolastica:** il corridoio delle aule 1/2/3 è stato accorciato in favore di un consistente ampliamento dell'ultima aula. L'accesso alla copertura sulla quale verranno predisposte le UTA, potrà avvenire tramite una scaletta con paraschiena posta esternamente. Si tratta di una soluzione anche in favore della sicurezza, dato che così facendo si eviterà il rischio che gli studenti possano accedere alla copertura;
- **Studio degli spazi interni e dell'ingresso all'aula:** gli ambienti interni saranno decorati con grafiche colorate e vivaci (serigrafie, adesivi, vetrofanie) che richiamano il tema progettuale e che possano servire a creare un processo

identificativo immediato tra gli utenti e a scopo informativo. Nell'aula sono previste isole fonoassorbenti colorate che abbiano un carattere giocoso e che conferiscono il giusto fonoassorbimento per permettere una buona comprensione.

- **Riconfigurazione del volume serra bioclimatica e del sistema di lucernari ad esso connesso:** volume parallelepipedo con copertura inclinata che entra in connessione col sistema di lucernari, costituendo un elemento unico continuo che caratterizza e attraversa il progetto;
- **Definizione di un sistema di lievi pendenze dei volumi in ampliamento per garantire il deflusso delle acque meteoriche.**

Gli interventi previsti sono caratterizzati dalla realizzazione di due corpi distinti, interagenti con il corpo scolastico esistente, strutturalmente indipendenti:

1. il **blocco A**, su due piani, verrà costruito a nuovo sul sedime ricavato dalla demolizione delle strutture esistenti;
2. il **blocco B** costruito come sopraelevazione dell'ala sottostante esistente (dove verranno fatte solo delle modifiche sulla distribuzione interna).

Al fine di ottenere una capacità sismica della struttura superiore e maggiore affidabilità, derivante da una maggiore regolarità strutturale in altezza, si propone la variazione architettonica degli spazi al primo terra, al fine di ottenere la continuità strutturale delle pareti sismo-resistenti dal piano di fondazione fino alla copertura. In questo modo, è possibile eliminare completamente i telai pesanti in legno garantendo la medesima tipologia strutturale pareti in X-Lam per tutta l'altezza della struttura. Tale soluzione presenta anche notevoli vantaggi costruttivi derivanti da una minore complessità strutturale e di conseguenza anche una importante ridu-

zione dei costi ad essa correlata.

È previsto, per la struttura del corpo B, il rinforzo della parte di edificio esistente al piano terra e la realizzazione della parte strutturale del primo piano interagente con la parte sottostante. La struttura della sopraelevazione sarà in X-Lam.

L'analisi planimetrica del complesso, sia sotto l'aspetto urbanistico che per quanto riguarda l'impianto architettonico, si propone come estremamente variegata. L'architettura espressa dal costruito presenta numerosi momenti architettonici difficilmente riconducibili a sintesi nell'ipotesi di intervento attuale. La proposta progettuale, dal punto di vista architettonico, mira all'inserimento di elementi d'ordine in modo da costituire, alla percezione visiva, una sensazione "di pausa" interposta tra le evidenze del costruito. Tale operazione è stata facilitata dalle funzioni particolari che il nuovo intervento ospiterà (uffici - ingressi e laboratori); la scelta infatti di staccare architettonicamente questi volumi dal contesto ne rende chiara la percezione e ne identifica immediatamente le funzioni determinando appunto nella percezione dell'insieme.

Si è quindi optato per una proposta progettuale suddivisa in quattro momenti:

FASE 1:

- Demolizione blocco A: la scelta della sostanziale demolizione dell'attuale struttura è stata dettata da considerazioni economiche e strutturali. Si configura infatti come economicamente preferibile un intervento di nuova costruzione se comparato con i maggiori costi imposti dagli adeguamenti strutturali che una ristrutturazione edilizia con previsione di sopraelevazione avrebbe comportato. Si è quindi scelto di optare, per la fase di ricostruzione, per tecnologie di fabbricazione in legno aventi le caratteristiche di ridurre enorme-

mente i tempi di cantiere oltre alle note proprietà di eco sostenibilità;

- Allestimento per adeguamento strutturale del blocco B: vengono effettuati gli scavi e tutte le operazioni propedeutiche alla realizzazione delle fondazioni e dei setti di sostegno del corpo B.

FASE 2:

- Fondazioni blocco A: verranno realizzate nuove fondazioni, una platea dello spessore di 50 cm;
- Rimozione della copertura del blocco B: si andrà a rimuovere completamente la copertura in modo da poter realizzare la sopraelevazione che ospiterà n. 3 nuove aule e un terrazzo su cui verranno posizionate le macchine dell'impianto termofluidico.

FASE 3:

- Montaggio della struttura in legno X-Lam del piano terra del corpo A: la distribuzione planimetrica è stata progettata in modo tal ottimizzare gli spazi e i setti in X-Lam. In questo piano si trovano uffici, spazi per i professori e servizi igienici.
- Adeguamento strutturale del blocco B: si andranno a realizzare dei setti strutturali in c.a. che permettono di distribuir e il peso della struttura in sopraelevazione tra le fondazioni esistenti e quelle nuove, realizzate ad hoc per il piano primo del blocco B.

FASE 4

- Montaggio della struttura in legno X-Lam del piano primo del corpo A: sono

presenti n. 3 nuove aule, il corridoio di distribuzione e un blocco servizi igienici;

- Montaggio della struttura in legno X-Lam del corpo B: sono presenti n. 3 nuove aule, il corridoio di distribuzione e un blocco servizi igienici.

Il dimensionamento degli spazi fin da ora dedicati all'insegnamento è in linea con le superfici minime prescritte dalla vigente normativa per l'edilizia scolastica. Le aule normali sono dimensionate per la capienza massima di 25 alunni, in linea con le attuali normative di riferimento per l'organizzazione dell'attività scolastica.

Relativamente al contenimento dei consumi energetici ed all'impiego di fonti energetiche alternative, nella progettazione si sono adottate soluzioni dei pacchetti di chiusura dell'involucro esterno con prestazioni adeguate alle prescrizioni della norma.

Tecniche costruttive

L'ampliamento sarà realizzato con struttura portante e tamponamenti in legno con tecnologia XLAM, un prodotto in legno composto da almeno tre strati di tavole in legno di conifera reciprocamente incrociati mediante incollaggio; il tutto permette una totale stabilità dimensionale conferendo al prodotto una rigidità che lo rende adeguato agli impieghi strutturali più spinti. L'incollatura è eseguita in qualità controllata E1 con colle prive di formaldeide.

La Serra Bioclimatica

Il progetto prevede che una parte della copertura dell'atrio d'ingresso sia occupata da un giardino d'inverno. Il comportamento bio-climatico di questo tipo di

struttura è assimilabile a quello di una serra solare. Con i dovuti accorgimenti tecnici, a supporto di sistemi performanti sotto il profilo del trattamento dell'aria, questo tipo di soluzione contribuisce a recuperare aria calda all'interno dell'ambiente, da utilizzare poi per condizionare spazi e ambienti del complesso nel periodo invernale. Questo recupero di energia va a tutto vantaggio delle prestazioni energetiche complessive del fabbricato.

È stato progettato come un volume parallelepipedo con copertura inclinata che entra in connessione col sistema di lucernari, costituendo un elemento unico continuo che caratterizza e attraversa il progetto. Il volume parallelepipedo favorisce la manutenibilità e conseguentemente la durabilità degli elementi: la copertura opaca inclinata permette infatti il corretto deflusso delle acque meteoriche e il volume che si apre verso l'esterno completamente vetrato crea un gioco armonico con l'elemento cannocchiale posto in prossimità. Sull'atrio si avrà un doppio volume, dal quale si potranno vedere le piante contenute nella serra. La serra darà accesso alla terrazza, spazio vivo e fruibile nel quale tenere dei vasi e fioriere con le piante da esterno. Serra bioclimatica si configura come una "Edible Room", un laboratorio commestibile dove sperimentare la coltivazione di piante e aromatiche in un ambiente permeato dalla luce naturale. A protezione del terrazzo verrà realizzato un parapetto in vetro mentre la pavimentazione sarà in cemento-resina altamente durevole e resistente.

3.2.3 // Sostenibilità dell'intervento

Le scelte progettuali adottate, relative all'uso di particolari materiali ed impianti, fanno riferimento al soddisfacimento di alcuni obiettivi che determinano il grado di sostenibilità dell'intervento e che si possono brevemente riassumere in:

- salubrità degli ambienti interni;
- impiego razionale di risorse naturali;
- accoglienza e comfort climatico;
- comfort acustico.

La salubrità degli ambienti è garantita:

- dall'impiego di materiali preferibilmente e prevalentemente di origine naturale, certificati e di sicura provenienza;
- dalla corretta ventilazione dei locali in modo che eventuali agenti tossici prodotti durante l'uso dell'edificio vengano agevolmente evacuati. Oltre alla ventilazione naturale, ottenuta mediante le finestre apribili e tale da garantire quanto prescritto dalla normativa vigente, l'edificio sarà dotato anche di un impianto di ventilazione meccanica. Questo consente un controllo dell'aria immessa, regolandone quantità, pulizia e umidità relativa al fine di garantire un ottimo comfort e sanificazione a studenti e professori ed è inoltre dotato di scambiatore di calore ad alta efficienza, in modo da porre attenzione anche al risparmio energetico;
- dal controllo dell'umidità e del calore interni con l'uso di materiali igroscopici ed impianti radianti che migliorino il comfort termico, nello spazio connettivo;
- dalla qualità dell'illuminazione naturale e possibilità di radiazione solare diretta, eventualmente mediata da opportuni schermi per ovviare all'eccessivo irraggiamento nel periodo estivo.

Il razionale uso delle risorse naturali è garantito:

- dal risparmio di energia termica ed elettrica con sistemi di coibentazione

dell'edificio (infissi a tenuta ed a taglio termico, materiali isolanti ma traspiranti, eliminazione dei ponti termici) ed uso della illuminazione naturale;

- dal monitoraggio dei consumi e dalla gestione efficiente dell'edificio;
- dalla riduzione dell'uso di risorse fossili, sostituendola quanto più possibile con fonti energetiche rinnovabili, mediante l'ampio campo fotovoltaico posto in copertura, e comunque a termini di normativa vigente;
- dalla realizzazione di impianto di ventilazione meccanica con recuperatori ad alta efficienza.

