

## Sommario

Sommario.....	1
1. Introduzione .....	3
2. Descrizione generale e individuazione delle unità strutturali .....	4
3. Aspetti urbanistici e paesistici .....	9
3.1 Premessa.....	9
3.2 Individuazione catastale .....	10
3.3 Inquadramento territoriale e urbanistico.....	10
3.4 Reti di servizi pubblici .....	11
3.4.1 Idoneità delle reti .....	11
3.4.2 Interferenze.....	11
3.5 Vincoli, elementi di vulnerabilità e di rischio .....	11
3.5.1 Vincoli - Aspetti storici, artistici, paesistici e paesaggistici.....	11
3.5.2 Vincoli - Aspetti archeologici .....	13
3.5.3 Elementi di vulnerabilità e di rischio.....	13
3.5.4 Conclusioni .....	13
4. Geologia, idrologia, idraulica, geotecnica .....	13
4.1. Aspetti geologici.....	13
4.2. Aspetti geomorfologici e litografici .....	14
4.3. Aspetti idrologici e idrogeologici e relativa vulnerabilità .....	15
5. Caratterizzazione geotecnica e sismica del terreno.....	16
6. I parametri di definizione dell'input sismico .....	17
7. Titoli di godimento delle aree e degli immobili .....	19
8. Lo stato attuale e i livelli di vulnerabilità.....	19
9. Il progetto di adeguamento sismico .....	20
9.1. Adeguamento dell'unità strutturale E-F .....	21
9.1.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali.....	21
9.1.2. Lavorazioni previste.....	23
9.1.3. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento .....	24
9.1.4. Criteri di progettazione degli impianti .....	24
9.1.5. Superamento delle barriere architettoniche .....	25
9.1.6. Interferenze con le attività scolastiche .....	25
9.2. Adeguamento delle unità strutturali G ed I .....	25
9.2.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali.....	25

9.2.2.	Lavorazioni previste .....	27
9.2.3.	Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento .....	28
9.2.4.	Criteri di progettazione degli impianti .....	28
9.2.5.	Superamento delle barriere architettoniche .....	28
9.2.6.	Interferenze con le attività scolastiche .....	28
9.3.	Adeguamento dell'unità strutturale H .....	29
9.3.1.	Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali .....	29
9.3.2.	Lavorazioni previste .....	31
9.3.3.	Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento .....	31
9.3.4.	Criteri di progettazione degli impianti .....	32
9.3.5.	Superamento delle barriere architettoniche .....	32
9.3.6.	Interferenze con le attività scolastiche .....	32
9.4.	Adeguamento dell'unità strutturale D .....	32
9.4.1.	Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali .....	32
9.4.2.	Lavorazioni previste .....	34
9.4.3.	Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento .....	35
9.4.4.	Criteri di progettazione degli impianti .....	36
9.4.5.	Superamento delle barriere architettoniche .....	36
9.4.6.	Interferenze con le attività scolastiche .....	36
9.5.	Adeguamento dell'unità strutturale A-B-C .....	36
9.5.1.	Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali .....	36
9.5.2.	Lavorazioni previste .....	40
9.5.3.	Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento .....	40
9.5.4.	Criteri di progettazione degli impianti .....	41
9.5.5.	Superamento delle barriere architettoniche .....	41
9.5.6.	Interferenze con le attività scolastiche .....	41
9.6.	Adeguamento dei comignoli presenti sulle coperture .....	42
10.	Cronoprogramma.....	42
11.	Fattibilità del lotto 1 mediante ricorso a due finanziamenti regionali già in disponibilità della Provincia.....	43
11.1.	Individuazione dei lotti 1A e 1B.....	44

## 1. Introduzione

La presente relazione illustrativa ha per oggetto lo studio di fattibilità degli interventi di adeguamento sismico, ai sensi del §8.4 delle NTC2008, degli edifici che compongono il Liceo Artistico Statale “Alessandro Dal Prato”, sede distaccata dell’Istituto superiore “Giulio Romano”, sito in via Roma n.2 a Guidizzolo, in Provincia di Mantova.



Vista aerea del complesso dell’Istituto (fonte: Google Maps)

Il presente studio si propone come naturale prosecuzione del precedente studio di vulnerabilità sismica redatto dal sottoscritto nel 2017, mediante il quale è stato possibile non solo definire numericamente i livelli di vulnerabilità sismica, ma anche evidenziare le principali criticità di natura strutturale dei vari edifici.

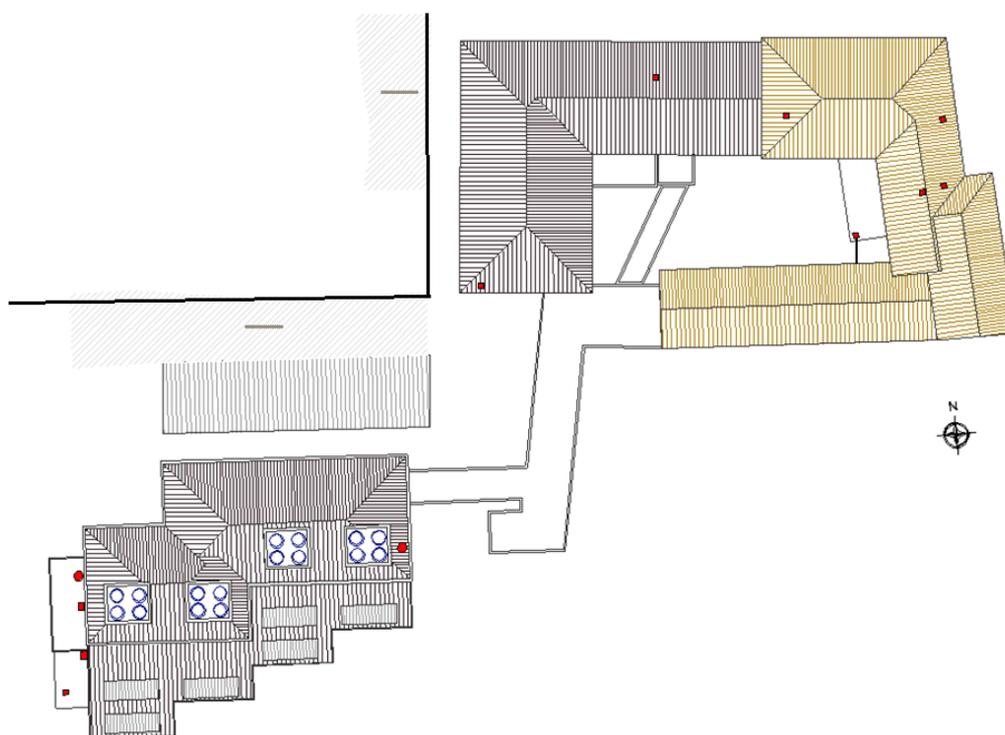
A partire da queste informazioni si procede pertanto qui di seguito ad individuare, per ciascuna unità strutturale, la strategia di intervento più idonea al conseguimento di un indice di scurezza sismica  $I_{S,SLV}=100\%$  ovvero all’adeguamento sismico, cercando di ridurre il più possibile sia l’impatto economico che l’interferenza con il normale svolgimento delle attività didattiche dell’Istituto.

La scelta di puntare direttamente all’adeguamento sismico, piuttosto che ad un più semplice miglioramento, sebbene ambiziosa, specie per quanto concerne gli edifici che hanno subito maggiori rimaneggiamenti nel corso della loro storia, appare tuttavia giustificata alla luce delle risultanze delle indagini di vulnerabilità, oltre a recepire i più recenti orientamenti ministeriali in materia; questi infatti tendono sempre più spesso a scartare soluzioni di compromesso e a favorire invece interventi che consentano di conseguire livelli di sicurezza in linea con le moderne costruzioni, anche a costo di contemplare l’abbattimento e la completa ricostruzione degli edifici meno performanti.

## 2. Descrizione generale e individuazione delle unità strutturali

Il Liceo Artistico Dal Prato è costituito da un complesso di edifici sviluppatosi in modo progressivo e articolato lungo un arco temporale che parte dai primi decenni del '900 e si protrae sino ai primi anni del nuovo millennio. A ciò si deve l'estrema varietà di tipologie strutturali e di materiali che lo compongono, che spaziano dalle strutture in muratura piena di mattoni e sassi, a quelle a telaio di calcestruzzo armato o a carattere misto con setti in muratura e c.a., per finire con le più recenti strutture in acciaio o in muratura a blocchi di laterizio porizzato.

L'immagine seguente mostra la disposizione planimetrica dell'Istituto.

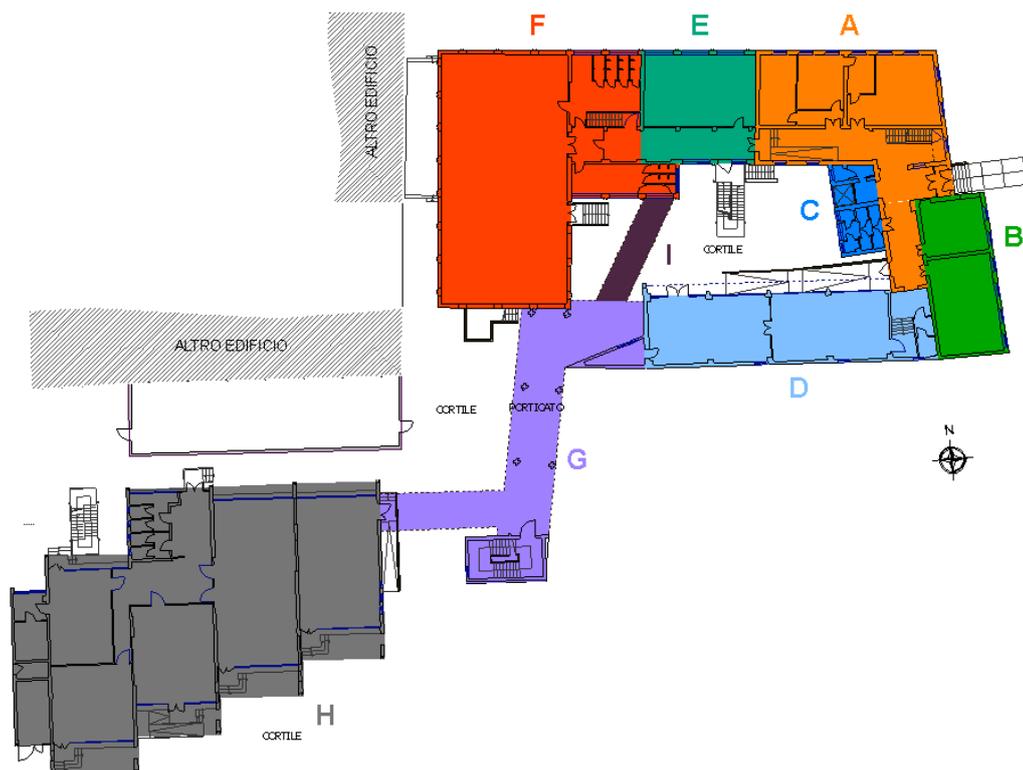


Articolazione planimetrica del Liceo Artistico

Essa è caratterizzata da una serie di edifici che, partendo dall'angolo di nord est, si sviluppano ad anello attorno ad un cortile centrale per poi proseguire, mediante un passaggio coperto in quota, verso l'edificio più recente situato all'estremità sud ovest dell'Istituto.

L'articolazione degli interventi di adeguamento sismico qui proposta segue la naturale suddivisione in unità strutturali, già esaminata nel precedente studio di vulnerabilità. In particolare, per rendere più agevole il rimando a quest'ultimo, viene qui ripresa la denominazione già utilizzata per esse.

L'immagine seguente codifica secondo vari colori le singole unità strutturali, assegnando a ciascuna di esse una lettera identificativa.



Individuazione delle unità strutturali

Si riporta qui di seguito una breve descrizione delle principali caratteristiche di ciascuna unità strutturale, ripresa dallo studio di vulnerabilità precedentemente citato.

- **Unità A:** rappresenta l'edificio di maggior pregio del nucleo storico. L'anno di costruzione è probabilmente successivo al 1940 o comunque si colloca nell'immediato secondo dopoguerra. Il progettista è ignoto. La struttura ha pianta pressoché ad L, con lati di 17,25m e 23,50m circa, ed è costituita da un piano seminterrato con pareti contro terra in getto di cls, verosimilmente non armato, ed uno spiccato articolato in due piani più sottotetto, in muratura di laterizio pieno a 3 teste, con riduzione dello spessore ad 1 testa in corrispondenza delle finestre. L'altezza complessiva fuori terra è di circa 11,77m. I solai sono in laterocemento, di spessore variabile da 20cm a 24cm circa, con presenza di una cappa di cls di spessore non superiore a 4cm. L'ultimo solaio è costituito da travetti in laterocemento e tavelline da 2,5cm. La copertura presenta un'orditura lignea, con capriate in abete, terzere, diagonali di compluvio e displuvio e travetti di falda. Il manto di copertura è in coppi. La presenza di elementi in c.a. è molto limitata e si riduce ad alcune travi di solaio e ad un pilastro nel piano seminterrato. Attualmente ospita al piano terra l'ingresso dell'istituto, con relativa guardiola, e gli uffici della segreteria e della presidenza. Al primo piano sono invece presenti tre aule didattiche. Il collegamento con il corpo E è assicurato da una porta in vetro e ferro a piano semi interrato, e da due ampie aperture nei corridoi ai due livelli superiori. Il collegamento con i corpi B e C avviene invece rispettivamente attraverso le normali porte di accesso alle aule e di accesso ai bagni, mentre quello con il corpo D avviene attraverso due aperture dotate di gradini, situate sul lato sud dei corridoi di piano.
- **Unità B:** il piano terra di questo corpo di fabbrica costituisce l'elemento più antico del complesso ed è caratterizzato da una tipologia muraria eterogenea costituita da un'alternanza irregolare di mattoni di laterizio e sassi di pezzatura media. Di fatto non rappresenta più una unità strutturale a

sè stante poiché, in seguito alle modifiche subite negli anni, forma attualmente un tutt'uno con il corpo A. Il periodo di costruzione risale sicuramente alla prima metà del '900. Il progettista è ignoto. La struttura ha forma rettangolare, con lati di 15,60m x 6,63m. Manca un vano seminterrato, mentre è presente un cordolo di fondazione in calcestruzzo magro misto a ghiaia grossa, posto a circa 50 cm sotto all'attuale piano campagna. Tale nucleo antico è stato sopraelevato alla fine degli anni '50 del '900 su progetto dell'Ufficio Tecnico della Provincia, mediante la realizzazione di un primo piano e di un sottotetto, in modo da uniformarlo in elevazione e in facciata all'attiguo corpo A. L'altezza complessiva fuori terra è pertanto anche in questo caso di circa 11,77m. La sopraelevazione è stata fatta con blocchi in laterizio forato a fori orizzontali di spessore 25cm, tipologia abbastanza diffusa all'epoca, ma non più consentita dalla normative già a partire dagli anni '70 a causa della fragilità intrinseca di tali elementi. Anche in questo caso i vani finestra hanno spessore di circa 1 testa e sono realizzati in blocchi di laterizio forato di spessore 15cm. I solai sono in questo caso formati con travetti prefabbricati in cls tipo Varese, disposti ad interasse di circa 70 cm; tavellina inferiore da 2,5cm, tavella superiore da 6cm e getto integrativo in cls di spessore 4cm circa. La copertura è costituita da travi tipo Varese disposte a interasse di circa 1m, secondo la pendenza di falda, tavelloni in laterizio da 6cm di spessore e catene metalliche di diametro 12mm per eliminare la spinta. Il manto di copertura è in tegole marsigliesi. Anche in questo caso la presenza di elementi in c.a. si riduce praticamente ai soli travetti di solaio. Attualmente ospita 2 aule didattiche al piano terra e altre 2 aule didattiche al primo piano ed è in comunicazione con il solo corpo A.