L'accoglienza ed il comfort termico fanno riferimento all'impiego di tipologie edilizie ed articolazioni dimensionali, cromatiche e spaziali consone alla giovane utenza, che contribuiscano a rendere la struttura più accogliente e familiare, oltre che a sollecitare positivamente i sensi tattili, uditivi e olfattivi.

Il comfort acustico è garantito:

- dalla compatibilità della scuola con la zona nella quale è inserita;
- dalle caratteristiche dell'involucro esterno, che presenta strati di materiale diverso e con buone caratteristiche fisiche, in rapporto all'argomento trattato;
- alla realizzazione delle partizioni tra aula ed aula con pareti doppie, rispondenti al principio massa – molla – massa;
- alla presenza di soffitti sagomati, in grado di evitare il riverbero.

3.3 // Scelta dei materiali

Il sistema costruttivo individuato persegue un duplice obiettivo:

- integrazione fra l'uso di tecnologie collaudate e soluzioni innovative che consentono di sfruttare le potenzialità offerte dallo sviluppo dell'industria edilizia;
- garantire la qualità di esecuzione dell'opera da parte delle imprese costruttrici.

La qualità dei materiali scelti assicura la durabilità nel tempo dell'organismo edilizio, la facilità della manutenzione e la sicurezza degli utenti. Tali caratteristiche sono garantite sia per i materiali che compongono la struttura dell'edificio, sia per i materiali di finitura e protezione, nella certezza che la qualità delle scelte costruttive comporta notevoli risparmi sui futuri costi di manutenzione. Tale risultato è tanto più importante per l'edilizia pubblica, sia per il suo alto grado di utilizzo, sia per facilitarne il mantenimento e la conservazione minimizzando l'impegno di risorse umane ed economiche.

Un ulteriore elemento di garanzia della qualità tecnico costruttiva dell'intervento è costituito dall'integrazione fra le componenti edilizie ed impiantistiche, al fine di garantire un organismo unitario sia in fase di costruzione, sia in fase di gestione. Tale risultato consente un funzionamento complessivo dell'edificio efficiente, facile da controllare e da gestire e con risparmi nei consumi energetici.

Il progetto ha definito le componenti edilizie in modo da consentire un periodico controllo delle parti strutturali e di tutte le opere e materiali che devono garantire nel tempo le loro caratteristiche funzionali. Gli impianti tecnologici sono caratterizzati da una costante possibilità di controllo sul loro funzionamento e sullo stato di conservazione dei componenti e delle apparecchiature al fine di prevenire malfun-

zionamenti, guasti o situazioni di pericolo.

I principali materiali impiegati sono i seguenti:

- *strutture di fondazione*: cemento armato prefabbricato, tale da garantire, negli spazi sottostanti, un'intercapedine d'aria che garantisce un ambiente salubre, privo di umidità ed una efficace prevenzione alla diffusione del gas radon nelle strutture edilizie;
- *strutture in elevazione*: strutture in legno tipo X-Lam;
- *strutture orizzontali*: in legno tipo X-Lam;
- *manto di copertura*: lamiera di alluminio grecata preverniciata e posizionamento di impianto fotovoltaico integrato, con esposizione verso sud;
- *muratura perimetrale*: pacchetto X-Lam con coibentazione in lana di roccia a cappotto per esterni, con elevata resistenza meccanica agli urti, placcatura coibentata all'interno con lastra in fibrogesso a finire;
- *muratura interna*: pareti in cartongesso. Tale soluzione consente di garantire strutture più performanti dal punto di vista della resistenza meccanica nelle parti frequentate dagli studenti, in modo da minimizzare i costi delle future manutenzioni. Al contempo, le partizioni in fibrogesso, posate sopra alla pavimentazione previa opportuna protezione della stessa, consentono la facile trasformazione futura, qualora gli spazi dovessero in futuro essere riconvertiti e riprogrammati in funzione delle esigenze della popolazione scolastica;
- *pavimenti*: in linoleum negli uffici, nelle aule e negli spazi di collegamento, garantisce contemporaneamente buona percezione visiva e resistenza meccanica. Nei servizi igienici invece la pavimentazione sarà in gres porcellanato;
- *rivestimenti*: piastrelle in ceramica, a rivestimento di tutti i servizi igienici e

relativi antibagno;

- *serramenti esterni*: telaio in alluminio a taglio termico, a doppia camera e vetri termoacustici. I serramenti ad anta saranno dotati anche di apertura a vasistas. Nelle aule e nei laboratori sono previsti serramenti a scorrevole, apribili senza interferire con i banchi e per consentire la didattica esterna.
- *serramenti interni*: porte in alluminio/lamina di acciaio, con colorazioni diverse a seconda della funzione contenuta nella stanza. Le porte tra aula e corridoio saranno insonorizzate.

3.4 // Reti esterne ed interferenze

L'area ove viene collocato il nuovo edificio scolastico è servita da tutti i sottoservizi a rete. Rete di smaltimento acque nere: il sistema di smaltimento risulta posizionato lungo Corso Europa, nella porzione di carreggiata più prossima all'edificio di progetto ed è costituita da tubazioni e camerette di ispezione. Rete di smaltimento acque meteoriche: vale quanto detto al punto precedente.

3.5 // Superfici aeroilluminanti

Il nuovo edificio, oltre alle superfici finestrate per la illuminazione ed aerazione naturale e tali da garantire una superficie aeroilluminante minima pari ad $1/8$ della superficie di pavimento della relativa stanza, sarà inoltre dotato di impianto di aria primaria, costituito da griglie di mandata e ripresa e di scambiatore ad alta efficienza, in grado di garantire il rinnovo d'aria.

LOCALE	SUPERFICIE LOCALE mq	RAPPORTO 1/8	N. APERTURE	DIMENSIONI APERTURE mq	SUPERFICIE ILLUMINANTE mq	SUPERFICIE AERANTE mq	VERIFICA
PIANO TERRA BLOCCO A							
Ufficio open space	80	10,00	9	1,13	16,88	10,13	10,13>10,00
Sala Professori	37	4,63	6	1,13	11,25	7,13	7,13>4,63
Ufficio alunni	24	3,00	2	1,13	3,75	3,13	3,13>3,00
Segreteria	20	2,50	3	1,13	5,63	4,13	4,13>2,50
Ufficio	20	2,50	3	1,13	5,625	4,13	4,13>2,50
PIANO TERRA BLOCCO B							
Aula	57	7,13	6	8,10	8,10	8,10	8,10>7,13
Mensa	185	23,13	18	25,65	25,65	25,65	25,65>23,13
PIANO PRIMO BLOCCO A							
Aula informatica	74	9,25	5	9,88	29,89	9,88	9,88>9,38
Aula	52	6,50	5	1,34	6,68	6,68	6,68>6,50
Aula	58	7,25	6	1,34	8,01	8,01	8,01>7,25
PIANO PRIMO BLOCCO B							
Aula musica	61	7,63	7	9,43	9,43	9,43	9,43>8,09
Aula	64,58	8,07	7	9,43	9,43	9,43	9,43>8,07
Aula	96	12,00	11	14,77	14,77	14,77	14,77>11,94

Tab.1: Rapporti aeroilluminanti

3.6 // Rispondenza alle norme igienico-sanitarie e di sicurezza

L'edificio si sviluppa su due livelli ed i locali principali hanno altezza non inferiore a 3 metri. I servizi igienici riservati agli studenti sono collocati in posizione baricentrica e suddivisi tra maschi e femmine. Si è inoltre progettato un bagno per diversamente abili. Allo stesso modo, anche nella porzione riservata ai professori si è provveduto alla separazione tra maschi e femmine e si è realizzato un terzo bagno, dotato di dimensioni e accessori adeguati a persone con ridotte capacità motorie.

Tutti i servizi sono serviti da acqua corrente calda e fredda, sono rivestiti con materiale lavabile (altezza 2.00 m), dotati di antibagno con lavabo, sempre con rivestimento lavabile. Ove non prevista l'aerazione naturale, è presente impianto di ventilazione meccanica dimensionato per 8 ricambi/h.

Tutti i locali sono dotati di aperture in grado di garantire una superficie aeroillu-

minante minima di 1 mq ogni 8 mq di superficie calpestabile, oltre ad impianto di ventilazione meccanica con canalizzazioni di mandata e ripresa e scambiatori di calore ad alta efficienza.

La copertura, prevalentemente piana, sarà dotata di accesso e di presidi fissi per le manutenzioni in quota in sicurezza secondo la specifica normativa regionale. La dimensione delle murature esterne, le partizioni interne e le caratteristiche dei serramenti consentiranno il rispetto dei requisiti acustici passivi dell'edificio.

3.7 // Superamento delle barriere architettoniche

Il nuovo edificio è stato progettato per rispondere alla caratteristica di accessibilità, ai sensi della vigente normativa nazionale e regionale in materia di superamento delle barriere architettoniche, sia per gli spazi interni, sia per gli spazi esterni.

Percorsi esterni

I percorsi esterni saranno piani o con pendenze inferiori al 5%, privi di dislivelli che possano ostacolare il transito di una persona su sedia a ruote e pavimentati in modo da consentire un percorso agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotte o impedito capacità motorie o sensoriali; i percorsi saranno pavimentati con materiale antisdrucciolo; il parcheggio esterno è dotato di 2 stalli dimensionati per persone su sedia a ruote.

Percorsi e caratteristiche interne

Le porte di accesso sono di dimensioni nette superiori a 90 cm e le porte di accesso alle singole unità ambientali sono di dimensione nette pari o superiori a 80

cm. In particolare le porte di accesso alle singole aule hanno dimensione netta di cm 120; gli spazi antistanti e retrostanti le porte sono dimensionati nel rispetto dei minimi previsti e le porte delle aule sono arretrate rispetto al filo delle stanze, in modo da non impegnare i corridoi anche quando sono aperte; i pavimenti saranno complanari; eventuali contenute differenze non supereranno cm 2.5.