- **Unità C:** è l'elemento più recente del nucleo storico del Liceo Artistico, essendo stato realizzato nel 1997 su progetto dell'Ing. A. Sproccati, e modificato in parte nel 2000. Esso presenta pianta pressoché rettangolare, di lati 8,95m x 4,22m, e ospita, sia a piano terra che a primo piano, i servizi igienici e il locale ascensore a servizio del nucleo. È costituito da un piano seminterrato e due piani fuori terra, in modo da interfacciarsi alle stesse quote dei solai del corpo A. L'altezza complessiva fuori terra è di circa 9,32m. Le fondazioni sono costituite da un cordolo continuo in c.a., mentre le pareti sono in blocchi di laterizio forato strutturale, di spessore 30cm. I solai sono in laterocemento, di spessore 20+4cm e sono ancorati al corrispondente cordolo di piano del corpo A mediante spezzoni metallici Ø14 resinati. La copertura è di tipo piano e corrisponde all'ultimo solaio, con manto di finitura in guaina ardesiata. Tale unità è in comunicazione con il solo corpo A.
- **Unità D:** anche questo fabbricato è stato oggetto di sopraelevazione a fine anni '50 del '900, probabilmente in concomitanza con il corpo B, di cui riprende la tipologia di murature e di solai. Il piano terra risale probabilmente alla prima metà degli anni '50 del '900 ed è stato realizzato in adiacenza dei corpi A e B, con cui condivide le pareti. Il progettista è ignoto, probabilmente interno all'Ufficio Tecnico Provinciale. La struttura presenta pianta pressoché rettangolare di lati 27,87m x 7,95m e l'elemento portante è costituito sui fronti sud e ovest da pareti in muratura di laterizio di spessore 2 e 3 teste rispettivamente, e da pilastri e nervature, sempre in muratura, di dimensioni 40x50cm. Sebbene non riscontrata direttamente, risulterebbe presente una fondazione continua in cls di larghezza indicativa 50cm, con ringrossi in corrispondenza dei pilastri. A fine anni '50 del '900, su progetto dell'Ufficio Tecnico della Provincia, è stata realizzata la già citata sopraelevazione di un piano. L'altezza complessiva fuori terra, dopo la sopraelevazione, è di circa 9,45m. L'intervento strutturale ha comportato la realizzazione di nuovi pilastri in c.a. sul fronte nord, dotati di fondazione propria, a sostegno della trave di bordo del nuovo solaio di copertura. Sul fronte sud ed ovest sono invece state realizzate nuove pareti in blocchi di laterizio a fori orizzontali di spessore 25 cm, del tutto simile ai blocchi già utilizzati per la sopraelevazione del corpo B. I solai sono in travetti di cls tipo Varese, disposti ad interasse di circa 70 cm, con tavellina inferiore da 2,5 cm, tavella

superiore da 6 cm e getto integrativo in cls di circa 4 cm. Il secondo solaio è invece privo sia della tavella superiore che del getto integrativo e costituisce di fatto solo un elemento membranale di collegamento tra le murature, con funzione di semplice controsoffitto. La copertura a due acque è realizzata anch'essa in travetti tipo Varese a interasse di circa 70 cm; la spinta delle falde è eliminata dai travetti del solaio, che assolvono in tal caso la funzione di catena. Il manto di copertura è in tegole marsigliesi. Attualmente ospita 1 aula didattica ed il laboratorio di ceramica al piano terra, mentre al primo piano è situato il laboratorio di stampa su tessuti, recentemente suddiviso in 2 locali più corridoio, mediante alcune leggere tramezze. Tale unità è in comunicazione a piano terra con il corpo A e con il cortile interno, mentre a primo piano comunica sempre col corpo A e con il corridoio di collegamento dell'unità G.

- **Unità E:** costruita nel 1963, non se ne conosce il progettista ed è caratterizzata da una pianta rettangolare di lati 10,95m x 10,93m, con struttura a telaio in c.a.; si articola su tre piani, di cui uno semi interrato con pareti contro terra in cls debolmente armato. L'altezza complessiva fuori terra è di circa 10,09m. La struttura è totalmente indipendente da quella dell'attiguo edificio A, da cui è separata da un giunto strutturale visibile nel corridoio di accesso alle aule. Non si hanno informazioni dirette sulle fondazioni, ma sulla base di alcuni disegni architettonici dell'epoca e per analogia con l'adiacente corpo F, è praticamente certa la presenza di fondazioni in c.a. a trave rovescia sotto i muri perimetrali e plinti al di sotto dei pilastri interni. I solai sono in laterocemento, di spessore 24+4cm con senso di orditura nord-sud; la copertura è a due acque, del tipo a muricci e tavelloni, con manto di copertura in guaina bitumata ardesiata. Attualmente ospita il laboratorio di lavorazione dei metalli al piano semi interrato e 2 aule didattiche a ciascuno dei due piani soprastanti, oltre ai corridoi di piano che la mettono in comunicazione con i corpi A e F. L'edificio è dotato di scala antincendio con struttura metallica a servizio dei piani rialzato e primo.
- **Unità F:** costruita nel 1974 su progetto dell'Arch. P. Botturi e dell'Ing. G. Rodighiero dello Studio di Architettura BR di Castiglione delle Stiviere, è caratterizzata da una pianta ad L con lati di 24,72m x 19,39m circa. La struttura è del tipo a telaio in c.a. e riprende lo schema strutturale ed architettonico del precedente corpo E; si articola pertanto anch'essa su tre piani, di cui uno semi interrato con pareti contro terra in cls debolmente armato e altezza complessiva fuori terra di circa 10,09m. Fa eccezione la zona spogliatoi sul lato sud, che si articola su due soli piani, di cui uno semi interrato, con copertura piana e altezza fuori terra di 5,20m. Le fondazioni sotto i muri contro terra perimetrali sono del tipo a trave rovescia in c.a., di larghezza 50cm, mentre si hanno plinti di dimensione variabile in base al carico assiale al di sotto dei pilastri, sia esterni che interni. I solai sono in laterocemento, di spessore 24+4cm nella zona degli spogliatoi a sud e 28+4cm nelle restanti zone; il solaio di copertura della palestra è invece ottenuto per semplice accostamento di travi alveolari in c.a.p. di dimensioni 120cmx30cm poggiate sulle travi di banchina perimetrali e contenute dal cordolo in c.a. di copertura. La copertura è del tipo a muricci e tavelloni, con manto di copertura in guaina bitumata ardesiata e presenta due falde sulla zona aule, mentre risulta a quattro falde sulla palestra. Nel 1997, su progetto dell'Ing. A. Sproccati di Mantova, è stato realizzato, sopra gli spogliatoi del lato sud, il raccordo di accesso al ponte in acciaio e vetro che collega il blocco E al blocco G. La struttura del nuovo vano è costituita da due pilastri in c.a. a prosecuzione dei pilastri del piano sottostante, da tre travi perimetrali innestate sui due suddetti pilastri e sulle travi di facciata del corpo E, e da un solaio di copertura in laterocemento di spessore 20+4cm. La copertura è di tipo piano con manto superficiale in guaina ardesiata. Il corpo F ospita al piano semi interrato due magazzini materiali, un'aula didattica e il laboratorio di falegnameria; al piano rialzato sono invece presenti la palestra, con i relativi spogliatoi e i bagni accessori, mentre al primo piano è presente un'aula didattica. Il corpo F è interfacciato con i corridoi dell'adiacente

corpo E mentre, grazie al sopra citato elemento di raccordo al ponte metallico del primo piano, è in comunicazione con il corpo G.

L'identificazione quale unità strutturale distinta è dovuta principalmente a ragioni storiche, dal momento che essa è fortemente interconnessa con la struttura del corpo E adiacente; i getti dei pilastri e delle fondazioni sono stati realizzati infatti in continuità di quelli del corpo E; la totale assenza di fessurazioni all'interfaccia dei due fabbricati, anche a seguito degli sciami sismici del 2004 (terremoto di Salò) e del 2012 (terremoto dell'Emilia) fanno ritenere che sia stata eseguita una giunzione, per sovrapposizione o saldatura, dei ferri di armatura tra gli elementi strutturali dell'interfaccia. Anche il locale spogliatoi presente sul lato sud è in parte sovrapposto alla facciata del corpo E e sfrutta le travi di facciata di quest'ultimo per l'appoggio dei travetti dei solai. In virtù di queste caratteristiche si può pertanto ritenere che i fabbricati E ed F costituiscano un'unica unità strutturale.

- **Unità G:** costruita nel 1979, in concomitanza col successivo corpo H, con lo scopo di creare un collegamento in quota tra questo e il corpo D. Il progetto è dell'Ufficio Tecnico della Provincia di Mantova. Essa è caratterizzata da una pianta a S con lati di 16,10m x 21,13m x 11,60m circa, oltre ad un'appendice a sud costituita dal vano scale esterno. L'altezza complessiva fuori terra è di 9,00m circa. La struttura portante, in elementi di c.a. faccia a vista, si articola su due piani fuori terra, di cui solo il primo piano perimetrato, ed è caratterizzata da due ponti di collegamento agli estremi nord est e sud ovest e da una struttura a telaio centrale, con pilastri aventi sezione a croce. A questi si è aggiunto in tempi più recenti sul lato nord un ponte metallico di collegamento col corpo E. Il vano scale è realizzato con pareti in getto di cls debolmente armato, di spessore 25cm, mentre le rampe sono costituite da travi a ginocchio in c.a. Le fondazioni sono su plinti isolati di dimensione variabile in funzione del carico assiale del corrispondente pilastro, mentre il vano scale presenta un cordolo continuo sotto i muri perimetrali. I solai sono a travetti in laterocemento di spessore 20+4cm. La copertura è di tipo piano con finitura in guaina bitumata. Le due strutture a ponte poste all'estremo nord est e sud ovest poggiano rispettivamente sulla parete ovest in muratura del corpo D e sulla parete est del corpo H. In quest'ultimo caso sono presenti in spessore di parete due pilastri in c.a., di sezione 25x25cm, a sostegno dell'appoggio. Sul lato nord, nel 1997 è stata realizzata, su progetto dell'Ing. A. Sproccati, un'estensione del corridoio, in modo tale da consentire l'accesso al ponte in acciaio e vetro precedentemente citato. Tale estensione è caratterizzata da due nuovi solai, uno di calpestio ed uno di copertura, entrambi in laterocemento e orditi ciascuno tra due travi composte in acciaio e c.a. (rispettivamente un profilo IPE450 ed un profilo HEA220), poggianti da un lato sulla parete ovest del corpo D e dall'altro sul pilastro d'angolo sud est della palestra. Il collegamento con i solai esistenti del corpo G è ottenuto mediante barre Ø14 resinare all'esistente ed annegate nel getto della soletta in c.a. dei nuovi solai. Gli appoggi delle travi in acciaio e c.a. sono di tipologia diversa a seconda del supporto: dal lato del corpo D sono state ricavate apposite tasche di alloggiamento nella muratura esistente, dotate di un piccolo cordolo di ripartizione in c.a.; dal lato della palestra sono state utilizzate invece flange saldate in testa alle travi metalliche, fissate mediante tasselli ad espansione al pilastro d'angolo in c.a. della palestra. Il corpo G funge unicamente da corridoio di raccordo in quota tra i corpi D, E e H oltre ad ospitare alcune teche espositive dei lavori più rappresentativi realizzati dagli studenti e alcuni mobili-libreria.
- **Unità H:** costruita nel 1979 in concomitanza col precedente corpo G su progetto Ufficio Tecnico della Provincia di Mantova, ospitava un tempo i locali mensa e la centrale termica al piano terra, mentre il primo piano era destinato ad aule e laboratori. Tale destinazione è successivamente mutata a metà degli anni 2000, con l'eliminazione degli spazi mensa a piano terra e il recupero degli stessi come laboratori, con conseguente eliminazione della quasi totalità delle aperture nelle pareti

interne originarie mediante tamponamenti in pannelli di cartongesso. Nel corso delle analisi di vulnerabilità svolte dal sottoscritto nel 2017 è emersa la carenza strutturale di alcune delle travi del primo solaio, poste sopra tali aperture; per ovviare in tempi brevi a tale criticità, gran parte delle suddette aperture del piano terra sono state tamponate con muratura in laterizio strutturale, curando l'ammorsamento con i maschi murari esistenti. L'intervento è stato organizzato e seguito dall'Ufficio Tecnico della Provincia nel mese di settembre del 2017. La struttura ha pianta rettangolare irregolare, con ingombro complessivo in pianta di circa 35,50m x 27,30m e si articola su due piani. L'altezza complessiva fuori terra è di 9,60m circa. La struttura portante è di tipo misto, con pilastri e paretine in c.a. faccia a vista sul perimetro esterno, e pareti portanti in blocchi di laterizio forato all'interno. I solai sono entrambi in laterocemento di spessore 28+4cm e sono orditi tutti in direzione est-ovest. Da notare è la direzionalità dello schema portante, dal momento che sia i pilastri che le pareti sono disposte in modo tale da presentare tutte le inerzie maggiori in direzione nord-sud. Tale particolarità incide pesantemente sulla risposta sismica, che risulta nettamente diversa nelle due direzioni principali. Attualmente il corpo H ospita a piano terra due laboratori e tre aule, oltre ai servizi igienici, un ripostiglio e alla centrale termica; al primo piano invece sono presenti cinque aule, due ripostigli e i servizi igienici. L'accesso al piano terra avviene dal cortile dell'istituto sia sul fronte nord che sul fronte est, mentre l'accesso al primo piano è garantito dal corridoio in quota del corpo G. L'edificio è dotato di scala antincendio a struttura metallica a servizio del primo piano.

- **Unità I:** è stata realizzata nel 1997 su progetto dell'Ing. A. Sproccati con la funzione di collegare direttamente in quota il corpo E al corpo G. Essa presenta una lunghezza in pianta di circa 10,91m con sezione di 2,94m x 3,20m di altezza, ed è costituita da una struttura reticolare in profili di acciaio S235, irrigidita superiormente e inferiormente da due solette in lamiera grecata con getto integrativo di c.a. Le pareti perimetrali sono in lastre di vetro temprato, opportunamente fissate con appositi profili alle solette inferiore e superiore. La copertura è di tipo piano con finitura in guaina bitumata. I fissaggi alle strutture di estremità tengono conto della diversa natura di queste: il fissaggio all'ingresso dal corpo E avviene sull'architrave in c.a. del portale di accesso mediante annegamento dei profili nel getto di calcestruzzo; il fissaggio sul lato di approdo al corpo G avviene mediante scarpe metalliche imbullonate ai profili IPE450 dei solai inferiore e superiore.

Oltre ai corpi strutturali sopra descritti, sono presenti anche un piccolo capannone con struttura metallica, posto immediatamente a nord del corpo H, e due scale antincendio, sempre a struttura metallica, a servizio dei corpi E ed H. Tali strutture, in base agli accordi pattuiti con il RUP Ing. Andrea Lui e il Geom. Giuseppe Comparini dell'Ufficio Tecnico della Provincia, non rientrano nel progetto di adeguamento sismico dell'Istituto e non verranno esaminate nel presente studio di fattibilità.

### 3. Aspetti urbanistici e paesistici

#### 3.1 Premessa

Dai sopralluoghi, dall'analisi dell'ambito territoriale e dei sistemi ambientali interessati e dall'entità dei provvedimenti previsti, si può sostenere che l'intervento non evidenzia nessuna sensibilità e criticità di fatto.

### 3.2 Individuazione catastale

Nel suo insieme, l'area del complesso scolastico individuata catastalmente al foglio 11 – mapp. 34 del Comune di Guidizzolo.

### 3.3 Inquadramento territoriale e urbanistico

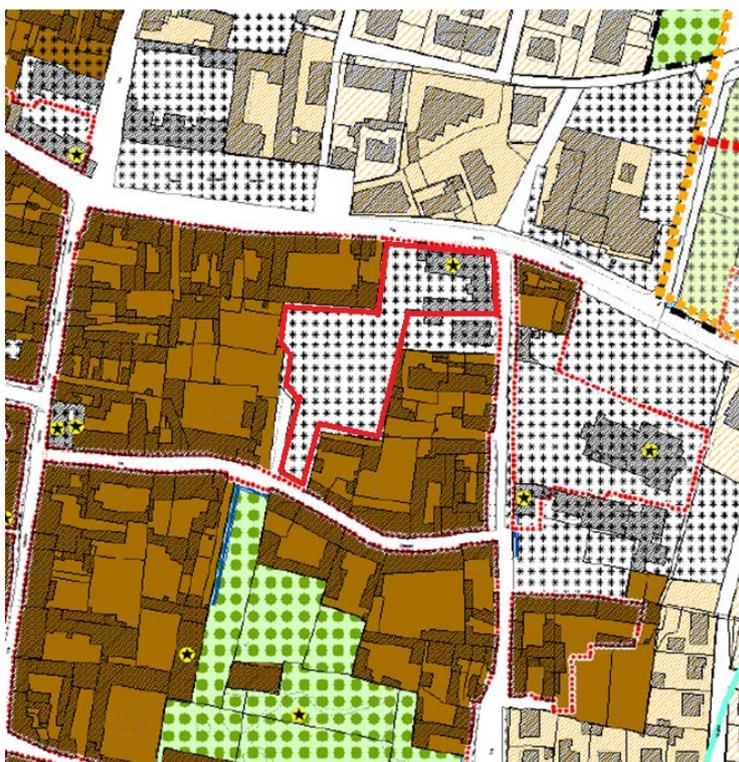
Gli edifici oggetto di intervento risultano ricadere all'interno del centro abitato di Guidizzolo (MN), in prossimità della caserma dei Carabinieri e della chiesa.

Secondo il vigente strumento urbanistico comunale (P.G.T.), l'area in oggetto fa parte dei "Servizi esistenti" per l'"Istruzione", di proprietà "Non comunale", all'interno dei "Nuclei di antica formazione" ma fuori dal "Perimetro di centro storico".

L'area confina, con strade, altri "Servizi esistenti" e aree "TC1: ambiti prevalentemente residenziali ad alta densità – centro storico"; nelle zone limitrofe si trovano anche aree "TC2: ambiti prevalentemente residenziali ad alta densità fuori dal centro storico", "TC3: ambiti prevalentemente residenziali a media densità" e a "Verde privato".

#### **Estratto P.G.T. – Tav. C2 "Piano delle regole – Guidizzolo centro"**

aggiornata a marzo 2011 – Scala 1:1500



#### **LEGENDA**

##### Limiti amministrativi

 Nuclei di antica formazione

##### Beni di valore storico architettonico ambientale

 Beni storico-architettonici (art.10 D.Lgs. n.42/2004)

##### Ambiti di pertinenza dei servizi

 Servizi esistenti

 Servizi in progetto

 Piste ciclopedonali esistenti

##### Ambiti di tessuto urbano consolidato

 TC1: ambiti prevalentemente residenziali ad alta densità - centro storico

 TC2: ambiti prevalentemente residenziali ad alta densità fuori dal centro storico

 TC3: ambiti prevalentemente residenziali a media densità

 Verde privato

## **3.4 Reti di servizi pubblici**

### **3.4.1 Idoneità delle reti**

L'area risulta ampiamente inserita in una rete di infrastrutture viabilistiche sviluppate sia in termini di trasporto pubblico che privato, sia dotata di idonei spazi di sosta e parcheggio.