E' prevista la realizzazione di servizi igienici per diversamente abili distinti per studenti e personale della scuola. Tali servizi sono dotati di tazza sospesa e lavabo a mensola, maniglioni per favorire la movimentazione degli utenti e specchio inclinabile, miscelatore con acqua calda e fredda e doccia per l'igiene intima i corridoi di collegamento hanno larghezza minima superiore a cm 120, presentano allargamenti in corrispondenza delle porte di accesso alle singole stanze e consentono l'inversione di marcia alle persone su sedia a ruote.

3.8 // Riferimenti normativi

I riferimenti normativi in relazione agli interventi si articolano su più livelli:

- l'esecuzione dell'edilizia scolastica;
- l'efficienza complessiva dell'immobile dal punto di vista impiantistico e del risparmio energetico, della sicurezza ed in materia di superamento delle barriere architettoniche;
- la rispondenza ai requisiti relativi alla progettazione delle opere pubbliche sia in ambito nazionale che regionale;
- la rispondenza alle norme di P.R.G. e di tutela ambientale.

In materia di opere pubbliche:

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture - (G.U. n. 91 del 19 aprile 2016);
- ANAC - Linee Guida di attuazione del D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50;
- D.P.R. 207/2010 Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.

In materia di Edilizia scolastica:

- D.M. 18 dicembre 1975 e ss.mm.ii. - Norme Tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica;
- Legge 11 gennaio 1996 n. 23;
- Linee Guida MIUR 2013.

3.9 // Caratteristiche tecniche dei materiali**3.9.1 // Descrizione della struttura e criteri di progetto - CORPO 1**

La struttura portante dei carichi verticali del Corpo 1, derivanti dai solai, dai tamponamenti esterni e dalla copertura, è costituita da pareti

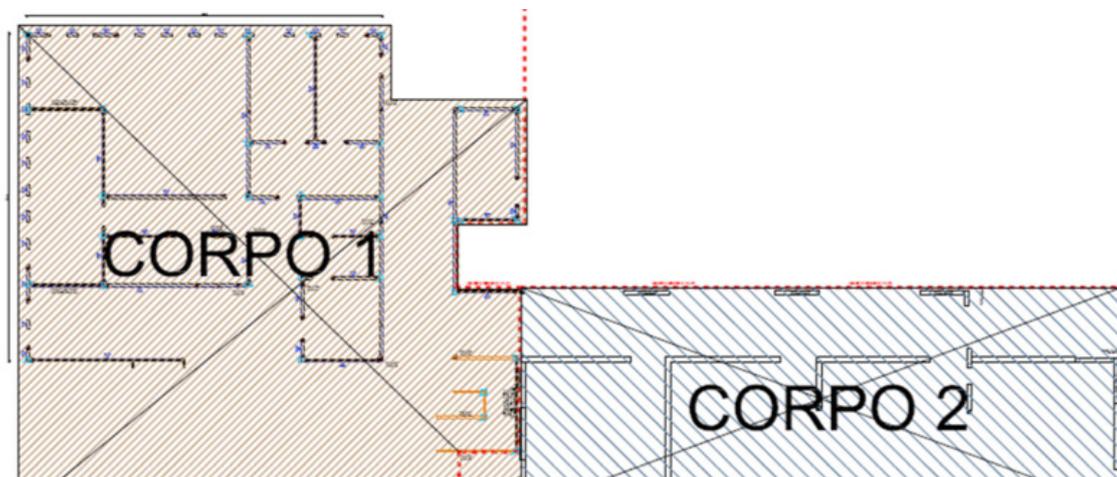


Fig.6: Suddivisione Corpo 1 e Corpo 2

La struttura portante nei confronti dei carichi verticali del Corpo 1, derivati dai solai, dai tamponamenti esterni e dalla copertura, è costituita da pareti a pannelli in X-Lam di spessore pari a 120 mm a 5 strati (30V-20H-20V-20H-30V) al piano terra e pari a 100 mm a 5 strati (20V-20H-20V-20H-20V) al piano primo. Sono inoltre presenti pilastri in legno lamellare GL24h di sezione pari a 20 x 20 cm e 16 x 16 cm nonché pilastri in acciaio di classe S275 JR.

Il solaio intermedio è realizzato da pannelli in X-Lam di spessore pari a 180 mm a 5 strati (40L-30T-40L-30T-40L) mentre il solaio di copertura è realizzato mediante pannelli in X-Lam di spessore pari a 220 mm a 7 strati (40L-40L-20T-40L-20T-40L-40L) e spessore pari a 180 mm a 5 strati (40L-30T-40L-30T-40L). Il solaio della terrazza è realizzato mediante pannelli in X-Lam di spessore pari a 300 mm a 8 strati (40L-40L-30T-40L-40L-30T-40L-40L). Le travi di supporto dei solai sono realizzate in legno lamellare GL24h e in acciaio di classe S275 JR. Alcune architravi sono realizzate mediante travi in X-Lam con il medesimo spessore della parete adiacente, dunque pari a 120 mm a 5 strati (30H-20V-20H-20V-30H) al piano terra e pari a 10 cm a 5 strati (20H-20V-20H-20V-20H) al piano primo. È bene precisare come l'orientazione degli strati esterni di tali architravi è orizzontale (H) e dunque con

orientazione 90° rispetto a quelle delle pareti adiacenti.

Le verifiche nei confronti dei carichi orizzontali sono state condotte per il carico da sisma e da vento. Gli elementi strutturali considerati resistenti alle azioni orizzontali sono le pareti in X-LAM collegate alla struttura di fondazione mediante ancoranti metallici. Non sono state considerate come resistenti alle azioni orizzontali le pareti in falso.

Per l'edificio si è assunto un comportamento scarsamente dissipativo, adottando dunque un fattore di struttura pari a 1,5 in accordo al punto 7.7.1 delle NTC08. Le verifiche allo SLE (Stato Limite di Esercizio) sono state effettuate controllando che lo spostamento d'interpiano risultasse inferiore del limite da normativa posto pari a $2/3$ di $0,005 h$, con h altezza d'interpiano. Le analisi sono state effettuate mediante un'analisi dinamica modale con spettro di risposta.

La struttura di fondazione è stata realizzata mediante una platea di spessore pari a 40 cm, che è stata scelta al fine di soddisfare le verifiche al carico limite del terreno e di limitare i cedimenti differenziali e assoluti della struttura.

La struttura è progettata come struttura rilevante, con riferimento ad una vita nominale V_n pari a 50 anni ed una classe d'uso III, corrispondente ad una vita di riferimento V_R pari a 75 anni.

L'edificio è progettato al fine di soddisfare una resistenza al fuoco pari a R60, pertanto tutte le strutture dovranno essere realizzate in modo da soddisfare il requisito minimo di resistenza al fuoco R60 secondo le normative vigenti, salvo eventuali caratteristiche più restrittive prescritte dagli elaborati del Progetto Esecutivo. La verifica degli elementi di solaio in legno è avvenuta considerando la sezione efficace degli elementi in legno resistente dopo l'avvenuta carbonatazione esterna. La resistenza al fuoco delle travi e delle pareti in X-Lam è garantita dalla placcatura

con doppia lastra in cartongesso.

3.9.2 // Descrizione della struttura e criteri di progetto - CORPO 2

Le opere di ristrutturazione e sopraelevazione del Corpo 2 sono caratterizzate dalla demolizione delle parti sottotetto del primo piano e la realizzazione di un piano in legno al medesimo livello per la realizzazione di nuovi spazi da adibire ad aule scolastiche. In accordo al capitolo 8 delle NTC08 tutti gli interventi strutturali (demolizione, ricostruzione e rinforzo) sono stati concepiti al fine di ottenere un adeguamento sismico e strutturale dell'intero corpo. Trattasi infatti di un intervento classificabile come sopraelevazione. Per tale ragione è necessario procedere non solo con la progettazione dei nuovi interventi ma anche all'indagine conoscitiva e alla valutazione strutturale degli elementi strutturali esistenti.

Gli interventi previsti sono i seguenti:

- Demolizione del piano sottotetto costituito da copertura inclinata in latero-cemento e muri portanti e muretti di tamponamento con laterizi forati.
- Demolizione del solaio intermedio in latero-cemento con cappa collaborante pari 4 cm e dei cordoli.
- Realizzazione del solaio intermedio con struttura mista legno-calcestruzzo con travi in legno lamellare GL24h di sezione pari a 16x32 cm ad interasse pari a 60 cm e cappa collaborante da 60 mm.
- Realizzazione della struttura portante del nuovo primo piano mediante pareti a pannelli in X-Lam di spessore pari a 100 mm a 5 strati (20V-20H-20V-20H-20V) al piano primo e struttura di copertura con travetti in legno lamellare GL24h 16x28 interasse 62.5 cm con doppio O"B/3 da 15 mm.

- Realizzazione di nuove pareti in c.a. al piano terra di spessore pari a 25 cm in breccia ai muri portanti esistenti di spessore pari a 26 cm costituiti da blocchi in laterizio semipieno, volte all'adeguamento sismico della struttura, e realizzazione dei nuovi cordoli.
- Valutazione strutturale dei muri portanti esistenti di spessore pari a 26 cm costituiti da blocchi in laterizio semipieni.
- Realizzazione delle nuove opere di fondazione delle pareti in c.a con micropali di diametro pari a 12 cm.

L'analisi sismica del corpo nella situazione di progetto è stata effettuata assumendo un comportamento non dissipativo, adottando dunque un fattore di struttura q pari a 1.0 in accordo alle NTC08, poiché la struttura è classificabile come mista. La resistenza sismica è infatti affidata sia alle pareti in c.a. che ai muri esistenti in muratura al piano terra, e alle pareti in X-Lam al piano superiore. Le verifiche allo SLE sono state effettuate controllando che lo spostamento d'interpiano risultasse inferiore del limite da normativa posto pari a $2/3$ di $0,003h$, con h altezza d'interpiano. Le analisi sono state effettuate mediante un'analisi dinamica modale con spettro di risposta.