Per quanto riguarda gli altri tipi di servizi, si trova in una zona ben fornita.

La zona risulta inoltre completamente servita dalla rete dei sottoservizi (linee elettriche, gas, telefoniche, fognature, acquedotto, ecc.) ai quali il polo scolastico è attualmente allacciato; tali reti soddisfano le esigenze connesse all'esercizio della struttura.

L'intervento progettato non implica nuovi allacciamenti alle reti o la modificazione di quelli esistenti.

### **3.4.2 Interferenze**

Per quanto riguarda le reti infrastrutturali, il progetto non implica nessun tipo di interferenza.

Per quanto riguarda le reti dei sottoservizi (sia aeree che sotterranee), i lavori non dovrebbero comportare interferenze. Nella fase esecutiva delle lavorazioni, in particolare quelle di scavo per la realizzazione di alcuni nuovi plinti in c.a., si dovrà procedere in modo tale da rilevare prontamente eventuali interferenze accidentali con reti esistenti.

## **3.5 Vincoli, elementi di vulnerabilità e di rischio**

### **3.5.1 Vincoli - Aspetti storici, artistici, paesistici e paesaggistici**

L'area in oggetto è inserita in una zona a "sensibilità paesaggistica bassa", esterna al "Perimetro di centro storico". Solamente l'edificio a nord-est, composto dalle unità indicate nel seguito come A e B, avendo più di 70 anni, è considerato un "Bene storico-architettonico" (ai sensi dell'art. 10 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.).

Gli interventi di adeguamento sismico qui proposti sono stati studiati al fine di modificare il meno possibile l'aspetto esteriore degli edifici esistenti. In particolare, gli interventi previsti per gli edifici presenti sui fronti nord e est avranno un'interferenza praticamente nulla con le emergenze storiche, artistiche, paesistiche e paesaggistiche limitrofe, dal momento che tutti gli interventi avvengono o in interno, o comportano comunque il pieno ripristino dell'estetica delle facciate.

Gli unici interventi di progetto che prevedono la modifica delle facciate, sono relativi agli edifici D, G ed H; essi affacciano sul cortile interno e sull'area a verde posta a sud ovest e risultano in quanto tali fortemente occultati dagli edifici circostanti. Nel caso dell'edificio D, la posa di una nuova intelaiatura metallica sul fronte nord trova comunque riscontro nell'attuale presenza di una facciata di fatto quasi interamente vetrata. Nel caso del vano scale dell'edificio G, i nuovi telai metallici previsti da progetto si sposano con le ampie superfici in calcestruzzo a vista, le vetrate e l'estetica moderna, mentre nel caso dell'edificio H, i telai di nuovo inserimento, oltre ai vantaggi legati alla preservazione della luminosità degli ambienti interni, riprendono il carattere moderno dell'edificio e l'ampia presenza sia di superfici vetrate che di pannelli in alluminio coibentato.

Pertanto, tenuto conto delle tipologie di edifici, della posizione interna, del verde già presente che parzialmente ne occlude la visuale e della presenza nel resto del complesso di tipologie simili, si ritiene che l'intervento sia ampiamente compatibile.

**Estratto P.G.T. – Tav. C7 “Carta della sensibilità paesistica”**

aggiornata a marzo 2011 – Scala 1:5000



**LEGENDA**

**Centro Storico**

 Perimetro di centro storico (Ex Zone A1 PRG)

**CLASSI DI SENSIBILITA' PAESAGGISTICA**

 CLASSE ALTA

 CLASSE BASSA

 CLASSE MEDIA

 CLASSE MOLTO BASSA

### **3.5.2 Vincoli - Aspetti archeologici**

Le opere in progetto non prevedono scavi di grossa entità.

Nel caso in cui si dovessero fare dei ritrovamenti -in fase esecutiva-, si provvederà ad informare la Soprintendenza competente in materia.

### **3.5.3 Elementi di vulnerabilità e di rischio**

Non è stato rilevato nessun elemento di rischio.

### **3.5.4 Conclusioni**

L'area in oggetto non presenta vincoli o rischi significativi, pertanto non è necessaria la redazione di uno studio di fattibilità ambientale.

## **4. Geologia, idrologia, idraulica, geotecnica**

I dati riportati di seguito fanno riferimento alla documentazione messa gentilmente a disposizione dall'Ufficio Tecnico di Guidizzolo, ed in particolare allo studio geologico-tecnico commissionato nel 2009 dal Comune ad Atlante Studio, del Dott. Geologo Giorgio La Marca, e relativo al progetto preliminare della nuova Scuola dell'Infanzia, previsto a circa 330m a sud dal Liceo Artistico (zona con campitura rossa nell'estratto CTR riportato di seguito).

Benché non riferiti nello specifico all'area del Liceo, si ritiene infatti che le risultanze di tali indagini, specie per quanto attiene agli aspetti geologici, geomorfologici e idraulici, siano pienamente valide anche per il presente caso.

### **4.1. Aspetti geologici**

L'area del Liceo Artistico Statale Alessandro Dal Prato è situata in posizione quasi centrale rispetto all'abitato di Guidizzolo, come mostrato dal seguente estratto di mappa CTR.

Dal punto di vista geologico la zona del Comune di Guidizzolo ricade nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito originariamente da un'ampia depressione a carattere compressivo successivamente colmata nel tempo da sedimenti Mesozoici, Ternari e Quaternari. La successione litostratigrafica è caratterizzata da due complessi principali: uno superiore più recente formato da sedimenti continentali pleistocenici-olocenici depositati dai fiumi alpini e appenninici, ed uno inferiore più antico, costituito da sedimenti pliocenici-pleistocenici di origine marina. La zona di Guidizzolo è caratterizzata in particolare da una coltre di natura alluvionale formata da bancate di natura ghiaioso-sabbiosa intercalate a strati argilloso-limosi, con spessori che superano localmente i 350m.



Estratto Sezione CTR E7A1 "Guidizzolo" scala 1:10'000 – In evidenza

## 4.2. Aspetti geomorfologici e litografici

L'area comunale è posta al margine meridionale dell'Alta Pianura Mantovana, in cui domina la presenza degli ampi conoidi pedecollinari dell'anfiteatro morenico gardesano con pendenze medie locali dell'ordine di circa lo 0,2% e quote medie del piano campagna comprese tra 90m e 45m s.l.m.m.

In particolare la zona dell'istituto ha un'altezza media di circa 60m sul l.m.m.

La successione litostratigrafica locale è caratterizzata da un'alternanza irregolare di terreni di tipo morenico, con significativa componente ghiaiosa a medio addensamento nella parte settentrionale, e terreni a maggior componente dapprima sabbiosa e poi limoso argillosa, tipici della pianura, più a sud.

La zona dell'Istituto è caratterizzata da una prevalenza di componente ghiaiosa e non sono da rilevarsi fenomeni di instabilità o di potenziale dissesto.

### 4.3. Aspetti idrologici e idrogeologici e relativa vulnerabilità

il territorio comunale di Guidizzolo è posto tra i corsi intermedi dei fiumi Chiese ad ovest e Mincio ad est e presenta i caratteri tipici del passaggio dall'Alta alla Media pianura, con presenza di numerosi paleo alvei di drenaggio risalenti al periodo pleistocenico, e di una linea di risorgive, formata da fontanili, sia naturali che di origine antropica, che delimitano la risorgenza della falda freatica. Tra i paleo alvei è da citare in particolare il Seriola Birbesi, situato a poca distanza dal sito dell'Istituto, con orientamento da nord ovest a sud est, in parte modificato dall'uomo per alimentare i vicini mulini San Lorenzo e Boldrine, e recapitante nel Mincio. Sono inoltre presenti, specie ad ovest del centro abitato, alcuni specchi d'acqua, originatisi per allagamento di precedenti siti di attività estrattiva di inerti ghiaioso-sabbiosi, oltre ad una fitta rete di seriole e vasi di drenaggio, spesso comunicanti tra loro e in molti casi modificati per mano dell'uomo. Il regime delle portate in questi corsi d'acqua dipende dal regime della falda freatica, da cui traggono origine e di cui seguono l'andamento.

L'assetto idrologico sotterraneo è caratterizzato da un acquifero superficiale, di potenza pari a circa 70÷80m, all'interno del quale sono presenti alcuni setti impermeabili con scarsa continuità laterale che consentono un'ulteriore suddivisione secondo il seguente schema:

- Una prima falda di tipo freatico compresa tra il piano campagna e i 15÷20m, da cui attingevano alcuni pozzi locali attualmente dismessi;
- Una seconda falda posta tra -30m e -50m, sfruttata ancor oggi per pozzi ad uso civile;
- Una terza falda, posta a profondità compresa tra -65m e -80m dal piano campagna e interessata dai pozzi più recenti.

Sono inoltre presenti acquiferi più profondi, situati tra i 120m e i 185m di profondità, da cui attinge l'acquedotto comunale.

In prossimità dell'area dell'Istituto è situata la linea delle risorgive, lungo la quale si ha la risorgenza della falda, con fenomeni locali di falda sub affiorante.

Il flusso locale delle acque sotterranee è orientato in generale da ovest e est e presenta una perturbazione locale in corrispondenza del centro urbano, dovuta all'alterazione nell'acquifero indotta dai numerosi prelievi di acqua; il gradiente idraulico locale varia dallo 0,3% ad ovest all'1% a nord dell'abitato. Ad est e a sud del paese invece l'andamento è più regolare, con direzione prevalente da nord-nord ovest a sud-sud est e ancora gradienti variabili dallo 0,3% all'1%.

L'andamento temporale della falda freatica è di tipo sinusoidale, con periodo di ricarica compreso tra aprile e settembre.

La soggiacenza della falda varia da 20m a 1m nella zona a nord dell'abitato, mentre assume spesso valori anche inferiori a 0,5m a sud dell'abitato.

Nel caso specifico dell'area dell'Istituto, poiché non sono stati osservati fenomeni significativi di infiltrazioni d'acqua di natura freatica nei numerosi locali dei semi interrati, è da ritenersi che la falda sia posta localmente a quota inferiore a -2,00m dal p.c.

Per quanto concerne infine la vulnerabilità locale degli acquiferi e dei corpi idrici sotterranei interessanti la zona dell'Istituto, o comunque quella ad esso molto prossima, viene riportato nello studio precedentemente citato un grado di vulnerabilità all'inquinamento estremamente elevato, dovuto

all'estrema permeabilità dei depositi di natura ciottoloso-ghiaiosa-sabbiosa e alla presenza della linea delle risorgive.

## 5. Caratterizzazione geotecnica e sismica del terreno

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici e sismici si fa riferimento, oltre al già citato studio del Dott. Geol. La Marca, alle risultanze della campagna di indagini svolta nel 2017 dalla ditta P&P Consulting Engineers di Seriate (BG), nell'ambito delle analisi di vulnerabilità condotta dall'Ing. I. Sanguanini.

È innanzitutto doveroso sottolineare come il dimensionamento delle opere di fondazione dei fabbricati dell'istituto sia sempre stato condotto negli anni sulla base di una prassi locale consolidata, basata sull'assunzione di una capacità portante ammissibile dei terreni dell'ordine di  $3\text{kgf/cm}^2$  giustificata dalla natura ghiaioso-saggiosa dei terreni. Tale valore, se da un lato viene indirettamente suffragato dall'assenza di fenomeni di cedimento sui fabbricati, non trova tuttavia riscontro in nessuno studio specifico e risulta pertanto di limitata attendibilità, per lo meno secondo i moderni criteri richiesti dalla normativa attuale. Le indagini penetrometriche condotte dal Dott. Geol. La Marca indicano infatti una capacità portante ammissibile pari a 140kPa, di fatto pari a circa la metà del valore precedentemente citato.

Per quanto attiene alla classificazione sismica dei terreni, si fa riferimento all'indagine di tipo sismico attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), condotta da P&P Consulting Engineers di Seriate (BG), la quale ha evidenziato per il sito una velocità delle onde di taglio  $V_{s30}=350\text{m/s}$  corrispondenti ad un terreno di **categoria C** secondo la classificazione riportata nelle NTC2008.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs30 [m/s]	NSPT	Cu [kPa]
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata cu > 250 kPa)	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 < cu < 250 kPa)	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (NSPT < 15, cu < 70 kPa)	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille / limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s (10 < cu < 20 kPa)	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Gli interventi di adeguamento sismico qui analizzati comporteranno pertanto la realizzazione di nuove opere di fondazione con quota di imposta posizionata a circa -1,20m dall'attuale p.c., in modo da evitare possibili interferenze con la falda, e faranno riferimento ad una capacità portante ammissibile da assumersi in via cautelativa pari a 140 kPa.

Si consiglia comunque, in fase di progetto definitivo o esecutivo degli interventi di adeguamento, di eseguire nuove indagini geognostiche atte ad inquadrare compiutamente ed adeguatamente il sito secondo i moderni criteri geotecnici richiesti dalla normativa.

## 6. I parametri di definizione dell'input sismico

Si riportano brevemente qui di seguito i principali parametri che concorrono a definire la domanda di performance sismica, secondo il moderno approccio prestazionale della normativa.

La vita nominale delle strutture del Liceo, sulla base dei valori riportati in tabella 2.4.1 delle NTC2008, è assunta pari a:  $V_N=50$  anni.

**Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Si fa notare per inciso come molte delle unità strutturali, tra cui i corpi A, B, D ed E, abbiano già oltrepassato tale periodo utile.

Gli edifici sono inoltre classificabili come “*Edifici che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso in ragione del loro affollamento*”, e ricadono pertanto nella Classe d’Uso III, secondo la tabella di cui al paragrafo 2.4.2 delle NTC2008, qui sotto riportata.

### 2.4.2 CLASSI D’USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d’uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Classi d’uso secondo le NTC2008

Il coefficiente di utilizzo associato è  $C_U=1,5$  con conseguente periodo di riferimento pari a:

$$V_R=1,5 \cdot 50 \text{ anni}=75 \text{ anni.}$$

Il Comune di Guidizzolo ricade in zona 3, sia secondo la zonizzazione sismica introdotta con l' O.P.C.M. 3274 del 2003 e dall'O.P.C.M. 3519 del 2006, sia secondo il recente DGR dell'11 luglio 2014 n. X/2129, entrato in vigore il 10 aprile 2016, con cui la Regione Lombardia ha rivisto la zonizzazione sismica regionale e i valori dell'accelerazione di picco  $a_{g, max}$  per lo stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Se ne riporta qui di seguito uno stralcio con indicato il valore dell'accelerazione massima di riferimento  $a_{g, max}$ .

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03020028	MN	GUIDIZZOLO	3	0,143614

Gli interventi di adeguamento, così come già il precedente studio di vulnerabilità, dovranno fare riferimento a quest'ultima zonizzazione, in modo da essere aggiornati con i più recenti valori di riferimento e consentire una più ampia validità temporale dei risultati conseguiti in termini di sicurezza.

La seguente tabella riporta i parametri di definizione degli spettri sismici per il sito del Liceo, aggiornati secondo il DGR X/2129.

Sito: Guidizzolo, Istituto Dal Prato						
Latitudine: 45.318062						
Longitudine: 10.584329						
Valori secondo zonizzazione NTC2008				Valori secondo zonizzazione DGR X/2129		
	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]	$a_{g, max}$ DGR2129 [g]	$\alpha$
SLO	30	0.03710	2.54497	0.22465		
SLD	50	0.04846	2.49417	0.25484		
	72	0.05809	2.51518	0.25916		
	101	0.06919	2.50932	0.26202		
	140	0.08020	2.51717	0.26289		
	201	0.09548	2.47576	0.26640		
SLV	475	0.13786	2.44069	0.27803	0.14361	1.0417354
SLC	975	0.18091	2.46365	0.27889		
	2475	0.25392	2.40254	0.28972		

L'immagine seguente individua invece il sito del Liceo all'interno della cella di zonizzazione sismica secondo le NTC2008.

Via  n°

Comune  Cap

Provincia

---

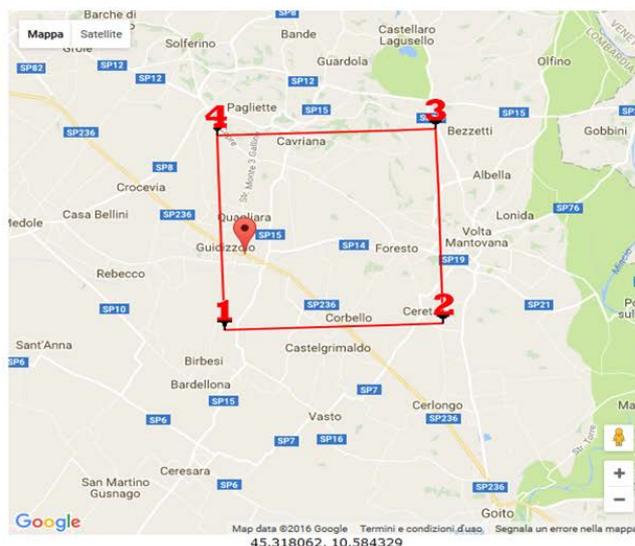
(1)\* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine  Longitudine

---

(1)\* Coordinate ED50 (°)

Latitudine  Longitudine



## 7. Titoli di godimento delle aree e degli immobili

Gli immobili oggetto degli interventi di adeguamento, nonché le aree ad essi pertinenti, risultano di proprietà della Provincia di Mantova.

## 8. Lo stato attuale e i livelli di vulnerabilità

La normativa attuale contempla due possibili livelli di intervento migliorativo sugli edifici esistenti, denominati rispettivamente “interventi di miglioramento” e “interventi di adeguamento”.

Con la prima categoria si intendono interventi sull’esistente che, pur andando al di là del mero ripristino locale e comportando in quanto tali anche una preventiva valutazione numerica del funzionamento strutturale globale pre-intervento, non mirano al conseguimento dello stesso livello di sicurezza in termini di resistenza di un edificio moderno di nuova costruzione, specie per quanto riguarda la resistenza alle azioni sismiche, spesso non contemplate nella progettazione passata.

Con la seconda categoria si intende invece una serie di interventi che mirino al conseguimento di livelli di sicurezza paragonabili a quelli di un edificio nuovo, con la sola eccezione del rispetto delle prescrizioni sui minimi dimensionali degli elementi e delle armature chiaramente impossibili da rispettare a priori.

Come già anticipato nell’introduzione, il presente studio di fattibilità è direttamente orientato a valutare il conseguimento di un adeguamento sismico su tutti gli edifici del Liceo Artistico.

La tabella seguente riporta in forma schematica le risultanze delle analisi di vulnerabilità condotte nel 2017, indicando per ciascuna unità strutturale i tre parametri di vulnerabilità di prassi. In particolare l’indice di vulnerabilità a cui si fa solitamente riferimento risulta essere il fattore di accelerazione  $\alpha_{a,SLV}$ .

Unità strutturale	Indici di vulnerabilità		
	Indice di sicurezza $I_{s,SLV}$	Indicatore di rischio $I_{R,SLV}$	Fattore di accelerazione $\alpha_{a,SLV}$
A-B-C-D	4,21 %	27,29 %	14 %
E-F	4,21 %	27,29 %	14,3 %
G	15,19 %*	46,17 %*	47 %*
H	9,33 %	37,82 %	36,5 %
I	25,26 %	56,89 %	59 %

\*) Indici di vulnerabilità prescindendo dalla criticità a taglio delle travi.

I valori sopra riportati mostrano in generale una discreta resistenza delle unità strutturali più recenti (G, H e I), mentre le unità più datate riportano indici di vulnerabilità più penalizzanti (unità A-B-C-D e E-F).

In realtà, come ampiamente spiegato nella relazione di vulnerabilità sismica a cui si rimanda per maggiori dettagli in merito, i valori riportati fanno riferimento al più piccolo fattore di accelerazione che porta alla crisi dei principali elementi strutturali, siano essi travi, pilastri, pareti o lame di taglio .

In alcuni casi, come per le unità F, G e H, le analisi svolte hanno mostrato la presenza di criticità su elementi strutturali, tipicamente travi, già per i normali casi di carico statico, dovute generalmente ad errata progettazione a taglio, con la conseguente impossibilità, come nel caso di una trave dell'unità G, di poter procedere con le verifiche sismiche di normativa. In questi casi pertanto l'indice di vulnerabilità riflette la vulnerabilità teorica che si avrebbe prescindendo da tali elementi critici, che altrimenti porterebbero ad un indice nullo.

In altri casi, come per il complesso strutturale A-B-C-D, l'indice di vulnerabilità è legato ai soli meccanismi locali, mentre il comportamento globale dell'unità risulta notevolmente più resistente, con valori anche superiori alla domanda di normativa.

## 9. Il progetto di adeguamento sismico

Si riportano qui di seguito i criteri guida su cui sono state impostate le proposte di adeguamento, successivamente illustrate nel dettaglio per ciascuna unità strutturale. Essi tengono conto, come già detto, sia delle risultanze delle analisi di vulnerabilità precedentemente condotte, sia della campagna di rilievo svolta sulla documentazione storico-progettuale, sulla geometria architettonica e strutturale e sulla presenza di elementi locali di degrado o dissesto. L'articolazione proposta per i lavori terrà conto della distribuzione planimetrica degli spazi e delle destinazioni d'uso dei locali, mirando a contenere il più possibile le interferenze con l'attività scolastica.

L'intervento di adeguamento sismico proposto si articola in 5 fasi, ognuna delle quali corrisponde ad una o più unità strutturali tra quelle precedentemente individuate nello studio di vulnerabilità. Data la presenza di cofinanziamenti già in corso per interventi di ristrutturazione presso l'Istituto, i lavori di adeguamento saranno organizzati in due lotti principali, a loro volta suddivisi in una o più fasi:

- 1- un primo lotto, composto da un'unica fase, riguarderà gli edifici E ed F, e sfrutterà buona parte dei cofinanziamenti già disponibili;
- 2- un secondo lotto, a sua volta articolato in 4 fasi, riguarderà i restanti edifici secondo il seguente schema:
  - fase 1: edifici G e I;
  - fase 2: edificio H;
  - fase 3: edificio D;
  - fase 4: edifici A,B e C.

Si precisa che le soluzioni progettuali qui riportate riguardano una prima ipotesi di fattibilità, le cui reali implicazioni tecniche ed economiche potranno definirsi appieno solo a livello dei successivi progetti definitivi ed esecutivi.

## 9.1. Adeguamento dell'unità strutturale E-F

### 9.1.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali

Il progetto di intervento qui proposto prevede come step iniziale l'adeguamento delle strutture dei corpi E ed F. La scelta di iniziare con queste due unità è dettata da un lato dall'aver già inserito in programma, da parte della Provincia, alcuni interventi di manutenzione straordinaria sulle facciate degli stessi; dall'altro presenta il vantaggio di mettere subito a disposizione dell'Istituto e della comunità locale uno stabile di grande capienza, quale la palestra, che, in caso di calamità, può assumere rilevanza ai fini della protezione civile e che risulta dotato di entrate autonome e di scale antincendio ai piani.

Come emerso dai rilievi condotti nel 2017, benché i due corpi di fabbrica siano stati eretti a distanza di circa 10 anni l'uno dall'altro, rispettivamente nel 1963 e nel 1973, costituiscono di fatto una singola unità strutturale. Tale unicità viene qui mantenuta anche a livello di intervento di adeguamento. Procedere infatti con un intervento di separazione fisica dei due edifici all'interfaccia non risolverebbe l'irregolarità in pianta ed in elevazione del complesso, limitandosi di fatto a trasferirla al solo edificio F. Analogamente, un intervento che preveda il distacco del corpo palestra dal resto del complesso risulta esecutivamente oneroso, dovendo richiedere la realizzazione di nuovi telai strutturali all'interno dell'edificio, con scavi in luogo confinato per la realizzazione di nuovi plinti di fondazione e l'inserimento di nuovi pilastri e travi in c.a.

Si è preferito dunque optare per un intervento che affronti l'intero complesso dei corpi E ed F come una singola unità, senza pertanto modificare lo schema strutturale attuale, ma procedendo più semplicemente al rinforzo dei vari elementi che hanno manifestato carenze a fronte di combinazioni di carico di tipo sismico, come emerso dalla valutazione di vulnerabilità sismica.

Questi si concentrano prevalentemente sui lati nord e ovest della palestra, in corrispondenza dei tratti di pilastro compresi tra piano semi interrato e primo solaio, e nelle due lame di taglio degli spigoli nord-ovest e sud-ovest, compresi i pilastri fuori terra adiacenti. Le crisi sono legate prevalentemente a problemi di resistenza a taglio a causa della scarsa armatura cerchiante presente, mentre alcuni problemi di resistenza flessionale dei pilastri sono imputabili alla deformabilità della copertura della palestra, di tipo non rigido, e alla continuità fisica con le pareti di taglio che, data la notevole inerzia, tendono a concentrare su di esse i taglianti di piano. Oltre a risolvere queste carenze legate alla risposta ai carichi sismici, occorre affrontare anche alcune carenze a livello locale in alcune travi interne dei primi due solai del corpo F, dovute a staffatura insufficiente all'origine.

L'intervento qui proposto prevede il rinforzo degli elementi vulnerabili a taglio precedentemente individuati mediante applicazione, sulla superficie opportunamente preparata, di composti fibrorinforzati a base di fibre P.B.O o carbonio e con matrice di tipo inorganico di natura cementizia.

Pur avendo un leggero maggior costo rispetto ai tradizionali rinforzi con fibre di carbonio e matrice polimerica, di cui mantengono peraltro i vantaggi in termini di limitatissima invasività del risultato finale rispetto alla condizione preesistente, essi presentano il vantaggio di avere già in partenza una elevata resistenza al fuoco. Tale soluzione presenta inoltre i seguenti ulteriori vantaggi:

- Assenza della necessità di manodopera specializzata come nel caso della posa di composti a matrice polimerica.

- Maggior facilità di applicazione, trattandosi di matrici di tipo cementizio con tempi di presa paragonabili a quelle di un normale prodotto di questa categoria.
- Possibilità di eseguire i rinforzi in maniera progressiva con l'utilizzo di limitate attrezzature di cantiere quali trabattelli riposizionabili di volta in volta.
- Mantenimento pressoché inalterato dell'estetica attuale degli edifici rinforzati.

Per il rinforzo a presso flessione di alcuni pilastri della palestra, posti uno sul fronte nord e quattro sul fronte ovest, si prevede invece un 'intervento con la tecnica dell'incamiciatura in c.a., o in alternativa una incamiciatura in acciaio. L'aumento di sezione resistente verrebbe contenuto al minimo indispensabile per non modificare sensibilmente la distribuzione delle rigidità di piano e avverrebbe di preferenza nel piano della parete, in modo da modificare il meno possibile sia la superficie interna della palestra che l'estetica esterna dell'edificio.

Oltre ai recedenti rinforzi, sono previsti anche i seguenti interventi:

- Fissaggio delle travi/tegolo di copertura della palestra alle travi perimetrali mediante squadrette metalliche.
- Irrigidimento del solaio di copertura della palestra mediante posa, all'intradosso, di tiranti in tondo Ø20mm, dotati ciascuno di tenditore, con funzione di controvento, disposti a croce di S. Andrea e opportunamente fissati alle travi perimetrali in c.a. in modo da realizzare uno schema a traliccio isostatico.

Accanto agli interventi sulla struttura portante primaria, è previsto il rinforzo delle specchiature di tamponamento più vulnerabili e maggiormente soggette a rischio di espulsione, a cominciare da quelle di notevole altezza della palestra. I tamponamenti presenti sono del tipo a cassa a vuoto, con paramento interno in blocchi di laterizio tipo doppio UNI e paramento esterno in mattoni pieni o semi pieni faccia a vista. A rigore occorrerebbe contrastare l'espulsione di entrambe i paramenti. Procedere alla messa in sicurezza di entrambi si rivela tuttavia molto oneroso, oltre che incompatibile con la presenza di una superficie faccia a vista in esterno. Per tale motivo, considerata la bassa probabilità di presenza di persone in esterno sui fronti nord, ovest e sud, dove si concentrano i tamponamenti di maggior estensione, è possibile o limitare l'intervento al solo paramento interno, salvaguardando in tal modo l'incolumità degli occupanti, oppure prevedere la posa di "spille" di collegamento tra i due paramenti, in ragione di almeno 4 al m<sup>2</sup>, nascondendole nei corsi di malta del paramento esterno.

L'intervento sui tamponamenti prevede pertanto per ciascuno di essi l'applicazione sul paramento interno di una cerchiatura/riquadratura con fasce in composito fibrorinforzato a matrice cementizia, ancorato alle travi ed ai pilastri perimetrali in c.a. mediante inserimento in questi ultimi di opportuni fiocchi, sempre in materiale composito.

Le operazioni di rimozione degli intonaci, degli eventuali sottofondi e pavimenti all'estradosso delle travi e dei tamponamenti in aderenza agli elementi in c.a. da rinforzare, necessarie al fine di predisporre adeguatamente le superfici, saranno anche in questo caso abbinate ove possibile a quelle di preparazione del rinforzo dei tamponamenti.

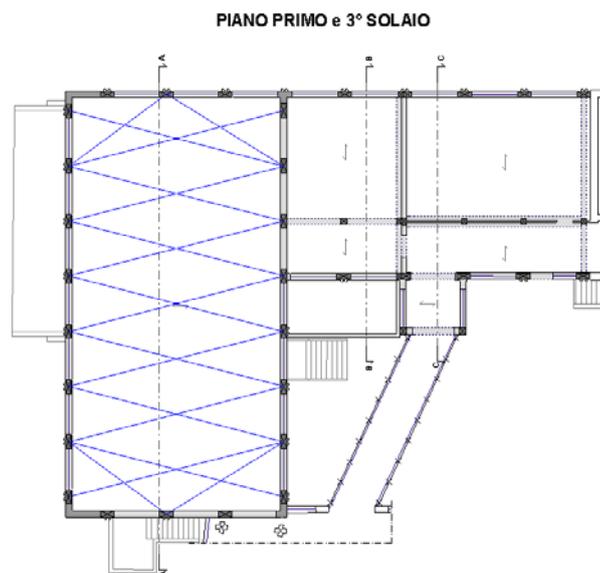
Oltre a questi interventi, per poter procedere alla fasciatura delle travi perimetrali sono da prevedere anche lo smontaggio, la sagomatura e il successivo rimontaggio della maggior parte dei serramenti esterni. Dal momento che lo strato di rinforzo applicato agli elementi strutturali si limita nel caso della fasciatura a circa 15÷20mm, è possibile infatti limitarsi ad una semplice ed economica ri-sagomatura dei profili in

alluminio o ferro dei telai. Nel caso dell'incamiciatura dei pilastri è invece necessario prevedere la la modifica dei moduli laterali delle finestrate.

L'immagine seguente riporta l'indicazione delle zone di intervento principali sulle facciate esterne e lo schema di controventamento per la copertura del tetto.



Schema di rinforzo degli elementi strutturali vulnerabili e dei tamponamenti di facciata dell'unità E-F



Schema di rinforzo della copertura della palestra

Non sono previsti interventi sulle fondazioni dal momento che gli interventi proposti non comportano variazioni sensibili dei carichi gravanti sulle strutture.

### 9.1.2. Lavorazioni previste

Si riportano qui di seguito le principali lavorazioni previste:

- Realizzazione di ponteggio sui lati nord, ovest e est.
- Predisposizione delle superfici da rinforzare mediante applicazione di fibre, con rimozione degli intonaci di rivestimento, degli eventuali massetti e pavimenti e dei tamponamenti in

- aderenza agli elementi oggetto di rinforzo e con arrotondamento degli eventuali spigoli, cercando comunque di contenere al massimo le dimensioni degli scassi praticati.
- Smontaggio dei serramenti compresi i relativi telai, aderenti agli elementi da rinforzare mediante fibre e risagomatura dei telai.
  - Rinforzo degli elementi vulnerabili del telaio in c.a. (travi, pilastri, pareti di taglio) mediante applicazione di uno o più strati di fibre P.B.O o carbonio abbinati a matrice inorganica di tipo cementizio, secondo le direzioni e le composizioni stratigrafiche derivanti dal progetto esecutivo.
  - Esecuzione delle incamiciature in c.a. e/o acciaio dei pilastri necessitanti rinforzo a flessione.
  - Rinforzo dei tamponamenti vulnerabili mediante applicazione di cerchiature in fasce fibrorinforzate (sempre con matrice inorganica di tipo cementizio) con fiocchi di ancoraggio sugli elementi in c.a. perimetrali.
  - Smontaggio del controsoffitto della palestra.
  - Posa dei controventi metallici intradossali della copertura della palestra e delle squadrette di collegamento dei tegoli in c.a.p.
  - Rimontaggio del controsoffitto della palestra.
  - Ripristino degli intonaci di rivestimento e delle tinteggiature.
  - Ripristino dei massetti e dei pavimenti nelle zone di intervento sulle travi di solaio.
  - Rimontaggio dei serramenti.

### **9.1.3. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento**

Gli interventi di adeguamento comporteranno l'impiego di materiali conformi alla normativa vigente, ed in particolare a quanto specificato al capitolo 11 del DM 14/01/2008, avendo cura di predisporre opportuni provini per la certificazione dei materiali ove ritenuto necessario da parte del D.L. Sono previsti in particolare i seguenti materiali:

- Sistema di rinforzo in fibre P.B.O. o carbonio abbinato a matrice inorganica di natura cementizia.
- Calcestruzzo per getti di elementi in quota classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC1 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 20\text{mm}$  e copri ferro  $\geq 30\text{mm}$ .
- Ferri di armatura in acciaio B450C.
- Acciaio da carpenteria classe S275 JR (per profili, piatti, imbottiture), zincato a caldo prima della messa in opera.
- Bulloneria (bulloni, viti e barre filettate) classe 8.8 e dadi classe S8.
- Malte ad alta resistenza e ritiro compensato, tipo EMACO S55 per il ripristino locale di copriferri e per l'inghisaggio di eventuali connettori. Dovranno in ogni caso essere osservate le prescrizioni di posa in opera fornite dal produttore.

### **9.1.4. Criteri di progettazione degli impianti**

Non sono previste modifiche agli impianti in essere, se non la loro necessaria armonizzazione con le eventuali modifiche intervenute agli elementi di rivestimento.

#### **9.1.5. Superamento delle barriere architettoniche**

L'intervento proposto non modifica le dimensioni e la distribuzione degli accessi attualmente presenti.