Le verifiche strutturali sugli elementi esistenti (muri portanti al piano terra e fondazioni) è avvenuta in accordo al capitolo 8 (edifici esistenti) in relazione alle informazioni ottenute dall'indagine conoscitiva sulla geometria e sulle caratteristiche dei materiali. È bene precisare come, in relazione alla limitata possibilità di accesso alla struttura nelle fasi indagini, sarà compito della Direzione Lavori e dell'impresa esecutrice confermare le ipotesi progettuali in merito alla resistenza meccanica dei muri portanti, così come espressamente riportato in tale relazione e nelle tavole

progettuali. Tali operazioni di indagine dovranno essere effettuate durante le fasi di demolizione delle opere strutturali adiacenti.

La struttura è progettata come struttura rilevante, con riferimento ad una vita nominale V_n pari a 50 anni ed una classe d'uso III, corrispondente ad una vita di riferimento V_R pari a 75 anni.

L'edificio è progettato al fine di soddisfare una resistenza al fuoco pari a R60, pertanto tutte le strutture dovranno essere realizzate in modo da soddisfare il requisito minimo di resistenza al fuoco R60 secondo le normative vigenti, salvo eventuali caratteristiche più restrittive prescritte dagli elaborati del Progetto Esecutivo.

3.9.3 // Normativa di riferimento

La costruzione oggetto della presente relazione è stata progettata in conformità agli standard richiesti dalle attuali normative italiane e, dove queste sono carenti, sono state integrate con quanto riportato negli Eurocodici. In particolare sono state seguiti le normative riportate in seguito:

- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DM 14 GENNAIO 2008 e relativa CIRCOLARE ESPLICATIVA.
- D.G.R. 28 novembre 2003, n. 3645 della regione Veneto.
- UNI EN 1998-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1 – 1: regole generali – regole e per gli edifici.
- UNI EN 1992 -1-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1 – 1: regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio.
- DECRETO 16 febbraio 2007: Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti

ed elementi costruttivi di opere da costruzione. (GU n. 74 del 29-3-2007-
“uppl. Ordinario n. 87).

- CNR DT206/2007 (28.11.2007 -rev. ottobre 2008) “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo delle “trutture di Legno”.
- UNI EN 338 Legno strutturale - Classi di resistenza, Comitato Europeo di Normazione.
- UNI EN 14080- “trutture di legno - Legno lamellare incollato - Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici.
- UNI EN 1995-1-1: Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1-2: Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l’incendio.
- EN 1993-1-1: Eurocodice 3 -Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

3.9.4 // Materiali impiegati, caratteristiche meccaniche, classe di esposizione

ELEMENTI IN LEGNO

Legno lamellare

Il legno lamellare incollato è costituito da almeno tre tavole o lamelle essiccate e incollate tra loro con le fibre parallele. Prima di essere incollate, le lamelle vengono classificate secondo la



resistenza in modo visivo o meccanico e piallate. La colla utilizzata deve soddisfare

i requisiti della UNI EN 301 o EN 15425 per i componenti di legno con funzioni portanti. Le caratteristiche meccaniche degli elementi in lamellare sono conformi alle classi di resistenza riportate nella normativa di riferimento (UNI EN 14080:2013 - Strutture di legno - Legno lamellare incollato e legno massiccio incollato - Requisiti) e riassunti nella figura sottostante.

Pannelli X-Lam

L'X-Lam o CLT è un materiale composto da almeno tre strati di tavole di legno di conifera incrociate e incollate fra loro. Prima di essere incollate, le singole tavole vengono piallate e classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico. La sezione deve avere una struttura simmetrica. Le singole tavole possono essere incollate sui bordi e giuntate in direzione longitudinale mediante giunti a pettine.

Il pannello utilizzato deve essere conforme alla Normativa ETA di cui il produttore dovrà essere dotato. Le caratteristiche geometriche dei pannelli (spessore ed orientazione degli strati) nonché le caratteristiche meccaniche delle tavole sono

Table 5 — Characteristic strength and stiffness properties in N/mm² and densities in kg/m³ for homogeneous glulam

Property	Symbol	Glulam strength class						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Bending strength	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tensile strength	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Compression strength	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Shear strength (shear and torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rolling shear strength	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulus of elasticity	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Shear modulus	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rolling shear modulus	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Density	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

Fig. 7: Materiali. Classe di resistenza legno.png

riportate negli elaborati grafici.

ELEMENTI IN ACCIAIO

Per gli elementi in acciaio che collegano differenti parti della struttura di legno si utilizza sempre materiale appartenente ad una delle classi riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni ed in seguito riassunte.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico	$E = 210.000$	N/mm^2
modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)]$	N/mm^2
coefficiente di <i>Poisson</i>	$\nu = 0,3$	
coefficiente di espansione termica lineare (per temperature fino a 100 °C)	$\alpha = 12 \times 10^{-6}$	per °C ⁻¹
densità	$\rho = 7850$	kg/m ³

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550

BULLONI E BARRE FILETTATE

Le classi dei bulloni e delle barre filettate previste dalla norma UNI EN 20898-1 sono le seguenti:

Le barre filettate utilizzate avranno un filetto del tipo a passo grosso secondo UNI 5542 e UNI 5543. L'area della sezione resistente viene desunta dalla seguente tabella:

Classe	Res. a taglio ($f_{k,v}$)	Res. a trazione/compressione ($f_{k,N}$)	Res. a snervamento (f_y)	Res. ultima (f_t)	Allungamento % (A%)
4.6	170 MPa	240 MPa	240 MPa	400 MPa	22
5.6	212 MPa	300 MPa	300 MPa	500 MPa	20
6.8	255 MPa	360 MPa	480 MPa	600 MPa	16
8.8	396 MPa	560 MPa	640 MPa	800 MPa	12
10.9	495 MPa	700 MPa	900 MPa	1000 MPa	9
12.9	594 MPa	840 MPa	1080 MPa	1200 MPa	8

ADESIVI

Gli adesivi impiegati garantiscono una resistenza ed una durabilità tali da garantire l'integrità dell'incollaggio durante tutta la vita prevista degli elementi strutturali, rispettando le indicazioni contenute al capitolo 11.7 delle NTC 2008 e al capitolo 5 del documento CNR-DT 206: in particolare gli adesivi di natura chimica diversa dagli adesivi fenolici ed amminoplastici devono soddisfare le specifiche previste dalla norma UNI EN 301 e, in aggiunta, devono essere testati nei confronti del comportamento allo scorrimento viscoso.

L'utilizzo di elementi in legno lamellare e X-Lam realizzati con collanti a base poliuretanica consente di ottenere una struttura in cui non solo si hanno limitate quantità di adesivo rispetto al volume dell'elemento, ma si ha la totale assenza di emissioni di formaldeide libera. Si tratta in genere di adesivi a base di poliuretani monocomponenti: il componente reattivo è un isocianato che, quando viene applicato al legno, in parte reagisce con l'umidità trasformandosi in anidride carbonica e ammina, la quale a sua volta reagisce con l'isocianato rimasto formando una resina poliuretanica. Si hanno quindi adesivi non contenenti solventi che emettono semmai CO₂ (e non formaldeide).

SISTEMI DI CONNESSIONE

Filettatura	Sezione resistente nominale (As _{nom}) [mm ²]
M 3	5.03
M 3.5	6.78
M 4	8.78
M 5	14.2
M 6	20.1
M 7	28.9
M 8	36.6
M 10	58
M 12	84.3
M 14	115
M 16	157
M 18	192
M 20	245
M 22	303
M 24	353
M 27	459
M 30	561
M 33	694
M 36	817

Le viti ed i sistemi di giunzione impiegati devono essere in possesso di idonee certificazioni e/o omologazioni rilasciate da enti abilitati e riconosciuti all'interno della comunità europea. La posa in opera deve essere effettuata nel rispetto delle indicazioni fornite dalle schede tecniche rilasciate dal produttore sia per quanto riguarda la collocazione geometrica che per gli strumenti di posa.

Le viti devono essere di tipo auto-forante e devono essere in possesso di apposite certificazioni che ne individuino le caratteristiche geometriche e meccaniche sia per quanto riguarda il materiale di cui sono composte che per le capacità resistenti in funzione della specie legnosa.

I bulloni e gli spinotti devono rispettare i requisiti minimi forniti da normative di comprovata validità. Gli ancoraggi per cemento armato (sia chimici che meccanici) devono essere in possesso di Marcatura CE o comunque avere dei certificati rilasciati da enti abilitati.

Tutti gli altri sistemi di giunzione "particolari" (che presentano, cioè, caratteristiche differenti o migliori di quelle riportate nelle normative vigenti) devono essere

in possesso certificazioni rilasciate da enti abilitati; tali documenti devono comprovare le proprietà dichiarate attraverso test sperimentali effettuati presso laboratori autorizzati e dimostrare l'osservanza dei margini di sicurezza riportati nelle vigenti normative.

Nel caso in cui tali sistemi di giunzione non dispongano di omologazione, si prescrive comunque che debbano rispettare geometricamente i requisiti previsti dalle norme vigenti in termini di interassi minimi dei fori ed avere dei meccanismi di funzionamento e rottura facilmente individuabili nel rispetto dell'equilibrio e della conformità previsti dal teorema statico dell'analisi limite.

Eventuali giunti di carpenteria realizzati per la giunzione tra trave secondaria e principale quali il coda di rondine e le tasche sono da considerarsi solo come ausilio al montaggio salvo il fatto che se ne valuti e verifichi attentamente il reale comportamento; pertanto con tali unioni bisogna sempre prevedere l'inserimento di minimo due elementi metallici per giunzione.

ELEMENTI IN C.A.

Si riportano le caratteristiche meccaniche dei materiali (cls e acciaio per barre d'armatura) utilizzati in fase di progetto come quanto riportato nelle NTC.

Le condizioni ambientali della struttura sono caratterizzate da umidità moderata. Non essendo presenti altri potenziali rischi legati ad agenti esterni si assume un classe di esposizione XC1 per le strutture fuori terra e XC2 per le strutture interrato e le fondazioni. Tale classe di esposizione viene classificata come ordinaria nella tabella 4.1.III.