#### **9.1.6. Interferenze con le attività scolastiche**

L'intervento sui corpi E-F viene studiato in modo tale da ridurre al minimo le interferenze con le attività dell'Istituto. In particolare l'area di cantiere verrà allestita in modo tale da precluderne l'accesso ai non addetti ai lavori, chiudendo i passaggi di comunicazione con l'attiguo corpo A e il ponte I e recintando opportunamente l'area sui fronti nord, sud e sul perimetro affacciante sul cortile interno dell'Istituto. Quest'ultimo ha dimensioni sufficienti per garantire spazio sufficiente al passaggio del personale e degli studenti diretti alle aule del corpo H e al magazzino adiacente. Oltre alla possibilità di passaggio a piano terra, resta comunque pienamente transitabile il corridoio in quota G. L'accesso all'area di cantiere da parte dei mezzi e del personale delle ditte incaricate può avvenire attraverso l'entrata sud dell'Istituto, ponendo tuttavia attenzione all'eventuale interferenza con il transito di studenti e docenti. In caso di necessità di ulteriore spazio per lo stoccaggio dei materiali, può essere utilizzata l'area a verde immediatamente a sud del vano scale esterno, in prossimità della quale si trova anche una piazzola per l'eventuale carico/scarico.

## **9.2. Adeguamento delle unità strutturali G ed I**

### **9.2.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali**

Successivamente ai corpi E ed F, l'intervento qui proposto prevede l'intervento sul ponte metallico di collegamento (unità strutturale I) e sul corridoio pensile (unità strutturale G). Pur trattandosi di semplici elementi di raccordo tra gli edifici ospitanti le aule ed i laboratori, la loro funzione appare comunque rilevante al fine di assicurare la fruibilità degli spazi durante tutto l'intervento di adeguamento dell'istituto.

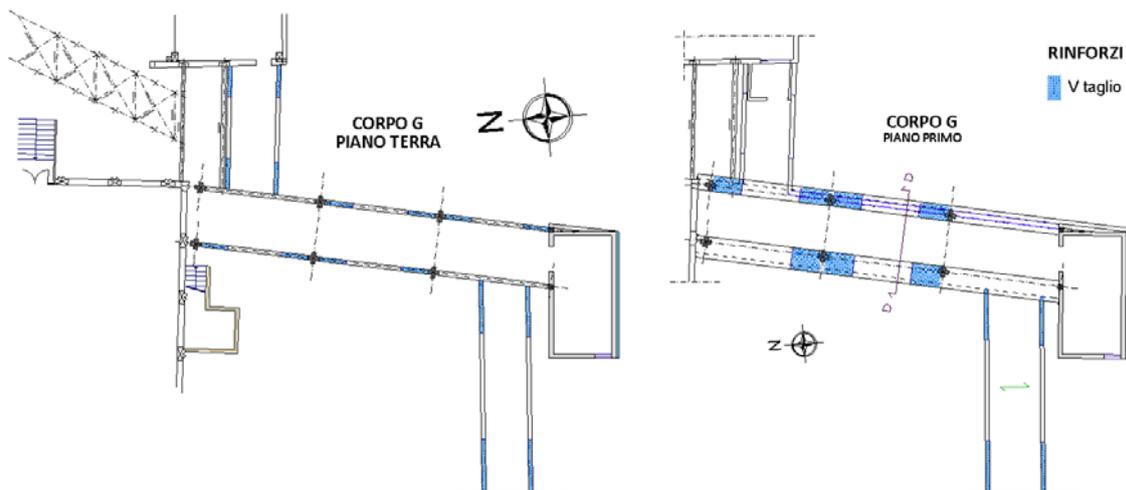
Pur trattandosi di due unità strutturali distinte, vengono qui riunite assieme in ragione dei pochi interventi necessari ad assicurare l'adeguamento del ponte. Questo infatti non presenta particolari vulnerabilità, se non negli ancoraggi bullonati di fissaggio alle travi metalliche del solaio del corridoio G. Tenuto conto del fatto che gli spostamenti degli appoggi, qualora si avesse rottura dei bulloni di fissaggio, sono comunque limitati a pochi centimetri, viene qui proposto un intervento consistente nel fissare alle travi IPE450 esistenti due nuove mensole, in piatto metallico di opportuno spessore, così da aumentare la superficie di appoggio e scongiurare il venir meno dello stesso a seguito degli spostamenti indotti dal sisma. Dal lato del corpo E si ritiene invece che l'annegamento dei correnti del ponte per una lunghezza di circa 30cm nel getto dell'architrave in c.a. del portale di ingresso sia sufficiente a prevenire comunque il collasso dell'appoggio.

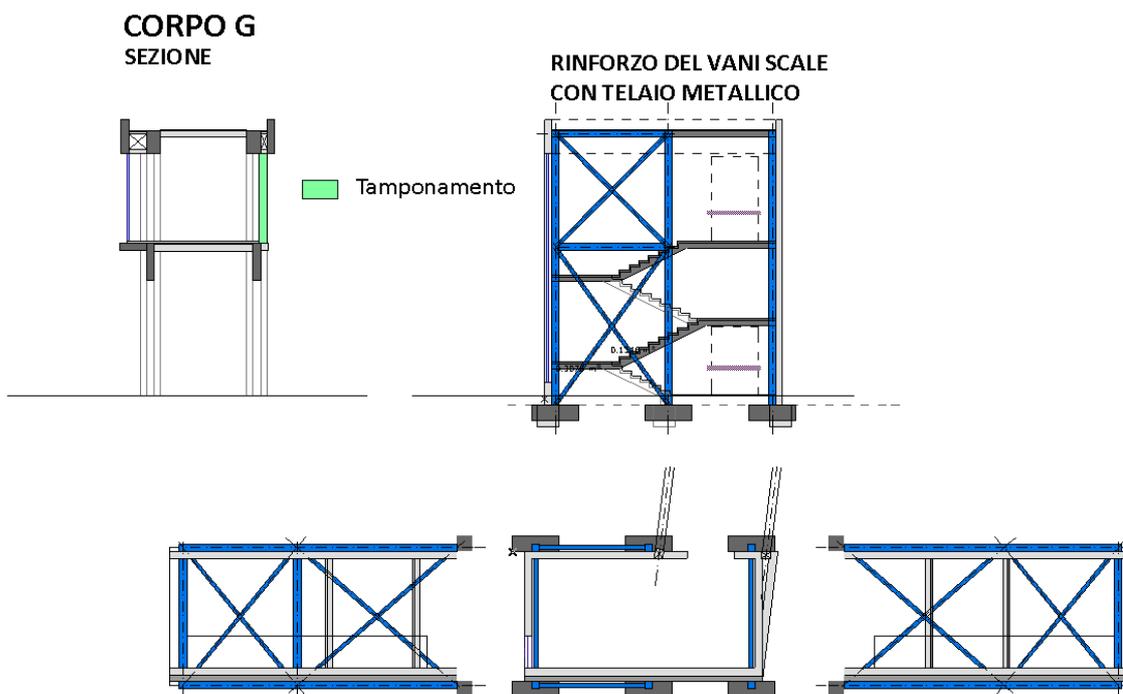
Per quanto riguarda il corridoio pensile G, le indagini di vulnerabilità hanno messo in evidenza la carenza di una trave del ponte di collegamento con il corpo D già per i semplici carichi di natura statica. A questa si aggiungono le carenze a taglio di numerose travi e delle pareti del vano scale in presenza di carichi di natura sismica. I pilastri invece, aventi sezione a croce, non hanno evidenziato criticità.

L'intervento di adeguamento prevede anche in questo caso il rinforzo degli elementi vulnerabili lineari mediante applicazione, sulle superfici opportunamente preparate, di composti fibrorinforzati a base di fibre P.B.O o carbonio e con matrice di tipo inorganico di natura cementizia. Le procedure di applicazione sono le stesse già utilizzate per la precedente unità strutturale E-F. Per quanto riguarda il rinforzo delle pareti del vano scale, data la notevole estensione delle stesse, invece di ricorrere a fasciature si preferisce introdurre quattro telai metallici perimetrali di irrigidimento. Questi verranno disposti a coppie secondo le due direzioni delle pareti; in particolare i due telai di direzione est-ovest verranno posizionati in esterno a contatto con le pareti, mentre quelli di direzione nord-sud verranno posizionati in interno, avendo cura di assicurare la continuità dei profili metallici attraverso le solette in c.a. dei ballatoi per mezzo di apposite aperture negli stessi. Ciascun telaio risulterà costituito da una coppia di colonne in profilo HEA240, abbinate a due travi, anch'esse in profilo HEA240, poste a quota rispettivamente del secondo pianerottolo e della soletta di copertura. Completano il tutto due coppie di controventi in profilo UPN120. I telai verranno solidarizzati alle pareti in c.a. in corrispondenza dei nodi mediante piastre e connettori metallici ancorati chimicamente o passanti. Al piede di ciascuna colonna verrà realizzato un plinto di dimensioni indicative 150x50xh50cm in calcestruzzo armato C25/30, da ancorare al getto delle travi rovesce di fondazione delle pareti.

Come già visto per l'intervento sull'unità strutturale E-F, anche in questo caso sarà necessario procedere allo smontaggio dei serramenti del corridoio e ad una risagomatura dei telai, al fine di recuperare i 15÷20mm necessari per la fasciatura di rinforzo e poter procedere successivamente con il rimontaggio.

Le immagini seguenti illustrano lo schema di intervento studiato.





Schema di rinforzo degli elementi strutturali vulnerabili e delle pareti del vano scale dell'unità G

I tamponamenti del lato est del corridoio verranno rinforzati anche in questo caso mediante l'applicazione sul paramento interno di una cerchiatura/riquadatura con fasce in composito fibrorinforzato a matrice cementizia, ancorato alle travi ed ai pilastri perimetrali in c.a. mediante inserimento in questi ultimi di opportuni fiocchi, sempre in materiale composito.

Le operazioni di rimozione degli intonaci superficiali, degli eventuali sottofondi e pavimenti all'estradosso delle travi e dei tamponamenti in aderenza agli elementi in c.a. da rinforzare, necessarie al fine di predisporre adeguatamente le superfici, saranno anche in questo caso abbinate ove possibile a quelle di preparazione del rinforzo dei tamponamenti.

Per quanto concerne il rinforzo dell'estremità ovest del ponte di collegamento con l'unità strutturale H, si rimanda alla descrizione dell'intervento di adeguamento di quest'ultima.

### 9.2.2. Lavorazioni previste

Si riportano qui di seguito le principali lavorazioni previste:

- Predisposizione delle superfici da rinforzare mediante applicazione di fibre, con rimozione degli intonaci di rivestimento, degli eventuali massetti e pavimenti e dei tamponamenti in aderenza agli elementi oggetto di rinforzo e con arrotondamento degli eventuali spigoli, cercando comunque di contenere al massimo le dimensioni degli scassi praticati.
- Smontaggio dei serramenti compresi i relativi telai, aderenti agli elementi da rinforzare mediante fibre e risagomatura dei telai.
- Rinforzo delle travi in c.a. vulnerabili mediante applicazione di uno o più strati di fibre P.B.O o carbonio abbinati a matrice inorganica di tipo cementizio, secondo le direzioni e le composizioni stratigrafiche derivanti dal progetto esecutivo.

- Scavo e getto dei plinti in c.a. di fondazione dei telai metallici di irrigidimento del vano scale.
- Realizzazione dei necessari scassi nelle solette in c.a. dei pianerottoli del vano scale.
- Montaggio dei telai metallici e solidarizzazione alle pareti in c.a.
- Rinforzo dei tamponamenti vulnerabili mediante applicazione di cerchiature in fasce fibrorinforzate (sempre con matrice inorganica di tipo cementizio) con fiocchi di ancoraggio sugli elementi in c.a. perimetrali.
- Ripristino degli intonaci di rivestimento e delle tinteggiature.
- Ripristino dei massetti, dei pavimenti e delle guaine impermeabilizzanti nelle zone di intervento sulle travi di solaio.
- Rimontaggio dei serramenti.

### **9.2.3. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento**

Gli interventi di adeguamento comporteranno l'impiego di materiali conformi alla normativa vigente, ed in particolare a quanto specificato al capitolo 11 del DM 14/01/2008, avendo cura di predisporre opportuni provini per la certificazione dei materiali ove ritenuto necessario da parte del D.L. Sono previsti in particolare i seguenti materiali:

- Sistema di rinforzo in fibre P.B.O. o carbonio abbinato a matrice inorganica di natura cementizia.
- Calcestruzzo per plinti di fondazione classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC2 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 25\text{mm}$  e copri ferro  $\geq 40\text{mm}$ .
- Ferri di armatura in acciaio B450C.
- Acciaio da carpenteria classe S275 JR (per profili, piatti, imbottiture), zincato a caldo prima della messa in opera.
- Bulloneria (bulloni, viti e barre filettate) classe 8.8 e dadi classe S8.
- Tasselli chimici tipo HILTI HVU abbinati a barre filettate tipo HAS o equivalenti di altra marca.
- Malte ad alta resistenza e ritiro compensato, tipo EMACO S55 per il ripristino locale di copriferri e per l'inghisaggio di eventuali connettori. Dovranno in ogni caso essere osservate le prescrizioni di posa in opera fornite dal produttore.

### **9.2.4. Criteri di progettazione degli impianti**

Non sono previste modifiche agli impianti in essere, se non la loro necessaria armonizzazione con le eventuali modifiche intervenute agli elementi di rivestimento.

### **9.2.5. Superamento delle barriere architettoniche**

L'intervento proposto non modifica le dimensioni e la distribuzione degli accessi attualmente presenti.

### **9.2.6. Interferenze con le attività scolastiche**

L'intervento sui corpi G e I verrà svolto necessariamente in due o più step temporali, in modo da non interrompere il collegamento tra il corpo H e il resto degli edifici. In un primo tempo si procederà a perimetrare la parte nord del piano terra del corpo G e del corpo I per realizzare gli interventi di rinforzo sulle travi all'intradosso del primo solaio e sui giunti di estremità del ponte. La possibilità di collegamento tra il corpo H e il resto dell'istituto è assicurata in tal caso dal ponte metallico e dal corridoio pensile con relativo vano scale per la discesa a piano terra. In un secondo tempo verranno invece svolti i lavori di smontaggio serramenti e rinforzo al primo piano del corridoio. Il collegamento interno dell'Istituto verrà assicurato a piano terra mediante un passaggio protetto sotto tutto il corridoio a ridosso del muro di confine e a primo piano mediante il vano scale esterno e il ponte di collegamento al corpo H. Una terza e ultima fase di lavorazione consentirà infine lo smontaggio dei serramenti e il rinforzo delle travi del ponte di collegamento al corpo H e il rinforzo del vano scale esterno. In questo caso il collegamento interno all'Istituto avverrà a piano terra tramite il cortile e a primo piano tramite la scala antincendio presente sul fronte nord del corpo H.

Anche in questo caso può essere utilizzata l'area a verde immediatamente a sud del vano scale esterno e la vicina piazzola come aree di cantiere, nonché carico/scarico.

### **9.3. Adeguamento dell'unità strutturale H**

#### **9.3.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali**

Il corpo H è posto a sud ovest del complesso dell'Istituto, in posizione decentrata. Le analisi di vulnerabilità condotte dal sottoscritto nel hanno mostrato la presenza di carenze, già per normali carichi di natura statica, su alcune travi interne di solaio. Queste criticità sono già state oggetto di intervento nel settembre del 2017, avendo provveduto a realizzare sotto le stesse nuove pareti in blocchi di laterizio strutturale. Le attuali carenze sono pertanto legate essenzialmente allo schema statico dell'edificio, costituito da una serie di setti murari tutti allineati da nord a sud, che conferiscono inevitabilmente una forte disuniformità nella risposta dinamica dell'insieme. Mentre infatti in direzione nord-sud l'edificio può contare su 6 setti murari allineati, in direzione est-ovest la capacità di contrastare forze orizzontali è affidata quasi esclusivamente alla scarsa resistenza flessionale dei pilastri posti agli estremi dei setti (direzione avente inerzia nettamente minore), e al contrasto esercitato dal ponte di collegamento col corridoio pensile G.

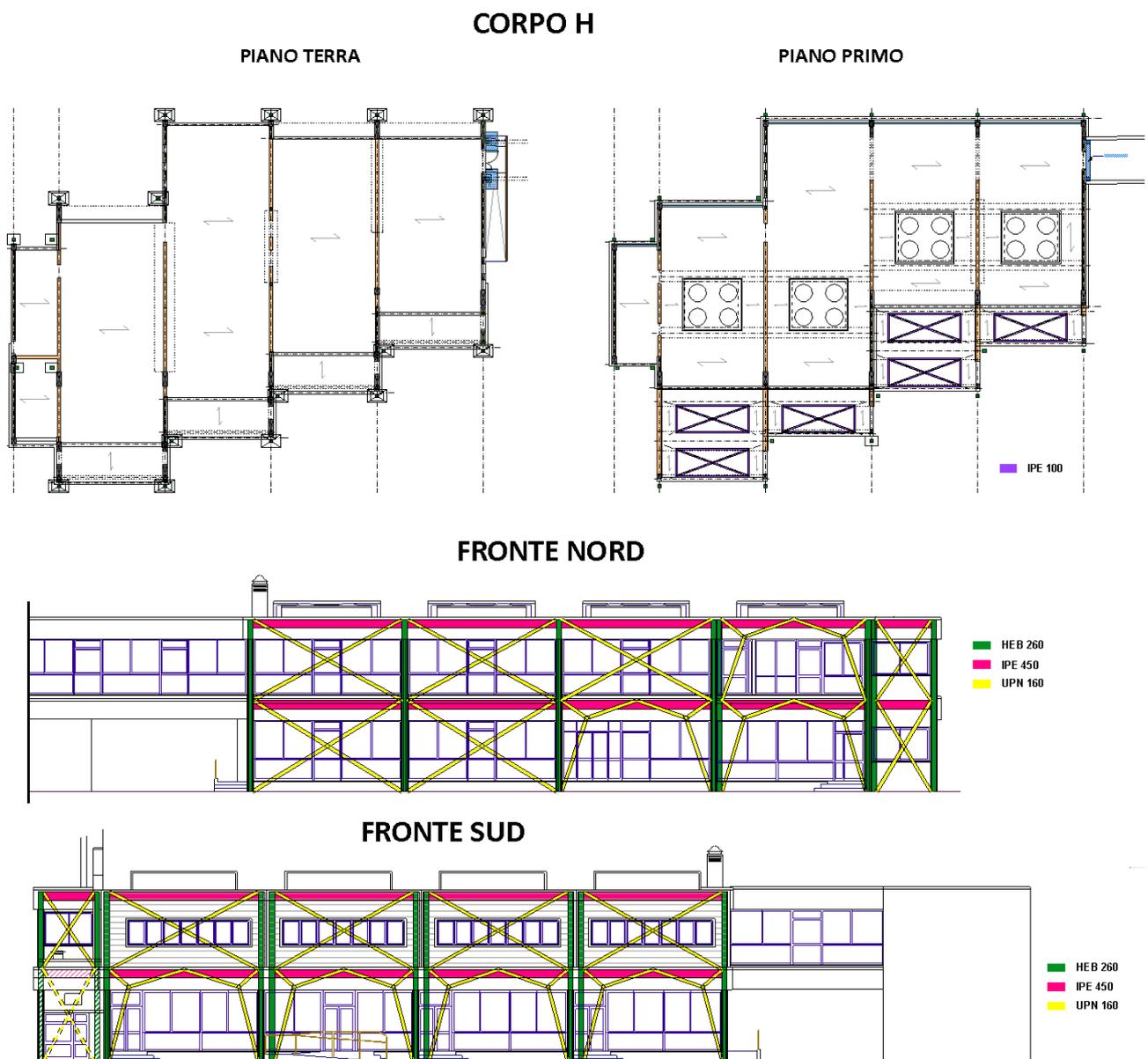
Poiché le analisi di vulnerabilità hanno mostrato una resistenza più che adeguata in direzione nord-sud, l'intervento di adeguamento sismico qui proposto si concentra sul fornire resistenza in direzione est-ovest. Esso prevede la realizzazione di una serie di telai metallici di controvento a due piani, applicati in esterno a ciascuna campata dei fronti nord e sud. In corrispondenza delle entrate sia a piano terra che a primo piano, al posto di controventi del tipo a croce di S. Andrea, verranno realizzati controventi a portale, in grado di garantire adeguatamente il transito. Le travi dei telai metallici saranno invece posizionate sotto le attuali velette in c.a.

Ciascun telaio risulterà costituito da una coppia di colonne, indicativamente in profilo HEB260, allineate con l'asse dei setti murari e abbinata a due travi in profilo IPE450, poste a quota rispettivamente del primo solaio e della copertura. I controventi saranno costituiti invece da profili UPN160 incrociati. I telai verranno solidarizzati ai pilastri di testa dei setti e alle pareti esterne in c.a. in corrispondenza dei nodi, posti indicativamente a livello dei solai, mediante piastre e connettori metallici ancorati chimicamente o

passanti. Al piede di ciascuna colonna verrà realizzato un plinto di dimensioni indicative 150x100xh50cm in calcestruzzo armato C25/30, da ancorare al getto delle attuali travi rovesce di fondazione dei setti.

Questo tipo di soluzione presenta il vantaggio di non ridurre in modo sensibile la luminosità delle aule e dei laboratori derivante dalle ampie vetrate presenti sui fronti nord e sud.

Oltre ai telai di parete, sono previsti telai di rinforzo delle aperture a shed presenti sulla porzione sud della copertura, in modo da avvicinare il comportamento della stessa a quello di solaio rigido e poter assicurare adeguata efficacia ai telai di controvento di facciata. Essi saranno costituiti da un profilo cerchiante applicato internamente al perimetro dell'apertura (indicativamente un IPE100) abbinato a due diagonali di controvento. Le immagini seguenti riassumono schematicamente l'intervento di rinforzo.



Schema di rinforzo dell'edificio H

A differenza degli interventi descritti in precedenza, non si prevede in questo caso lo smontaggio, sagomatura e rimontaggio degli infissi, dal momento che il rinforzo avviene prevalentemente all'esterno.

Analogamente non si ha necessità di prevedere dispositivi anti espulsione dei tamponamenti, poiché tutte le pareti di una certa estensione sono portanti e le poche tramezze sono realizzate in cartongesso già di per sé dotato di profili interni di ancoraggio.

Le superfici di ancoraggio dei nuovi telai metallici sono quasi tutte in calcestruzzo faccia a vista, per cui non si ha una componente significativa di lavorazioni di lievo e ripristino intonaci e tinteggiature, se non per le cerchiature degli shed di copertura.

La grossa lesione passante presente sull'architrave della porta ovest del locale caldaie, imputabile a scarsa armatura, verrà risolta mediante demolizione della stessa per una larghezza di circa 40cm, inserimento di nuovi spezzoni di armatura ancorati chimicamente e successivo ripristino del getto di calcestruzzo.

Per quanto concerne gli appoggi dell'estremità ovest del ponte di collegamento con il corridoio pensile G, le analisi di vulnerabilità hanno evidenziato l'insufficienza dei pilastri 25x25cm attualmente presenti e il disassamento degli stessi tra il piano primo e il piano terra. L'intervento di rinforzo qui proposto consiste nell'aumentare la sezione dei pilastri esistenti mediante collegamento con una nuova coppia di pilastri esterni, di sezione 30x30cm, in modo da ottenere per ciascuno una sezione finale adeguata. A livello della copertura, il disassamento tra i nuovi pilastri e la trave/veletta 25xh110cm viene compensato introducendo una trave trasversale in c.a. a collegamento delle testate dei pilastri e di sezione indicativa 30xh50cm.

In questo caso, dato l'ingombro dei nuovi pilastri, è da prevedere la sostituzione dell'ultimo modulo dei serramenti del ponte con nuovi moduli di adeguate dimensioni.

### **9.3.2. Lavorazioni previste**

Si riportano qui di seguito le principali lavorazioni previste:

- Realizzazione di ponteggio sui lati nord e sud.
- Scavo e getto dei plinti in c.a. di fondazione dei telai metallici di irrigidimento delle facciate nord e sud e dei nuovi pilastri di appoggio del ponte.
- Montaggio dei telai metallici di facciata e solidarizzazione ai pilastri e alle pareti in c.a.
- Realizzazione degli scassi nella copertura della centrale termica per la posa del telaio metallico, creazione di dadi in c.a. di solidarizzazione al solaio e successivo ripristino della copertura.
- Smontaggio dell'ultimo modulo dei serramenti del ponte.
- Getto dei nuovi pilastri del ponte e della trave di sommità.
- Rimontaggio dei serramenti.
- Rinforzo delle aperture degli shed della copertura.
- Ripristino eventuale degli intonaci di rivestimento e delle tinteggiature.

### **9.3.3. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento**

Gli interventi di adeguamento comporteranno l'impiego di materiali conformi alla normativa vigente, ed in particolare a quanto specificato al capitolo 11 del DM 14/01/2008, avendo cura di predisporre opportuni provini per la certificazione dei materiali ove ritenuto necessario da parte del D.L. Sono previsti in particolare i seguenti materiali:

- Calcestruzzo per plinti di fondazione classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC2 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 25\text{mm}$  e copri ferro  $\geq 40\text{mm}$ .
- Calcestruzzo per getti di elementi in quota classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC1 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 20\text{mm}$  e copri ferro  $\geq 30\text{mm}$ .
- Ferri di armatura in acciaio B450C.
- Acciaio da carpenteria classe S275 JR (per profili, piatti, imbottiture), zincato a caldo prima della messa in opera.
- Bulloneria (bulloni, viti e barre filettate) classe 8.8 e dadi classe S8.
- Tasselli chimici tipo HILTI HVU abbinati a barre filettate tipo HAS o equivalenti di altra marca.
- Malte ad alta resistenza e ritiro compensato, tipo EMACO S55 per il ripristino locale di copriferrì e per l'inghisaggio di eventuali connettori. Dovranno in ogni caso essere osservate le prescrizioni di posa in opera fornite dal produttore.

#### **9.3.4. Criteri di progettazione degli impianti**

Non sono previste modifiche agli impianti in essere, se non la loro necessaria armonizzazione con le eventuali modifiche intervenute agli elementi di rivestimento.

#### **9.3.5. Superamento delle barriere architettoniche**

L'intervento proposto non modifica in modo significativo le dimensioni e la distribuzione degli accessi attualmente presenti. I nuovi pilastro in c.a. a sostegno del ponte di collegamento col corridoio in quota riducono leggermente la larghezza della rampa di accesso al locale sottostante, garantendo comunque un passaggio di almeno 120cm.

#### **9.3.6. Interferenze con le attività scolastiche**

L'intervento sull'unità strutturale H non comporta significative interferenze con l'attività dell'istituto grazie alla posizione decentrata e isolata dell'edificio. Anche in questo caso per lo stoccaggio materiali può essere utilizzata parte dell'ampia area a verde immediatamente a sud dell'edificio e la vicine piazzole di sosta.

### **9.4. Adeguamento dell'unità strutturale D**

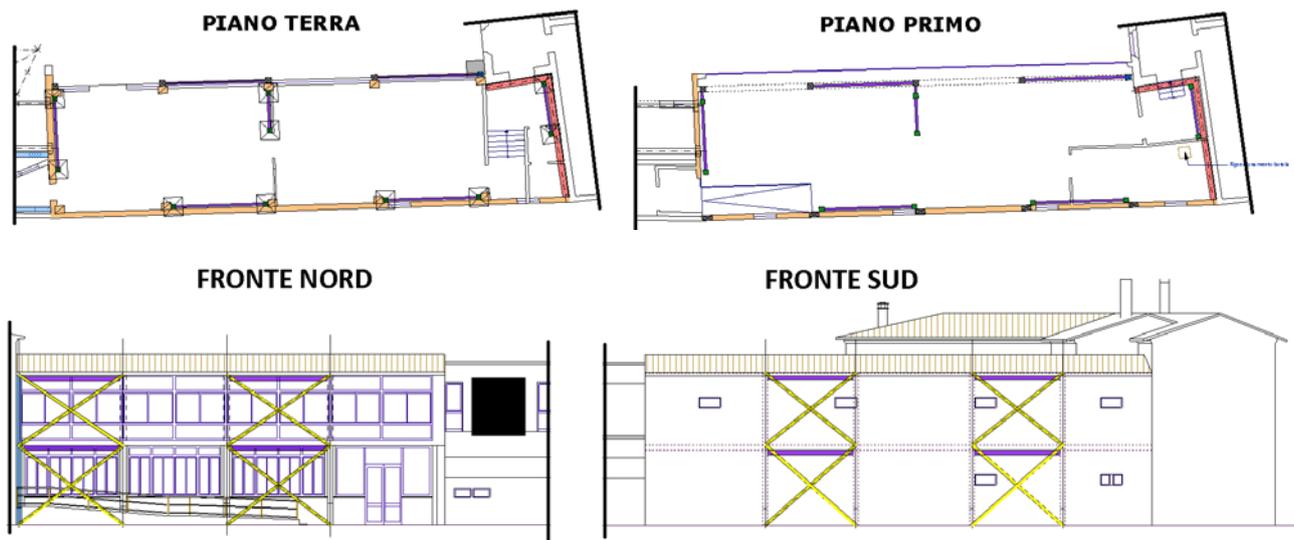
#### **9.4.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali**

L'edificio D è posto a sud del nucleo storico dell'Istituto. Allo stato attuale esso costituisce un'unica struttura con gli adiacenti corpi A, B e C a causa delle pareti portanti condivise, e come tale è stato affrontato nel corso della recente analisi di vulnerabilità sismica del 2017.

Sebbene le analisi di vulnerabilità abbiano mostrato come l'insieme dei 4 corpi soddisfi globalmente la domanda sismica di normativa, grazie anche ai vincoli cinematici offerti dall'interfaccia con il corridoio pensile G, è innegabile che l'insieme strutturale A-B-C-D sia fortemente irregolare sia in pianta che in elevazione. Al fine di procedere all'adeguamento si ritiene pertanto più favorevole operare una

sconnessione del corpo D dai corpi A e B, in modo da regolarizzarne la geometria planimetrica e rendere più agevole l'inserimento di elementi di rinforzo.

L'intervento prevede innanzitutto la realizzazione di una controparete portante in blocchi di laterizio tipo Poroton P800 all'interfaccia tra corpo D e i corpi A e B, dotata di proprio cordolo di fondazione. Tale parete fornirà il nuovo appoggio per la porzione più a est del primo solaio e della copertura. È prevista quindi la realizzazione di un nuovo pilastro in c.a. classe C25/30, dotato di plinto proprio, allo scopo di fornire nuovo appoggio all'estremo est della trave di copertura del fronte nord. Una volta realizzati il pilastro e la parete, si provvederà a creare il giunto sismico di sconnessione dell'interfaccia con gli edifici A e B.



Schema di rinforzo dell'edificio D

Verranno quindi realizzati dei telai metallici controventati a due piani, con funzione di irrigidimento, disposti indicativamente in ragione di 2 sul fronte nord, in esterno, due sul fronte sud, internamente all'edificio e 3, sempre internamente all'edificio e con direzione nord-sud. La loro funzione è quella di fornire rigidità all'edificio nelle due direzioni e sgravare il tagliante sismico agente sulla struttura verticale attuale, molto deformabile e insufficiente quanto a resistenza a taglio.

Ciascun telaio interno risulterà costituito da una coppia di colonne, indicativamente in profilo HEA240, abbinate a due travi in egual profilo, poste all'intradosso del primo solaio e della copertura. I controventi saranno costituiti invece da profili UPN160 disposti a croce di S. Andrea, non essendovi problemi di interferenza con i serramenti. I telai verranno solidarizzati ai solai mediante dadi in getto di c.a. in corrispondenza delle pignatte che intercettano le colonne. Le restanti connessioni alla struttura esistente avverranno sulle travi, sui pilastri in c.a. o sulle pareti in muratura, in prossimità dei solai, mediante piastre e connettori metallici, ancorati chimicamente o passanti. Al piede di ciascuna colonna, sia interna che esterna, verrà realizzato un plinto, di dimensioni indicative 100x100xh50cm in calcestruzzo armato C25/30, e ancorato ove possibile alle fondazioni esistenti. Per quanto concerne i telai di rinforzo esterni, si prevede di sfruttare quali colonne gli attuali pilastri in c.a., dal momento che, grazie ai controventi, essi verranno declassati a semplici puntoni rendendo non più critica l'attuale staffatura insufficiente.

Oltre ai telai di parete, è previsto il rinforzo del solaio di copertura mediante creazione di un reticolo di controvento in profili metallici, fissati alle travi di bordo in c.a. mediante piastre e connettori metallici ancorati chimicamente, in modo da ottenere un comportamento prossimo a quello di solaio rigido e poter

assicurare adeguata efficacia ai telai di controvento perimetrali e interni. Il rinforzo sarà costituito da un profilo cerchiante in UPN200 sul lato ovest, dove verosimilmente è assente il cordolo, mentre come già detto verranno sfruttati i cordoli perimetrali in c.a. sugli altri lati. Internamente saranno disposti alcuni profili HEA200 con direzione nord-sud e funzione di correnti, mentre completeranno il tutto una serie di tiranti diagonali in tondo Ø20mm, dotati ciascuno di tenditore.

Nel sottotetto, per permetterne la manutenzione, è prevista la posa, al di sopra delle attuali travi tipo Varese, di un assito in legno di spessore indicativo 25mm.

Essendo tutte le pareti di tipo portante e di spessore pari o superiore a 2 teste, non si ha necessità di prevedere dispositivi di contrasto al ribaltamento fuori piano come avvenuto per i tamponamenti delle precedenti unità strutturali, mentre le poche tramezze interne, realizzate in cartongesso, sono già di per sé dotate di profili interni di ancoraggio.

Le superfici di ancoraggio dei nuovi telai metallici richiederanno in generale la rimozione e il successivo ripristino degli intonaci e delle tinteggiature.

La grossa lesione passante presente all'estremità ovest della parete sud verrà ripresa mediante scuci-cuci con mattoni e blocchi di laterizio di resistenza analoga a quelli esistenti.

Allo stesso modo si prevedono piccoli interventi di scuci-cuci sulla parete ovest al di sotto degli appoggi del ponte di collegamento con il corridoio pensile.

Infine, allo scopo di assicurare adeguata connessione tra la pareti sud e ovest e completare lo schema scatolare dell'edificio, si procederà a realizzare, ad entrambe i piani, una cerchiatura delle aperture in profilo HEA120.

Qualora infine, a valle dei calcoli esecutivi di adeguamento, risultasse necessario rinforzare alcuni elementi in c.a. (travi o pilastri) del fronte nord, potranno prevedersi alcune fasciature locali in composti fibrorinforzati a base di fibre P.B.O o carbonio e con matrice di tipo inorganico di natura cementizia, analoghe a quelle già previste per l'adeguamento dei corpi E-F e G.

Nel caso del presente edificio, oltre alla soluzione qui esposta, è stata valutata anche l'ipotesi di una totale ricostruzione dello stesso secondo uno schema a telaio in c.a. e mantenendo comunque inalterata la disposizione in pianta e l'organizzazione degli spazi interni, così da poter stabilire un confronto tra le rispettive incidenze economiche.