Calcestruzzo classe C28/35

La classe scelta rispetta la prescrizione imposta per costruzioni in zona sismica per le quali la classe minima è la C20/25 (punto 7.4.2.1, DM08). Dalle formule riportate al punto 11.2.10 vengono ricavate le seguenti resistenze caratteristiche e medie:

- Resistenza caratteristica cubica a compressione:

$$R_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

- Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 0.83 \cdot 35 = 29.1 \text{ MPa}$$

- Resistenza media cilindrica a compressione:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 29.1 + 8 = 37.1 \text{ MPa}$$

- Resistenza media cilindrica a trazione per classi <C50/60:

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 0.30 \cdot 29.1^{(2/3)} = 2.83 \text{ MPa}$$

- Resistenza caratteristica cilindrica a trazione:

$$f_{ctk5\%} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 0.7 \cdot 2.83 = 1.99 \text{ MPa}$$

- Resistenza media a trazione per flessione:

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 1.2 \cdot 2.83 = 3.40 \text{ MPa}$$

- Modulo elastico:

$$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 32600 \text{ MPa}$$

- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo:

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1.99 = 4.48 \text{ MPa}$$

essendo pari a 1 in quanto tutti i diametri delle barre utilizzate risultano inferiori a 32 mm. Nel caso in cui l'ancoraggio viene effettuato in zone in cui il cls è teso tale valore deve essere diviso per un fattore 1.5, ottenendo dunque un valore pari a 2.995MPa.

Per la progettazione e verifica agli “LU viene fatto riferimento a quanto riportato al punto 4.1.2.1, DM08:

- Resistenza di calcolo a compressione:

$$f_{cd} = \alpha_{cc}(f_{ck}/\gamma_c) = 0.85(29.1/1.5) = 16.50 \text{ MPa}$$

- Resistenza di calcolo a trazione:

$$f_{tcd} = (f_{ctk}/\gamma_c) = (1.99/1.5) = 1.33 \text{ MPa}$$

- Resistenza tangenziale di aderenza acciaio - cls di calcolo:

$$f_{bd} = (f_{bk}/\gamma_c) = (4.48/1.5) = 2.99 \text{ MPa}$$

- Il modello di calcolo della tensione-deformazione del calcestruzzo viene utilizzato il modello parabola-rettangolo come riportato al punto 4.1.2.1.2.2:
- I valori delle deformazioni assunte risultano pari a:

$$\varepsilon_{c2} = 2\text{‰}, \varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰}$$

Per la progettazione e verifica agli “LE viene fatto riferimento a quanto riportato al punto 4.1.2.2.5.1, delle NTC08:

- La massima tensione di compressione del calcestruzzo in combinazione rara risulta essere pari:

$$\sigma_{c,rara} = 0.60 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 29.1 = 17.46 \text{ MPa}$$

- La massima tensione di compressione del calcestruzzo in combinazione quasi permanente risulta essere pari:

$$\sigma_{c,qp} = 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 29.1 = 13.1 \text{ MPa}$$

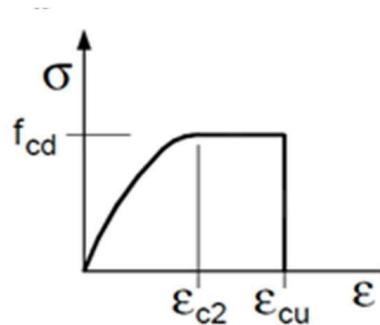


Fig.8: Diagramma tensione-deformazione del cls di progetto

Acciaio per barre d'armatura B450C

Dalle formula riportate al punto 11.3.2 vengono ricavate le seguenti resistenze caratteristiche e medie:

- Resistenza caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

- Resistenza caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$$

- Modulo elastico:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Per la progettazione e verifica agli "LU viene fatto riferimento a quanto riportato al punto 4.1.2.1, DM08:

- Resistenza di calcolo a trazione:

$$f_{yd} = (f_{yk} / \gamma_c) = (450 / 1.15) = 391.3 \text{ MPa}$$

- Il modello di calcolo della tensione - deformazione dell'acciaio viene utilizzato il modello elasto-perfettamente plastico indefinito come riportato al punto 4.1.2.1.2.2:

- Il valore delle deformazioni elastiche di progetto risulta pari a:

$$\epsilon_{yd} = (f_{yd} / E_s) = (391.3 / 210000) = 1.86\%$$

- Il valore caratteristico di deformazione viene assunto pari a:

$$\varepsilon_{yk} = (f_{yk}/E_s) = (450/210000) = 2.14\%$$

Per la progettazione e verifica agli “LE viene fatto riferimento a quanto riportato al punto 4.1.2.2.5.2, DM08:

- La tensione di trazione massima dell'acciaio in combinazione rara risulta essere pari:

$$\alpha_{s,rara} = 0.80 \cdot f_{yk} = 0.80 \cdot 450 = 360 \text{ MPa}$$

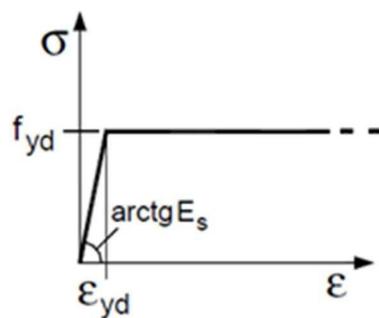


Fig.9: Diagramma tensione-deformazione dell'acciaio di progetto

3.9.5 // Classe di esposizione e durabilità dei materiali

Al fine di garantire un adeguato comportamento della struttura in fase di esercizio, diviene fondamentale garantire che i particolari costruttivi dell'opera siano adeguati alle condizioni ambientali presenti. Particolare importanza assumono in questo senso, nel caso di opere con struttura portante in c.a., il copriferro dell'armatura, la classe del calcestruzzo impiegato e il controllo della fessurazione.

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.1.6.1.3, DM08 il valore del copriferro deve essere scelto in modo tale da fornire un'adeguata protezione alle barre d'armatura contro la corrosione in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della

sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo conto delle tolleranze di posa delle armature (generalmente assunte pari a 10 mm).

Assumendo per l'edificio in esame una condizione ambientale ordinaria (classe di carbonatazione XC1 e XC2) e una classe di calcestruzzo pari a C28/35, dalla tabella C.4.1.IV della circolare esplicativa si può dedurre come il copri ferro minimo per barre da c.a. negli altri elementi strutturali deve essere rispettivamente assunto maggiore di 25 mm. Tenendo conto della tolleranza di posa pari a 10 mm, si adotta dunque un valore unico per tutti gli elementi pari a 35 mm.

3.10 // Requisiti acustici

3.10.1 // Normativa di riferimento

I criteri e le procedure atte alla valutazione del clima acustico, fanno riferimento a quanto segue:

- Legge Quadro n. 447/95 : “Legge quadro sull’inquinamento acustico”;
- Legge Regionale n. 52 del 20 ottobre 2000: “Disposizioni per la tutela dell’ambiente in materia di inquinamento acustico”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 297, 22/12/1997;
- UNI/TR 11175:2005 “Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale”;
- Circolare ministeriale del 22 maggio 1967:”criteri di valutazione e collaudo

dei requisiti acustici negli edifici scolastici”;

- Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975: Norme tecniche aggiornate relative all’edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica;
- Norma UNI11367 Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera;
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

3.10.2 // Requisiti acustici passivi

I parametri acustici richiesti dal DPCM 5 dicembre 1997 (“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”), emanato in attuazione alla Legge quadro sull’inquinamento acustico n.447 al fine di ridurre l’esposizione umana al rumore, sono i seguenti:

- indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti ($R'w$)
- indice dell’isolamento acustico normalizzato di facciata ($D2m,nT,w$)
- indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L'T,w$)
- livello massimo di rumore prodotto dagli impianti tecnologici a servizio discontinuo (LAS_{max})
- livello equivalente di rumore prodotto dagli impianti tecnologici a servizio continuo (LA_{eq})

Nella prima tabella che segue sono riportati i valori limite richiesti dal Decreto, per i requisiti acustici passivi, in relazione alle diverse tipologie di classificazione degli ambienti abitativi elencati nella tabella 2.

Classificazione degli ambienti abitativi	R'w	D2m,n- T,w	L'nT,w	LASmax	LAeq
Ospedali, cliniche, case di cura o assimilabili / D	55	45	58	35	25
Residenze o assimilabili ed alberghi, pensioni con attività assimilabili / A-C	50	40	63	35	35
Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili / E	50	48	58	35	25
Uffici, attività ricreative o di culto, attività / B-F-G	50	42	55	35	35

Tab.2: Valori limite richiesti dal decreto

categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Tab.3: Classificazione degli ambienti

Nella tabella 3 si riportano le prestazioni acustiche richieste dal Decreto 18/12/75 (norme tecniche per l'edilizia scolastica).

Requisito	Indice di valutazione dB
Isolamento acustico fra due aule adiacenti sullo stesso piano	40
Isolamento acustico fra due aule sovrapposte	42
Livello di rumore di calpestio fra due aule sovrapposte	68

Tab.4: Criteri di Valutazione e Collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici - Circolare Ministeriale del 22/05/1967

Inoltre si precisa che, secondo quanto la rumorosità dei servizi, determinata dal massimo livello (A) misurato, non dovrà superare i seguenti limiti.

- servizi a funzionamento discontinuo ponderato A = 50 dB (A)
- servizi a funzionamento continuo ponderato A = 40 dB (A)

Per quanto concerne il tempo di riverbero, si precisa che, secondo quanto indicato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 3150 del 22 maggio 1967,

la media dei tempi di riverbero non deve superare 1,2 sec. in aula arredata, con la presenza di due persone al massimo. I limiti di accettabilità del tempo di riverbero forniti dall'OMS nel 1977 e nel 1985 per le scuole sono compresi tra i 0.6 e 0.8 sec (vedi tabella 4).

<i>Tipo di ambiente</i>	<i>Tempo di riverbero (s)</i>
Scale, vestiboli	≤ 1,5
Corridoi	≤ 1,0
Aule, Laboratori	0,6 - 0,8
Palestre, Uffici	≤ 1,5
Refettori, Cucine	≤ 1,0

Tab.5: Limiti di accettabilità del tempo di riverbero forniti dall'OMS.

Pur considerando i tempi massimi di riverbero indicati dall'OMS, si raccomanda che questo valore non scenda al di sotto di 0,4 s per assicurare l'intelligibilità del suono anche in fondo all'aula.

In base a quanto specificato nel Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, si precisa che l'isolamento acustico dovrà essere garantito fra ambienti ad uso didattico adiacenti e sovrastanti, aventi normale o particolare destinazione, anche a titolo saltuario (come: ad esempio aule speciali, officine, laboratori, ecc.).

Infine si sottolinea che le divisioni tra ambienti vengano realizzate con elementi movibili o scorrevoli, in osservanza ai criteri di flessibilità di cui alle presenti norme, non è necessaria l'effettuazione delle misure di isolamento acustico fra i detti ambienti.

Per quanto concerne le scuole o le aule di determinato tipo e ubicazione destinate a insegnamento particolare (sale di musica, auditori, sale di musica, sale di spettacolo, ecc.), possono essere richiesti valori più elevati dell'isolamento acustico. A tale proposito i valori di riferimento per i requisiti acustici degli edifici scola-

stici sono reperibili nella norma UNI 11367, fermi restando i valori limite previsti dalla legislazione vigente. La norma UNI 11367 contiene indicazioni sui requisiti prestazionali definiti “di base” e “superiori”. Sono pertanto forniti specifici valori di riferimento per vari descrittori dell’isolamento acustico come, ad esempio, l’isolamento acustico di facciata, il potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti, l’isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi. Nella norma viene inoltre specificato che il livello sonoro immesso da un impianto a servizio di un’aula o di aule polifunzionali separate da strutture mobili, deve essere valutato all’interno di ambienti acusticamente verificabili diversi dall’ambiente servito.

<i>Requisito</i>	<i>Prestazione di base</i>	<i>Prestazione superiore</i>
Descrittore dell’isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	≥ 50	≥ 55
Descrittore dell’isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ [dB]	≥ 45	≥ 50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $L'_{n,w}$ [dB]	≥ 63	≥ 53

Tab.6: Requisiti acustici passivi delle scuole secondo la UNI 11367: Prestazioni di base e superiore

<i>Requisito</i>	<i>Descrittore dell’isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture, $D_{nT,w}$ [dB]</i>
Prestazione ottima	≥ 34
Prestazione buona	≥ 30
Prestazione di base	≥ 27
Prestazione modesta	≥ 23

Tab.7: Requisiti acustici delle scuole secondo la UNI 11367: prestazioni di isolamento rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo

3.10.3 // Descrizione e finalità del progetto

Il progetto prevede sostanzialmente, dal punto di vista acustica, quanto segue:

- la realizzazione di locali posti al piano terra destinati sostanzialmente ad uffici, sala riunione e sala professori con i relativi locali accessori come ad esempio ripostigli, servizi igienici;
- la realizzazione di 6 aule scolastiche al piano primo, di cui una è destinata all'informatica ed un'altra è destinata a sala musica.

Nella tabella 7 si riportano le caratteristiche geometriche delle varie aule destinate allo svolgimento delle attività didattiche.

<i>Prog.</i>	<i>Descrizione locale</i>	<i>Superficie</i>	<i>Volume (mc)</i>
1	Sala informatica	73,7	235,84
2	Aula	52,2	167,04
3	Aula	57,0	182,4
4	Sala musica	96,0	307,2
5	Aula	63,5	203,2
6	Aula	60,7	194,24

Tab.8: Caratteristiche geometriche delle aule

Per quanto concerne la sala musica, si fa presente che essa confina con un'aula destinata ad attività didattica. Non si hanno informazioni precise sulle tipologie delle attività da svolgere all'interno del locale, tuttavia, nel caso in cui si intende usare strumenti musicali particolari, si rende necessaria garantire un isolamento acustico decisamente superiore a quello che è prevista nel progetto. Per l'isolamento rispetto ai rumori prodotti da urti e necessario che le strutture di separazione, sia orizzontali che verticali, siano il più possibile disgiunte fra di loro, in modo da ridurre la propagazione sonora per via solida attraverso le strutture stesse.

Nel caso in cui le attività consistono nell'insegnamento della musica con l'utilizzo saltuario degli strumenti come ad flauto o chitarra per una breve durata. Il livello

di pressione sonore percepibile nell'aula adiacente è stimabile in 35 dB(A) in caso contrario, al fine di raggiungere questi obiettivi la soluzione migliore è quella di realizzare un doppio involucro, la cosiddetta "box in a box", con doppie pareti completamente disaccoppiate in modo da annullare le trasmissioni laterali del suono.

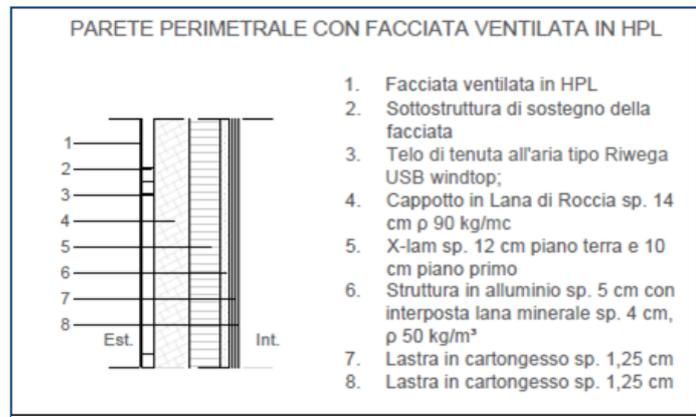
A tale proposito si riportano nella tabella 8 i livelli tipici di strumenti musicali che si possono utilizzare durante lo svolgimento delle attività didattiche in questo campo. Rimane a discrezione del committente decidere la soluzione da adottare in base alle attività da svolgere all'interno della sala musica.

<i>Strumento</i>	<i>Livello equivalente di pressione sonora ponderata A, LAeq, durante un'esercitazione individuale</i>
Violino	90 dB(A)
Viola	90 dB(A)
Violoncello	84 dB(A)
Contrabbasso	81 dB(A)
Arpa	87 dB(A)
Clarinetto	92 dB(A)
Oboe	85 dB(A)
Fagotto	87 dB(A)
Flauto	91 dB(A)
Como	93 dB(A)
Tromba	93 dB(A)
Trombone	96 dB(A)
Tuba	93 dB(A)
Batteria	93 dB(A)

Tab.9: Caratteristiche geometriche delle aule

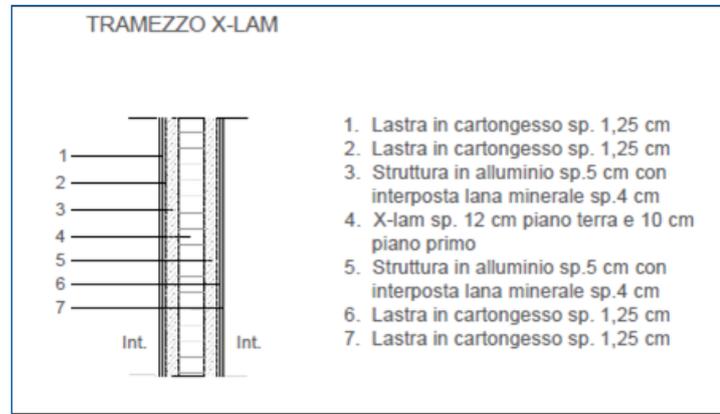
Le caratteristiche costruttive degli elementi previsti per la realizzazione dell'edificio scolastico sono riportate nel seguito.

Scheda 01: S11 Parete perimetrale con facciata ventilata



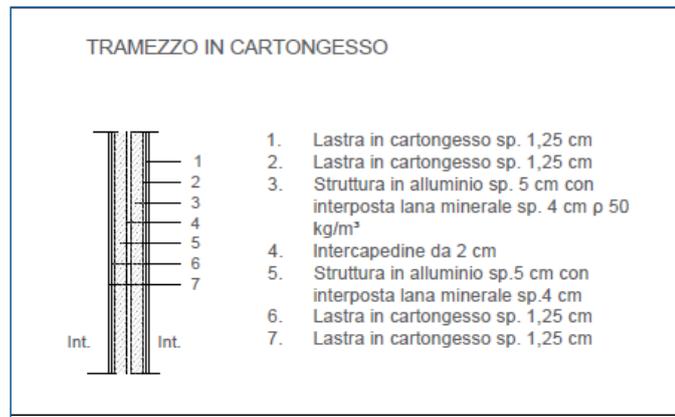
L'indice del potere fonoisolante RW della struttura risulta essere superiore a 69 dB.

Scheda 02: T1 Tramezzo X-LAM



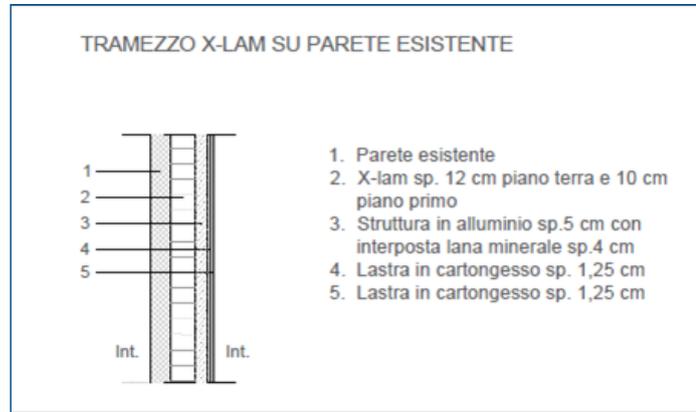
L'indice del potere fonoisolante RW della struttura risulta essere superiore a 65 dB.