Stimando in circa € 35'000 il costo di demolizione e smaltimento e in circa 1250 €/m<sup>2</sup> il costo del nuovo, articolato su due piani fuori terra di circa 215m<sup>2</sup> l'uno, si ottiene un costo finale di circa in circa € 573'000 a fronte di un costo dell'intervento di adeguamento di circa €180'000÷200'000, circa tre volte inferiore.

Appare quindi evidente la convenienza di procedere con un intervento di adeguamento.

#### **9.4.2. Lavorazioni previste**

Si riportano qui di seguito le principali lavorazioni previste:

- Scavo e getto dei plinti in c.a. di fondazione dei telai metallici di irrigidimento delle facciate nord,sud e interni e del nuovo pilastro del fronte nord.

- Realizzazione di ponteggio sul lato nord.
- Demolizione parziale del solaietto rialzato del bagno a piano terra, con scavo e successivo getto della fondazione continua delle nuove pareti portanti di interfaccia con i corpi A e B.
- Reinterro dei plinti e ripristino del solaietto rialzato interno, nella zona a confine con i corpi A e B.
- Getto del nuovo pilastro e connessione alla struttura esistente.
- Montaggio dei telai metallici di controvento e solidarizzazione ai pilastri, alle pareti ed ai solai.
- Realizzazione delle nuove pareti portanti di interfaccia con i corpi A e B.
- Sconnessione dalle strutture dei corpi A e B a livello dei solai e della copertura.
- Ripristino del bagnetto a piano terra e posa dei rivestimenti delle nuove pareti.
- Realizzazione delle cerchiature in profilo HEA120 delle aperture della parete ovest.
- Predisposizione della zona di intervento nel sottotetto mediante rimozione di parte delle tavelle di larghezza 1m della falda nord.
- Posa dell'assito nel sottotetto.
- Realizzazione del traliccio di controvento metallico all'estradosso del solaio del sottotetto.
- Ripristino della falda nord di copertura.
- Interventi di scuci-cuci sulle pareti sud e ovest.
- Ripristino degli intonaci di rivestimento e delle tinteggiature nelle zone di intervento.

#### Solo in caso di rinforzi con fasciature fibrorinforzate

- Predisposizione delle superfici da rinforzare mediante applicazione di fibre, con rimozione degli intonaci di rivestimento, degli eventuali massetti e pavimenti e con arrotondamento degli eventuali spigoli, cercando comunque di contenere al massimo le dimensioni degli scassi praticati.
- Smontaggio di eventuali serramenti che dovessero interferire con la fasciatura.
- Rinforzo delle travi in c.a. e dei pilastri vulnerabili mediante applicazione di uno o più strati di fibre P.B.O o carbonio abbinati a matrice inorganica di tipo cementizio, secondo le direzioni e le composizioni stratigrafiche derivanti dal progetto esecutivo.
- Rimontaggio dei serramenti, previa risagomatura dei telai.

### **9.4.3. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento**

Gli interventi di adeguamento comporteranno l'impiego di materiali conformi alla normativa vigente, ed in particolare a quanto specificato al capitolo 11 del DM 14/01/2008, avendo cura di predisporre opportuni provini per la certificazione dei materiali ove ritenuto necessario da parte del D.L. Sono previsti in particolare i seguenti materiali:

- Calcestruzzo per plinti di fondazione classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC2 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 25$ mm e copri ferro  $\geq 40$ mm.
- Calcestruzzo per getti di elementi in quota classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC1 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 20$ mm e copri ferro  $\geq 30$ mm.

- Ferri di armatura in acciaio B450C.
- Acciaio da carpenteria classe S275 JR (per profili, piatti, imbottiture), zincato a caldo prima della messa in opera.
- Bulloneria (bulloni, viti e barre filettate) classe 8.8 e dadi classe S8.
- Tasselli chimici tipo HILTI HVU abbinati a barre filettate tipo HAS o equivalenti di altra marca.
- Malte ad alta resistenza e ritiro compensato, tipo EMACO S55 per il ripristino locale di copriferri e per l'inghisaggio di eventuali connettori. Dovranno in ogni caso essere osservate le prescrizioni di posa in opera fornite dal produttore.
- Mattoni e blocchi in laterizio di tipo strutturale, provvisti di scheda del produttore che ne certifichi le proprietà meccaniche.
- Sistema di rinforzo in fibre P.B.O. o carbonio abbinato a matrice inorganica di natura cementizia.

#### **9.4.4. Criteri di progettazione degli impianti**

Non sono previste modifiche agli impianti in essere, se non la loro necessaria armonizzazione con le eventuali modifiche intervenute in seguito alla posa dei telai metallici di rinforzo. Fa eccezione la zona di interfaccia con i corpi A e B dove, avendo creato le nuove pareti portanti, sarà necessario provvedere ad adattare alle nuove pareti tutti gli impianti esistenti ivi previsti.

#### **9.4.5. Superamento delle barriere architettoniche**

L'intervento proposto non modifica in modo significativo le dimensioni e la distribuzione degli accessi attualmente presenti. Anche il pilastro in c.a. di nuova realizzazione non interferirà in maniera significativa con la rampa per disabili di accesso al corpo A.

#### **9.4.6. Interferenze con le attività scolastiche**

L'intervento sull'unità strutturale D, una volta completati quelli sui corpi E-F, G-I e H, può essere svolto senza interferire significativamente con l'attività scolastica dell'istituto. I collegamenti tra i restanti edifici sono infatti garantiti dal corridoio in quota attraverso il ponte metallico I, e dal cortile interno a piano terra. Quest'ultimo risulta sufficientemente spazioso per consentire la perimetrazione dell'area di intervento a ridosso della facciata nord senza pregiudicare la possibilità di passaggio degli alunni e del personale.

### **9.5. Adeguamento dell'unità strutturale A-B-C**

#### **9.5.1. Criteri di intervento e descrizione delle lavorazioni principali**

Come già spiegato nell'introduzione, i corpi A, B e C formano nel complesso un'unica struttura, sebbene sorti e rimaneggiati in epoche successive, che vanno dagli anni immediatamente successivi al secondo conflitto mondiale sino agli inizi del nuovo millennio.

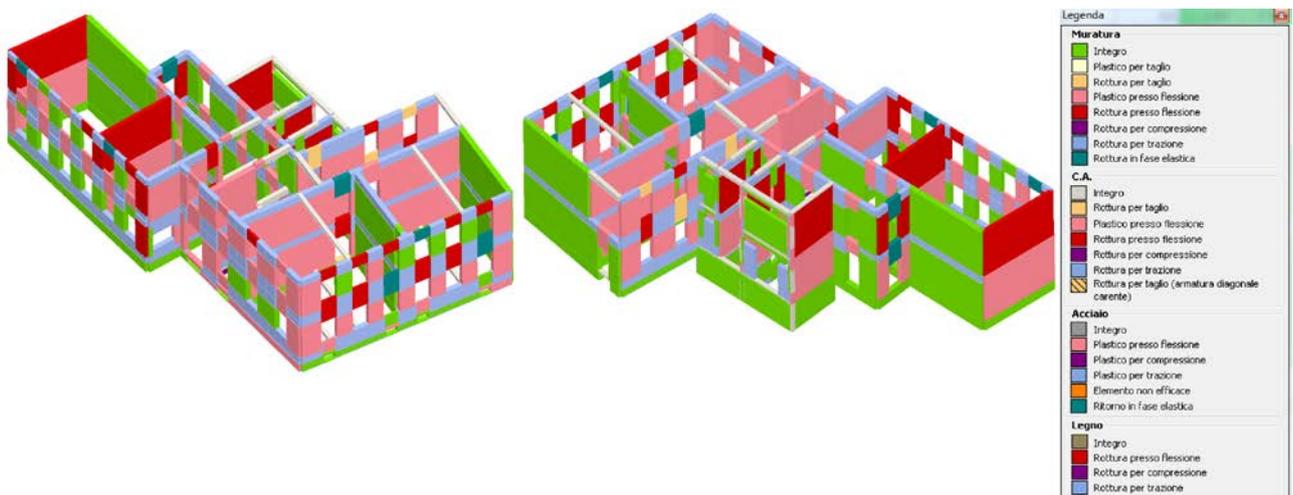
Poiché sia il corpo A che il piano terra del corpo B hanno più di 70 anni, questa unità strutturale nel complesso è classificata come "monumentale" e in quanto tale, ogni intervento su di essa è soggetto a

parere autorizzativo da parte della Soprintendenza. La soluzione qui di seguito proposta avrà pertanto come obiettivo quello di ricorrere ad interventi di invasività minima, che non alterino in maniera significativa né l'aspetto esterno dell'edificio, né la forometria e nemmeno la disposizione e la fruibilità degli ambienti interni.

A differenza di quanto avviene per la struttura D, in questo caso non è possibile, né avrebbe molto senso, sconnettere i singoli corpi, dal momento che sono molte le pareti portanti in comune e la geometria risultante rimarrebbe comunque affetta in quasi tutti i casi sia da irregolarità sia in pianta che in elevazione.

Le analisi di vulnerabilità del 2017 hanno comunque mostrato come il comportamento globale dell'insieme, comprensivo di corpo D, sia pienamente soddisfacente, grazie ai numerosi setti murari, alla discreta qualità dei laterizi e delle malte e alle buone connessioni tra pareti, e come la vulnerabilità sia legata di fatto ai soli meccanismi di danno locali.

Un'analisi di massima condotta col software 3Muri sul solo insieme dei corpi A, B e C, riportata nelle immagini qui sotto, ha confermato un comportamento globale soddisfacente, con vulnerabilità limitata ai soli meccanismi locali, avvalorando così la scelta di procedere ad una sconnessione del corpo D.



Simulazione numerica PushOver dell'unità strutturale A-B-C – caso della combinazione di maggior severità

L'intervento prevede innanzitutto la realizzazione di una nuova parete portante, e della relativa fondazione continua, al piano semi interrato, sotto alla trave in c.a. che sorregge la parete laterale del vano scale. In

questo modo viene resa collaborante con lo schema scatolare una parete di notevole resistenza, migliorando la risposta sismica dell'edificio.

È previsto successivamente il miglioramento delle caratteristiche della parete sud a piano terra del corpo B, mediante iniezioni consolidanti che ne aumentino la resistenza e consentano al contempo di risarcire le due sottili fessure attualmente presenti.

Per migliorare la connessione tra le pareti est e sud del corpo B, sia a piano terra che a primo piano, è prevista la cerchiatura con profilo metallico HEA120 dell'ultima fila di finestre a ridosso dello spigolo. Analoghe cerchiature, ma con profili di maggiori dimensioni, vista la luce più importante, sono previste per l'ingresso su via Roma e per il portale di collegamento con il corpo E al primo piano. Si contrasta in questo modo il meccanismo locale di ribaltamento fuori piano della parete, che rappresenta attualmente l'elemento di maggior vulnerabilità della struttura.

Nel caso della finestra tamponata presente a piano terra sulla parete esterna nord del corpo B, si procederà invece con il ripristino della continuità muraria mediante riempimento in mattoni pieni e scuci-cuci sul perimetro.

Sempre con l'obiettivo di migliorare il comportamento scatolare dell'insieme e contrastare i meccanismi locali di ribaltamento delle facciate, verranno inserite delle code di rondine su tutto il perimetro del primo e secondo solaio, ammorsandole da un lato in apposite tasche realizzate nei muri portanti e dall'altro annegandole nel getto di c.a. ricavato sostituendo una pignatta di solaio a corsi alterni.

Il rinforzo prosegue quindi con la realizzazione di cordoli interni in profilo metallico UPN200, da posizionarsi all'intradosso del secondo solaio e all'estradosso del sottotetto. Nel caso del sottotetto in particolare, la cerchiatura estradosso con profilo UPN200 viene completata con traversi in profilo IPE200 e diagonali in tondo Ø18 e Ø24 a seconda delle luci, dotati di tenditore, così da creare un traliccio isostatico irrigidente di peso contenuto. Da ultimo verranno solidarizzati tra loro i principali elementi dell'orditura lignea della copertura, mediante fascette metalliche avvitate.

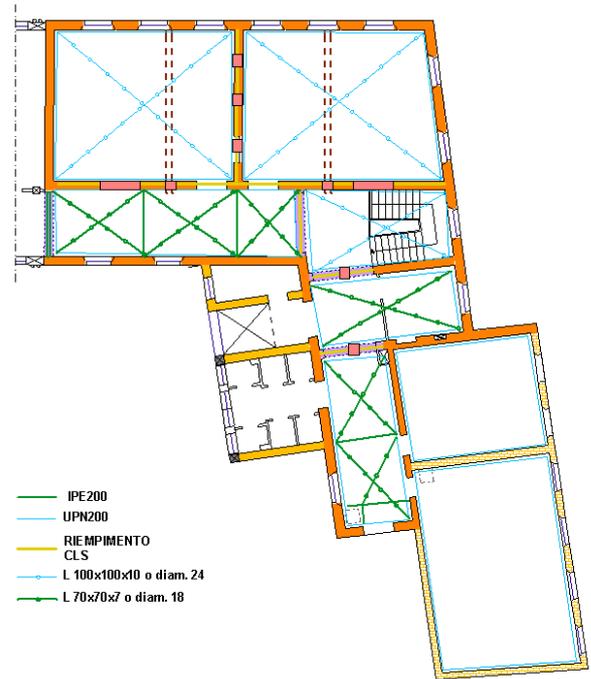
Sempre nel sottotetto, data l'assenza di un estradosso di solaio e al fine di consentire le lavorazioni qui previste, si provvederà a posare un assito continuo in assi di legno di spessore indicativo 25mm.

## CERCHIATURE METALLICHE DEI SOLAI

PIANO RIALZATO



COPERTURA



Cerchiature metalliche del secondo solaio e del solaio di copertura

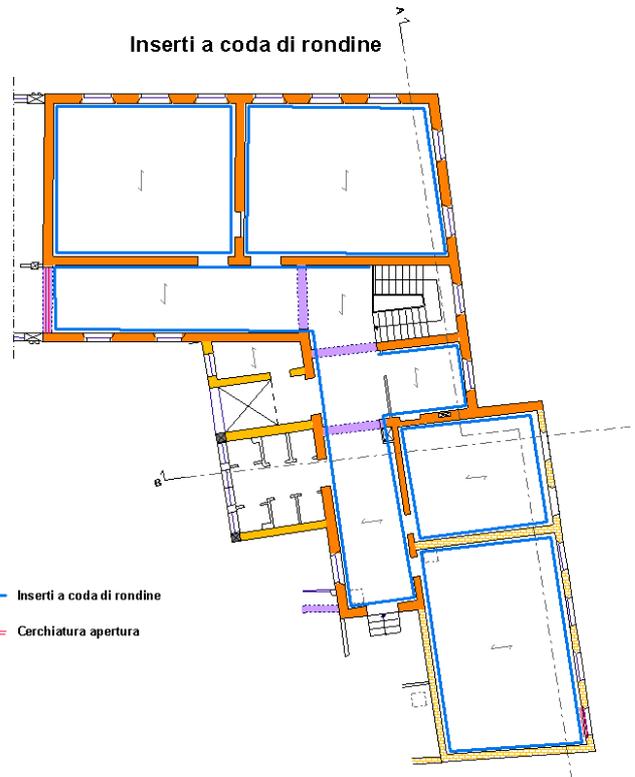
PIANO RIALZATO

Inseri a coda di rondine



PIANO PRIMO

Inseri a coda di rondine



Cerchiature metalliche delle aperture e inseri a coda di rondine nel primo e secondo solaio

Per finire, all'intradosso del solaio del sottotetto, per scongiurare la rottura fragile delle attuali tavelline di in laterizio intonacate, si può procedere alla posa di un sottile pannello in cartongesso fissato ai travetti mediante appositi connettori.

### **9.5.2. Lavorazioni previste**

Si riportano qui di seguito le principali lavorazioni previste:

- Realizzazione di ponteggio sul lato nord del corpo A.
- Scavo e getto nel seminterrato della fondazione continua in c.a. per la nuova parete portante.
- Realizzazione della nuova parete portante sotto alla trave di sostegno della parte del vano scale.
- Reinterro della nuova fondazione e ripristino della pavimentazione in battuto di cemento.
- Ripristino della continuità del muro portante mediante scuci-cuci in corrispondenza della finestra tamponata a piano terra del corpo B.
- Realizzazione di iniezioni consolidanti, possibilmente dal lato esterno, nella parete sud del corpo B, fino a quota del secondo solaio e con rifacimento finale dell'intonaco.
- Realizzazione di connessioni a coda di rondine in c.a. C25/30 su tutto il perimetro del primo e secondo solaio ad intervalli di circa 1m.
- Realizzazione delle cerchiature in profilo HEA120 dell'ultima fila di finestre presso la parete sud del corpo B.
- Realizzazione delle cerchiature in profilo HEA160 dell'ingresso su via Roma e in HEA180 del portale a primo piano di collegamento col corpo E.
- Realizzazione delle cerchiatura interna all'intradosso del secondo solaio in profilo UPN200.
- Rimozione della falda nord del corpo A per creare l'accesso al sottotetto e successiva posa di assito continuo in assi di legno di spessore 25mm per creare il piano di lavoro.
- Realizzazione del reticolo metallico irrigidente all'estradosso del sottotetto, con cerchiatura interna delle pareti in profilo UPN200 , traversi IPE200 e diagonali in tondo Ø18 e Ø24 dotati di tenditori.
- Solidarizzazione reciproca dell'orditura lignea della copertura con fascette metalliche fissate con viti.
- Ripristino della falda nord di copertura.
- Posa del controsoffitto in lastra di cartongesso all'intradosso dell'ultimo solaio.
- Ripristino degli intonaci di rivestimento e delle tinteggiature nelle zone di intervento.