Scheda 03: T2 Tramezzo in cartongesso



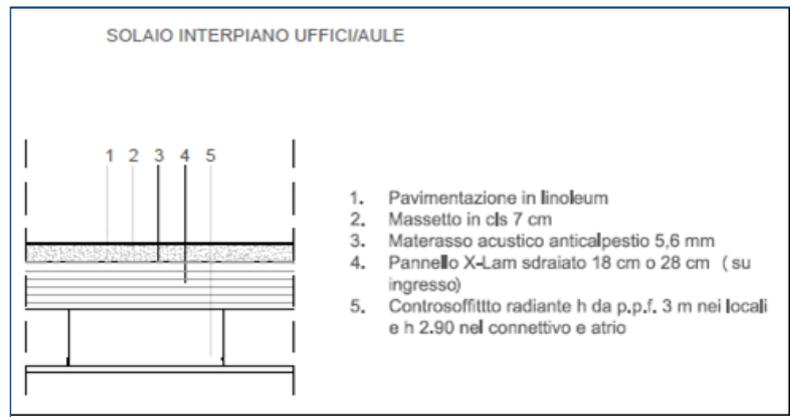
L'indice del potere fonoisolante RW della struttura risulta essere superiore a 55 dB.

Scheda 04: T3 Tramezzo X-LAM su parete esistente



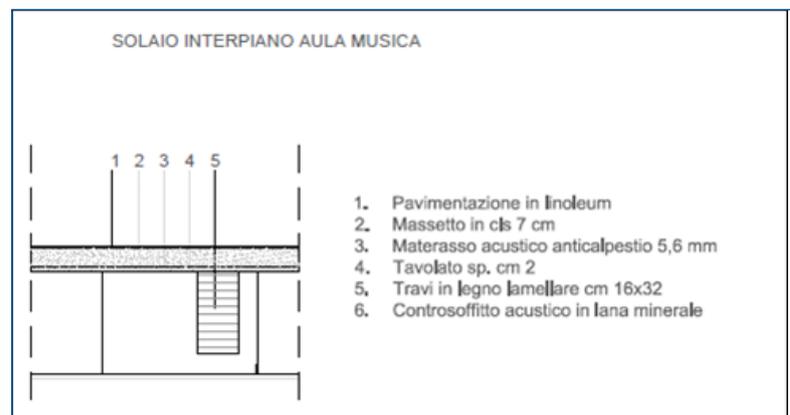
L'indice del potere fonoisolante RW della struttura risulta essere superiore a 65 dB.

Scheda 05: S2 Solaio interpiano



L'indice del miglioramento dell'isolamento da calpestio è stimabile in 78 - 17 dB.

Scheda 06: S2 Solaio aula musica



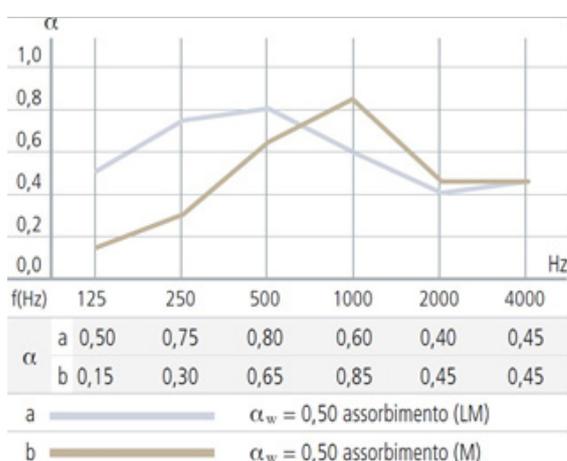
L'indice del miglioramento dell'isolamento da calpestio è stimabile in 78 - 17 dB.

Non si hanno informazioni sulle prestazioni acustiche delle porte, tuttavia si consiglia vivamente, al fine di evitare "i ponti acustici" attraverso i corridoi, che l'indice del potere fonoisolante della medesima sia superiore a 30 dB.

È prevista l'installazione nelle varie aule un controsoffitto tipo LEONARDO 10 prodotto dalla società Eurotherm. Si tratta di un sistema che, grazie a una doppia

lastra acustica in cartongesso, coniuga i benefici del comfort climatico, di un impianto radiante a soffitto, all'elevato potere fonoassorbente che elimina tutti quei fastidiosi fenomeni di riverbero ambientale. Per quante concerne le caratteristiche fonoassorbenti dei pannelli, si rimanda alla figura estratta dalla scheda tecnica fornita dal produttore.

Si precisa che I serramenti saranno in alluminio a taglio termico avente un indice di potere fonoisolante pari a $R_w = 48$ dB.



Valori di assorbimento acustico relativi alla singola lastra fonoassorbente (dati scheda tecnica Knauf).
Ribassamento: a = 200 mm | b = 60 mm

Fig.10: Coefficiente fonoassorbente del sistema Leonardo 10

3.10.4 // Prescrizioni per la riduzione del rumore emesso dagli impianti

Gli impianti devono essere realizzati in modo da non generare negli ambienti occupati e nell'ambiente esterno livelli sonori inaccettabili e, comunque, superiori a quelli prescritti.

In linea generale, pertanto, è opportuno operare come segue:

- Le apparecchiature “rubinetterie e cassette WC” devono essere di ottima qualità, rispondenti alle UNI EN 817, UNI EN 200 con adeguato isolamento acustico, soprattutto per basse frequenze; l'appaltatore deve dettagliare le caratteristiche acustiche relative.

- Tutti gli apparecchi sanitari devono essere installati in modo da evitare ogni contatto con la struttura di base attraverso l'interposizione di materiale resiliente.
- Le tubazioni devono essere fissate in modo da evitare la trasmissione di vibrazioni alla struttura. Possono essere interposti anelli di gomma: per evitare di comprimere eccessivamente la gomma i collari devono essere previsti di due grandezze superiori al diametro delle tubazioni.
- Infine, una particolare attenzione va posta alla realizzazione dei punti di attraversamento dei tubi e canalizzazione nelle pareti e nei solai. Per evitare i rumori derivanti dalle dilatazioni delle tubazioni devono prevedersi dispositivi di dilatazione con supporti che consentano tutti i possibili spostamenti; gli attraversamenti di solette e pareti devono essere realizzati in modo tale da impedire la trasmissione di rumori e vibrazioni alla struttura, prevedendo ad esempio guaine adeguate.

3.10.5 // Considerazioni finali

Nella presente paragrafo è stato evidenziato che gli elementi architettonici proposti garantiscono il rispetto di quanto previsto dal D.P.C.M. 05/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". La realizzazione dei controsoffitti fonoassorbenti (100% della superficie) permette di ottenere dei valori del tempo di riverbero compresi tra 0,8 e 0,9, valori ritenuti soddisfacenti.

Per quanto concerne l'isolamento acustico tra le varie aule con riferimento ai divisori verticali, il valore $R'w$ stimato risulta essere superiore a 40 dB, valore richiesto dalle normative vigenti.

Per quanto riguarda la sala musicale, si precisa che, nel caso in cui sia previsto

l'utilizzo di strumenti musicale di cui alla tabella 07, le prestazioni degli elementi previsti nel progetto non sono sufficienti e si rende necessaria la realizzazione strutture di separazione, sia orizzontali che verticali, il più possibile disgiunte fra di loro, in modo da ridurre la propagazione sonora per via solida attraverso le strutture stesse.

Il solaio del piano primo invece risulta essere soggetto al rispetto delle normative vigenti in quanto e l'impiego dei materiali previsti consente il rispetto sia dell'indice di isolamento richiesto che l'indice dell'isolamento per via aereo tra i locali sovrapposti.

Per la realizzazione della controsoffittatura e dei nuovi divisori si raccomanda vivamente di seguire le indicazioni fornite dal produttore e soprattutto per quanto concerne i divisori. Il raggiungimento degli obiettivi attesi dipende molto dalla cura con la quale vengono eseguiti i lavori.

3.11 // Impianti

L'impostazione generale della progettazione degli impianti meccanici, elettrici e speciali, congiuntamente agli aspetti funzionali dei componenti costituenti l'involucro edilizio, è rivolta al raggiungimento di un sistema tecnologico di estrema affidabilità e funzionalità, finalizzato al massimo contenimento energetico e alla riduzione al minimo degli impatti rispetto all'inquinamento ambientale, nel rispetto dei requisiti richiesti dalla normativa nazionale vigente (Dlgs.n°28/2011 - D.M.18/12/1975) e dalla normativa regionale del Piemonte. Le strategie progettuali adottate, pertanto, si articolano in una serie di aspetti costruttivi e funzionali tipici di un'edilizia eco-sostenibile ed eco-compatibile i cui obiettivi principali sono:

- la scelta delle più evolute tecnologie degli impianti meccanici ed elettrici che privilegiano oltre al comfort, la massima efficienza, flessibilità, facilità di gestione, bassi costi di manutenzione, ecc.;
- il miglioramento delle condizioni di sicurezza, benessere abitativo e compatibilità ambientale;
- l'ottimizzazione dell'impegno economico dell'investimento nonché l'esercizio e manutenzione degli impianti al fine di conseguire un risparmio oltre che per la costruzione anche nella successiva fase di gestione della struttura;
- massimo utilizzo della luce naturale per l'illuminazione dei locali occupati: un buon accesso di luce naturale nella zona pranzo consente una riduzione dei carichi elettrici per illuminazione nelle ore diurne nonché un maggior comfort visivo per gli occupanti.

Per quanto concerne le soluzioni impiantistiche adottate sono sostanzialmente:

- installazione impianto di climatizzazione: Fornitura e posa unità di trattamento aria e di espulsione. Realizzazione rete di canali aria esterna, espulsione, mandata e ripresa all'interno dei locali. Distribuzione aria mandata e ripresa al piano con canali, terminali ed accessori;
- impianto radiante a soffitto: reti di distribuzione acqua calda refrigerata;
- centrale di climatizzazione: installazione pompa di calore con ventilatori assiali, rete di alimentazione energia termica dalle reti principali ai collettori, circuiti primari acqua calda e refrigerata, pompe di circolazione acqua calda circuiti primari, pompe di circolazione acqua refrigerata circuiti primari;
- impianto idrico-sanitario: Installazione pompe di calore per ogni gruppo servizi, per la sola produzione di acqua calda sanitaria, rete di distribuzione acqua

fredda, dalla centrale al piano primo, posate nel controsoffitto delle aule e laboratori, rete di distribuzione acqua calda dalle pompe di calore installate nei singoli blocchi servizi, posate a pavimento dei servizi stessi;

- impianto scarichi: fornitura, posa ed allacciamento scarico apparecchi sanitari, tubazioni di scarico acque nere e colonne di scarico;
- impianto antincendio: Fornitura e posa di Rete ad anello idrico antincendio posto interrato all'esterno dell'edificio, a partire dall'adduzione principale, fornitura e posa di idranti a cassetta UNI 45, idranti soprasuolo ed attacco motopompa;
- impianto elettrico: L'impianto in oggetto sarà alimentato direttamente in bassa tensione categoria " I ", ed il sistema utilizzato è di tipo " TT ", cioè l'impianto di terra dell'utilizzatore e l'impianto di terra del distributore sono separati e indipendenti;
- impianto di illuminazione: mediante l'impiego di plafoniere a LED di varia potenza;
- impianto di illuminazione di emergenza: L'impianto di illuminazione di emergenza sarà realizzato utilizzando di apparecchi a LED del tipo autonomo di varie potenze, con specifici flussi luminosi;
- impianto di forza motrice: L'impianto di forza motrice avrà origine dai vari quadri elettrici e sarà realizzato, in funzione delle esigenze del luogo di installazione, con prese serie civile. In ogni caso tutte le linee di distribuzione saranno protette a monte con interruttore automatico magnetotermico differenziale ad alta sensibilità;
- impianti speciali: impianto di rilevazione ed allarme incendi, impianto di sgancio in caso di emergenza.

3.12 // Sicurezza del cantiere

Nel seguente punto vengono analizzati lo stato e la tipologia dei sopraservizi e sottoservizi presenti nel sito e nelle immediate vicinanze dell'area di intervento che ha per oggetto i Lavori di ristrutturazione per adeguamento con ampliamento della Scuola Secondaria di Primo Grado "G. Ungaretti" e sede dell'Istituto Comprensivo di Borgoricco (PD), illustrando le metodologie di risoluzione delle interferenze riscontrate durante la fase di rilievo.

Trattandosi di opere e lavorazioni che interessano zone urbanizzate, sono previste interferenze dirette con reti di servizi esistenti quali: linee elettriche, sistema fognario, acqua, alberature. Per risolvere tali interferenze dovranno essere adottate tutte le soluzioni alternative necessarie ad evitare sospensioni del servizio, di concerto con gli enti proprietari o gestori dei servizi interferenti.

Di seguito si sintetizzano le principali tipologie di interferenze:

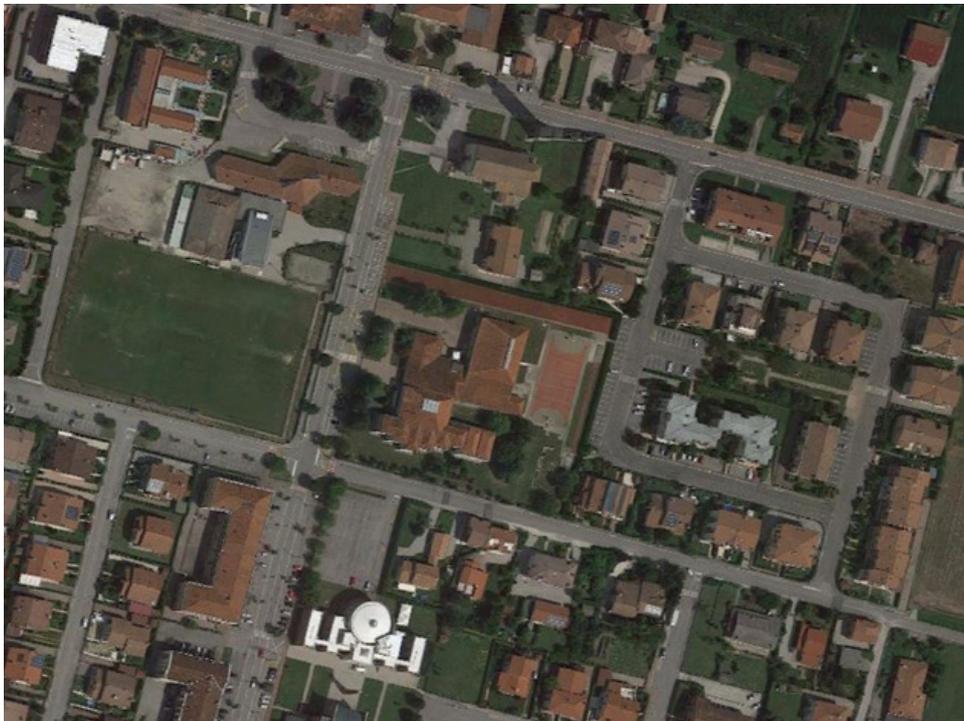
- *Interferenze puntuali/strategiche*: sono quelle che, per la loro unicità, richiedono un intervento dedicato alla loro risoluzione e che quindi non può essere generalizzato su tutto l'ambito d'intervento.
- *Interferenze sistematiche*: sono le interferenze che si ripetono su tutto l'ambito d'intervento e che possono essere risolte con interventi e prescrizioni di tipo generale.

Per lo sviluppo dello studio della sicurezza per i lavori in oggetto è stato redatto il Piano di Sicurezza e Coordinamento, comprendente la relazione di sicurezza, l'analisi dei rischi e l'analisi dei costi della sicurezza, il Fascicolo dell'Opera e le Planimetrie di Cantiere (allegate).

3.12.1 // Censimento delle interferenze

Le possibili interferenze riscontrabili nella fase di realizzazione dell'opera possono essere ricondotte a tre tipologie principali:

- *Interferenze aeree*: fanno parte di questo gruppo tutte le linee elettriche ad alta tensione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione, l'illuminazione pubblica e parte delle linee telefoniche;
- *Interferenze superficiali*: fanno parte di questo gruppo i canali, i fossi a cielo aperto e la viabilità pedonale e carrabile;
- *Interferenze interrato*: fanno parte di questo gruppo i gasdotti, le fognature, gli acquedotti, le condotte di irrigazione a pressione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione e parte delle linee telefoniche.



L'area in oggetto è occupata da un edificio scolastico, da un campo polivalente all'aperto, una pista di atletica e per il resto da aree verdi e connettivi esterni.

Da un'analisi effettuata in loco e dalla cartografia a disposizione, si può affermare che nella zona di intervento si riscontrano le seguenti tipologie di interferenze:

- presenza di edifici esistenti occupati da un'utenza sensibile.
- presenza di alberatura.

Tutti gli interventi che si renderanno necessari per risolvere i problemi di interferenza saranno a carico dell'Appaltatore e dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni tecniche degli enti gestori e dei proprietari degli impianti.

3.12.2 // Risoluzione delle interferenze

La parte del lotto che rimarrà attiva durante i lavori di ristrutturazione ed ampliamento verrà idoneamente isolata dall'area di cantiere con recinzioni cieche sia esternamente che internamente. Le zone interdette agli utenti ordinari all'interno dell'edificio saranno delimitate attraverso l'utilizzo di una recinzione cieca a tutta altezza in tavolame di legno, per ridurre al minimo i rischi ed i possibili disagi causati dal cantiere.

Le alberature attualmente insistenti sul lotto oggetto di intervento sono da considerarsi interferenti con il cantiere. Verranno preventivamente rimosse le piante a ridosso dell'edificio a demolire completamente, mentre sarà necessaria la potatura preventiva per le alberature presenti tra il blocco aule sud e blocco aule addossato alla palestra. Sarà cura dell'Appaltatore che effettuerà i lavori proteggere il resto degli alberi da interferenze accidentali dovute alle lavorazioni.

Per quanto potuto rilevare dalla campagna di rilievo e dalla documentazione di gara e presso gli enti proposti, non risultano essere presenti nella zona siti ar-

cheologici di particolare rilevanza; si ritiene pertanto che non sussistano nel lotto ostacoli di natura storica, artistica, archeologica, paesaggistica o di altra natura.

Lungo la strada di accesso ed in prossimità del cantiere, saranno posti appositi segnali indicatori di lavori in corso, uscita automezzi e dei pericoli specifici del cantiere nonché l'interdizione dello stesso ai non addetti.

4 // Bibliografia e sitografia

Bibliografia

Antonini E., Boeri A. (2011), *Progettare scuole sostenibili. Criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale*, Monfalcone (GO): Edicom Edizioni.

Baiamonti A. (2007), *Learning environments. Nuovi scenari per il progetto degli spazi della formazione*, Milano: F. Angeli.

Camera dei Deputati (2013), *Resoconto dell'indagine conoscitiva sull'edilizia scolastica in Italia*, Roma: Camera dei Deputati (Atti parlamentari XVII Legislatura, VII Commissione Camera dei Deputati, Seduta del 13-12-2013).

Decreto legislativo 18 aprile 2016, n.50, *Codice dei contratti pubblici*.

Valentinetti A. (1999), *La pratica amministrativa e contabile nella condotta di opere pubbliche*, Vannini.

Sitografia

<http://www.settanta7.com/>

<http://www.miur.gov.it/>

http://www.istruzione.it/edilizia_scolastica/index.shtml

<https://www.legambiente.it/temi/scuola>

<http://www.comune.borgoricco.pd.it/hh/index.php>

5 // Allegati

- elaborato 01** Computo Metrico Estimativo
- elaborato 02** Elenco Prezzi Unitari ed Elenco Prezzi
- elaborato 03** Quadro Economico
- elaborato 04** Cronoprogramma
- elaborato 05** Urbanistica
- elaborato 06** Stato di fatto e demolizioni
- elaborato 07** Tracciamento nuova costruzione
- elaborato 08** Pianta Piano Terra
- elaborato 09** Pianta Piano Primo
- elaborato 10** Elaborato tecnico della copertura
- elaborato 11** Prospetti e simulazioni grafiche
- elaborato 12** Sezioni e particolari costruttivi
- elaborato 13** Sezioni e particolari costruttivi
- elaborato 14** Abaco serramenti
- elaborato 15** Progetto del comfort interno
- elaborato 16** Stima dei costi della sicurezza
- elaborato 17** Planimetria di cantiere Piano Terra
- elaborato 18** Planimetria di cantiere Piano Primo