### **9.5.3. Caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali di intervento**

Gli interventi di adeguamento comporteranno l'impiego di materiali conformi alla normativa vigente, ed in particolare a quanto specificato al capitolo 11 del DM 14/01/2008, avendo cura di predisporre opportuni provini per la certificazione dei materiali ove ritenuto necessario da parte del D.L. Sono previsti in particolare i seguenti materiali:

- Calcestruzzo per plinti di fondazione classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC2 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 25\text{mm}$  e copri ferro  $\geq 40\text{mm}$ .
- Calcestruzzo per getti di elementi in quota classe di resistenza C25/30, classe di esposizione XC1 (UNI EN 206-1), classe di consistenza S3, rapporto massimo acqua/cemento  $\leq 0.5$ , con dimensioni massime dell'aggregato  $\leq 20\text{mm}$  e copri ferro  $\geq 30\text{mm}$ .
- Ferri di armatura in acciaio B450C.
- Acciaio da carpenteria classe S275 JR (per profili, piatti, imbottiture), zincato a caldo prima della messa in opera.
- Bulloneria (bulloni, viti e barre filettate) classe 8.8 e dadi classe S8.
- Tasselli chimici tipo HILTI HVU abbinati a barre filettate tipo HAS o equivalenti di altra marca.
- Malte ad alta resistenza e ritiro compensato, tipo EMACO S55 per il ripristino locale di copriferrì e per l'inghisaggio di eventuali connettori. Dovranno in ogni caso essere osservate le prescrizioni di posa in opera fornite dal produttore.
- Mattoni e blocchi in laterizio di tipo strutturale, provvisti di scheda del produttore che ne certifichi le proprietà meccaniche.
- Lastre di cartongesso marcate CE.

#### 9.5.4. Criteri di progettazione degli impianti

Non sono previste modifiche agli impianti in essere, se non l'eventuale armonizzazione di qualche elemento impiantistico che dovesse interferire con le cerchiature metalliche intradossali.

#### 9.5.5. Superamento delle barriere architettoniche

L'intervento proposto non modifica in modo significativo le dimensioni e la distribuzione degli accessi attualmente presenti, poiché le cerchiature previste saranno o incassate nelle pareti, o applicate in modo tale da rispettare le dimensioni minime consentite per le stesse.

#### 9.5.6. Interferenze con le attività scolastiche

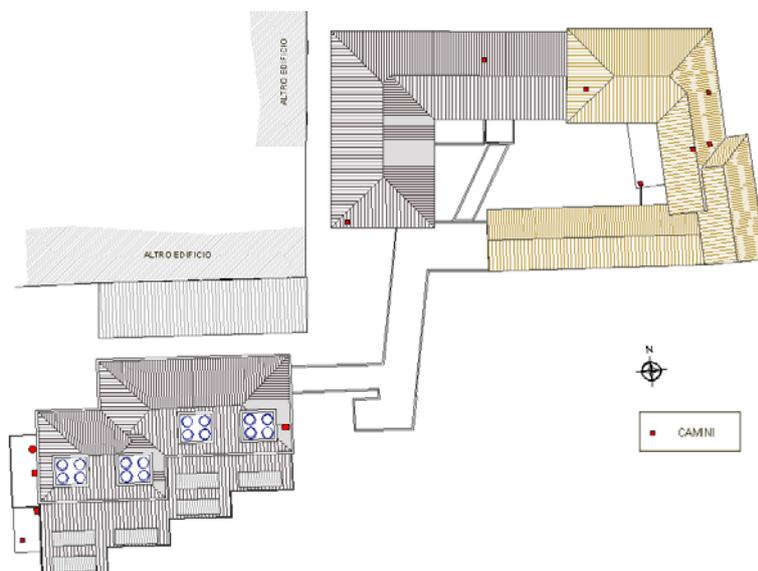
L'intervento sull'unità strutturale A-B-C è previsto successivamente all'adeguamento sismico di tutti i restanti edifici che compongono l'Istituto. Malgrado esso ospiti l'attuale ingresso principale del Liceo, è possibile accedere al Liceo sfruttando come alternativa l'ingresso carraio a sud e ripristinare, anche in via temporanea, i due ingressi sulla statale a nord.

La libera circolazione interna degli alunni e del personale è garantita dagli accessi a piano terra dei vari edifici, nonché dal corridoio in quota G e dal ponte metallico I. L'allestimento dell'area di cantiere nel cortile interno, grazie alle dimensioni di questo, non pregiudica infatti il transito per l'accesso agli altri edifici. La perimetrazione dell'area di intervento è infine facilmente realizzabile anche sui restanti fronti nord ed est, nonché sui passaggi di accesso ai corpi E e D.

La necessità di aree di stoccaggio può essere facilmente soddisfatta utilizzando parte delle aree a verde presenti sul fronte nord o nel cortile a sud dell'Istituto, mentre l'interferenza derivante dall'ingresso di mezzi di lavoro nel cortile, comunque in numero limitato, risulta facilmente gestibile.

## 9.6. Adeguamento dei comignoli presenti sulle coperture

Ciascun edificio presenta uno o più comignoli in copertura. Le analisi di vulnerabilità hanno mostrato la scarsa resistenza degli stessi a fronte dell'input sismico di normativa.



Posizione dei comignoli

L'intervento di adeguamento prevede l'incamiciatura degli stessi con un anello metallico posto nella parte superiore e controventato nelle due direzioni principali da coppie di puntoni di contrasto in profilo metallico zincato, fissati alla struttura portante della copertura.

## 10. Cronoprogramma

Cronoprogramma di massima delle fasi attuative di ciascuno dei 2 lotti (progettazione esecutiva, approvazione, affidamento, esecuzione, collaudo).

### Lotto 1 – Adeguamento degli edifici E-F

Fase	Mesi	Giorni
Progetto esecutivo e sua approvazione	2,5	80
Esperimento gara d'appalto e aggiudicazione provvisoria	2	60
Aggiudicazione definitiva e stipula contratto / Inizio lavori	1,5	45
Esecuzione lavori	6	180
Collaudo	2	60
<b>TOTALE</b>	<b>14</b>	<b>425</b>

## Lotto 2 – Adeguamento degli edifici A-B-C, D, G-I, H

Fase	Mesi	Giorni
Predisposizione gara	6	180
Stesura progetto definitivo ed esecutivo e sua approvazione	9	270
Esperimento gara d'appalto e aggiudicazione provvisoria , aggiudicazione definitiva e stipula contratto / Inizio lavori	6	180
Esecuzione lavori	18	540
Collaudo	3	90
<b>TOTALE</b>	<b>42</b>	<b>1260</b>

## 11. Fattibilità del lotto 1 mediante ricorso a due finanziamenti regionali già in disponibilità della Provincia

Il Lotto 1, secondo le indicazioni fornite dal R.U.P., troverà attuazione grazie all'inserimento armonizzato all'interno dei due seguenti finanziamenti regionali, già in disponibilità del Servizio Edilizia Scolastica della Provincia di Mantova:

- Sede della sezione staccata "A.dal Prato" di Guidizzolo (MN) dell'Istituto superiore Giulio Romano: opere di messa in sicurezza della facciata, delle coperture e miglioramento sismico della palestra.
- "Istituto d'Arte Giulio Romano – sede di Guidizzolo" – Completamento messa in sicurezza soffitti ed elementi non strutturali e strutturali.

Il primo dei due finanziamenti mette a disposizione un importo di € 300'000,00 per lavori di ripristino delle facciate, rimestamento del manto di copertura delle unità strutturali A-B-C e E-F e opere finalizzate al miglioramento sismico delle strutture.

Il secondo finanziamento invece, mette a disposizione un importo di € 197'910,00 per interventi di ripristino e la messa in sicurezza dei solai e più in generale di elementi sia strutturali che non strutturali delle unità strutturali A-B-C e E-F .

Lo studio di fattibilità condotto internamente all'Ufficio Tecnico Provinciale, settore Edilizia Scolastica, ha quantificato i seguenti importi necessari all'esecuzione dei seguenti lavori a carattere non strutturale:

- € 60'000,00 "a misura" per le opere di ripristino di facciate e rimestamento coperture, con € 17'500,00 per l'attuazione dei piani di sicurezza;
- € 10'000,00 "a misura" per le opere di ripristino dei solai, con € 1'000,00 per l'attuazione dei piani di sicurezza;

Il medesimo studio di fattibilità ha quantificato inoltre i seguenti importi a disposizione da destinare agli interventi strutturali del Lotto 1 di adeguamento sismico:

- Dal primo finanziamento di € 300'000,00 si rendono disponibili € 160'000,00 "a misura" per le opere strutturali di adeguamento, con € 5'000,00 per l'attuazione dei piani di sicurezza;

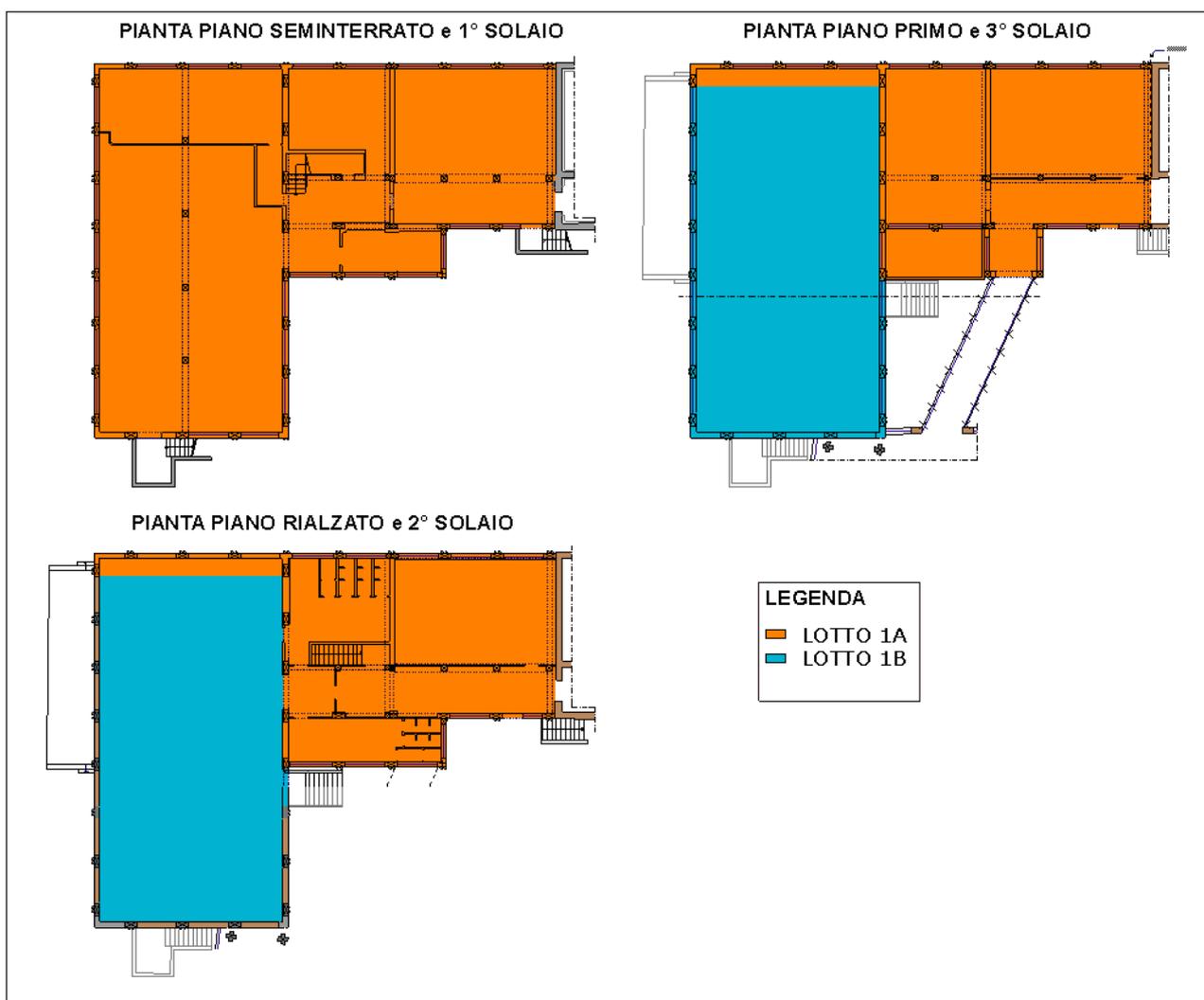
- Dal secondo finanziamento di € 197'910,00 si rendono disponibili € 145'000,00 “a misura” per le opere strutturali di adeguamento, con € 4'000,00 per l’attuazione dei piani di sicurezza;

Viene qui di seguito illustrata la ripartizione razionale in due stralci dei lavori strutturali di adeguamento del Lotto 1, in modo da armonizzarli ai due finanziamenti a disposizione.

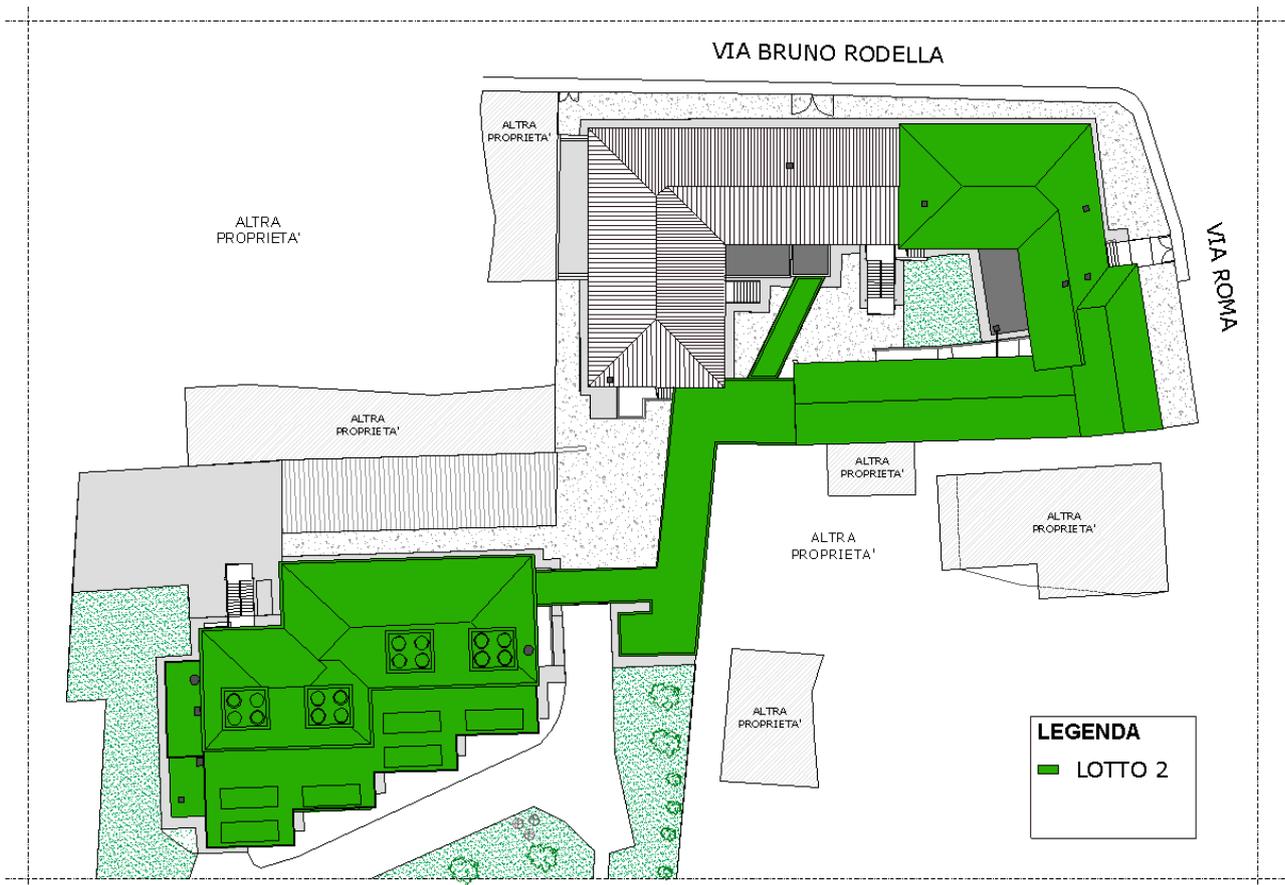
### 11.1. Individuazione dei lotti 1A e 1B

Il Lotto 1A comprende l’edificio E nella sua interezza, la porzione adibita ad aule e spogliatoi del corpo F nella loro interezza, il piano semi interrato della palestra e tutto il fronte nord della stessa.

Il Lotto 1B comprende invece la restante porzione del complesso, costituito dall’intera palestra, con esclusione del piano semi interrato e del fronte nord.



Individuazione dei Lotti 1A e 1B



Individuazione del Lotto 2

I quadri tecnico economici allegati al presente studio di fattibilità fanno pertanto riferimento alla suddetta suddivisione, indicata dal R.U.P., in Lotto 1A, Lotto 1B e Lotto 2.

Mantova il 19-02-2018

Dott. Ing. Isacco Sanguanini