

**PROVINCIA DI LUCCA**

Servizio di coordinamento LL.PP., Pianificazione Territoriale, Mobilità e Viabilità, Patrimonio,  
Protezione Civile, Urbanistica  
Ufficio interventi strutturali e infrastrutturali, Viabilità Montana e di Pianura



**PROVINCIA DI LUCCA**  
Palazzo Ducale, Cortile Carrara  
55100 Lucca (LU)  
Tel. 0583.417.1 - Fax  
0583.417.326

**Istituto di Istruzione Superiore Tecnico Liceale - Liceo Artistico "S.Stagi" e  
Istituto Tecnico "Don Lazzeri" di Pietrasanta**

**Sostituzione di edificio esistente per la realizzazione  
della nuova sede unica**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

**RELAZIONE TECNICA DELLA  
NON CONVENIENZA TECNICO-ECONOMICA  
AD INTERVENIRE SULLA STRUTTURA ESISTENTE**

**Data 15.05.2019**

Responsabile unico del Procedimento:

Dott.Arch. Francesca Lazzari

Nucleo di Progettazione:

Dott.Arch. Fabrizio Mechini  
Geom. Raffaella Gragnani

Supporto alla progettazione:

Dott. Arch. Michele Zingarelli  
Dott. Arch. Fabrizio Pugelli

Collaboratori:

Dott. Arch. Mirco Guasti  
Dott. Arch. Lucio Innocenti  
Dott. Arch. Anna Albanese

Tavola:

**R06**

Rev. 15.05.2019

## INDICE

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO .....	2
LA NECESSITA' DELL'ADEGUAMENTO .....	8
IL COMPORTAMENTO STRUTTURALE ATTUALE.....	12
L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO .....	14
STIMA DI MASSIMA DELL'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO.....	15
STIMA DI MASSIMA DELLA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE.....	16
CONCLUSIONI .....	17

## PREMESSA

La presente relazione ha il fine di valutare la convenienza economica di un intervento di adeguamento sismico rispetto ad un intervento di sostituzione edilizia (demolizione e successiva ricostruzione) dell'ISTITUTO DI ISTRUZIONE SUPERIORE TECNICO LICEALE - LICEO ARTISTICO "S. STAGI" E ISTITUTO TECNICO "DON LAZZERI" DI PIETRASANTA

## DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

L' ISTITUTO DI ISTRUZIONE SUPERIORE TECNICO LICEALE - LICEO ARTISTICO "S. STAGI" E ISTITUTO TECNICO "DON LAZZERI" DI PIETRASANTA si trova al margine nord dell'abitato di Pietrasanta ed è stato edificato antecedentemente agli anni '80, con criteri non antisismici in quanto solo con l'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20 Marzo 2003 il territorio del Comune di Pietrasanta è stato inserito nella categoria sismica 3.

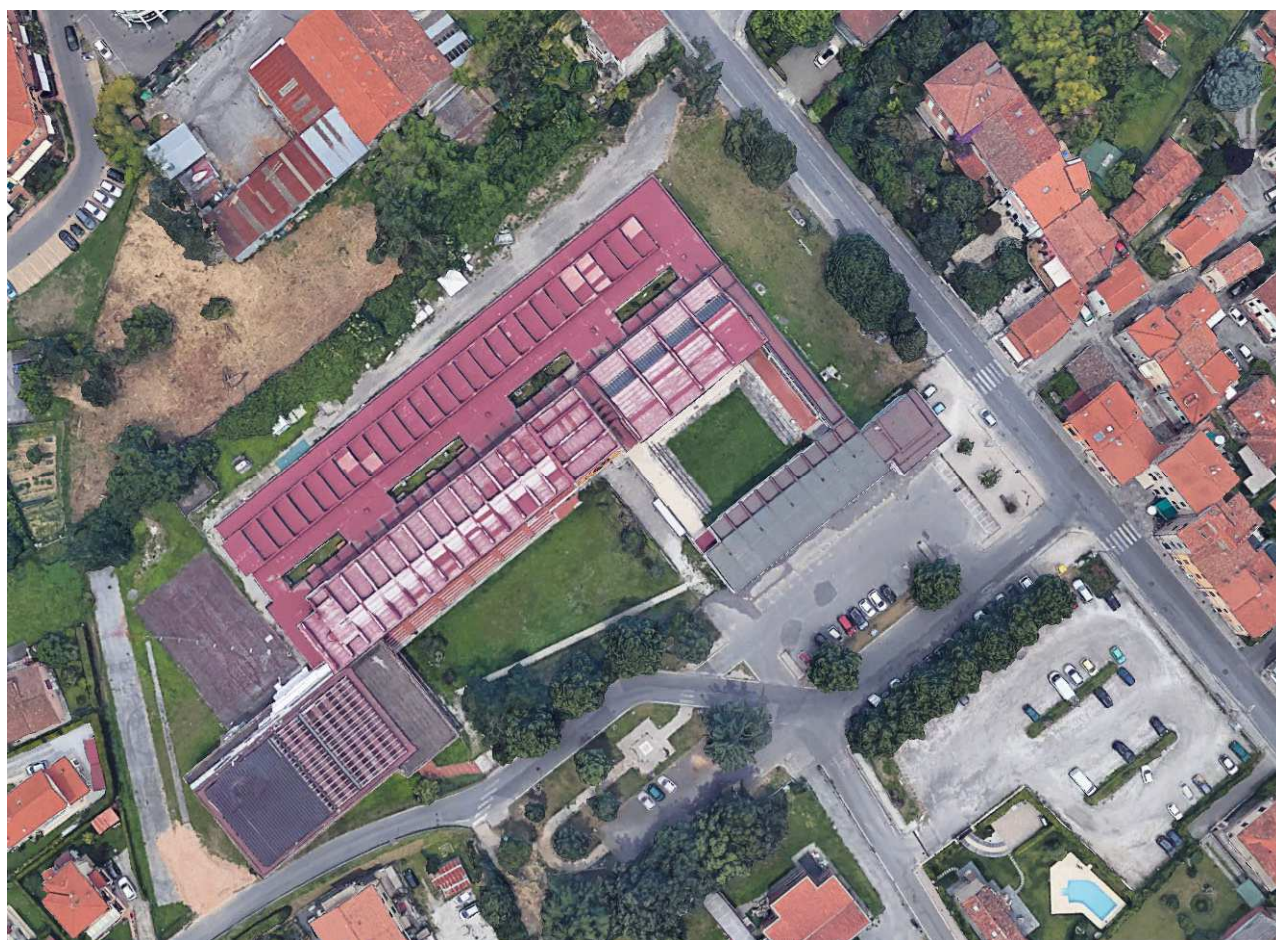
### Area di Progetto: INQUADRAMENTO



- Area d'intervento (lotto Liceo Artistico Stagi)
- Centro storico
- Alpi apuane
- Strade urbane di scorrimento
- Strade urbane di quartiere
- Rete ferroviaria
- Pista ciclabile esistente
- Pista ciclabile di piano

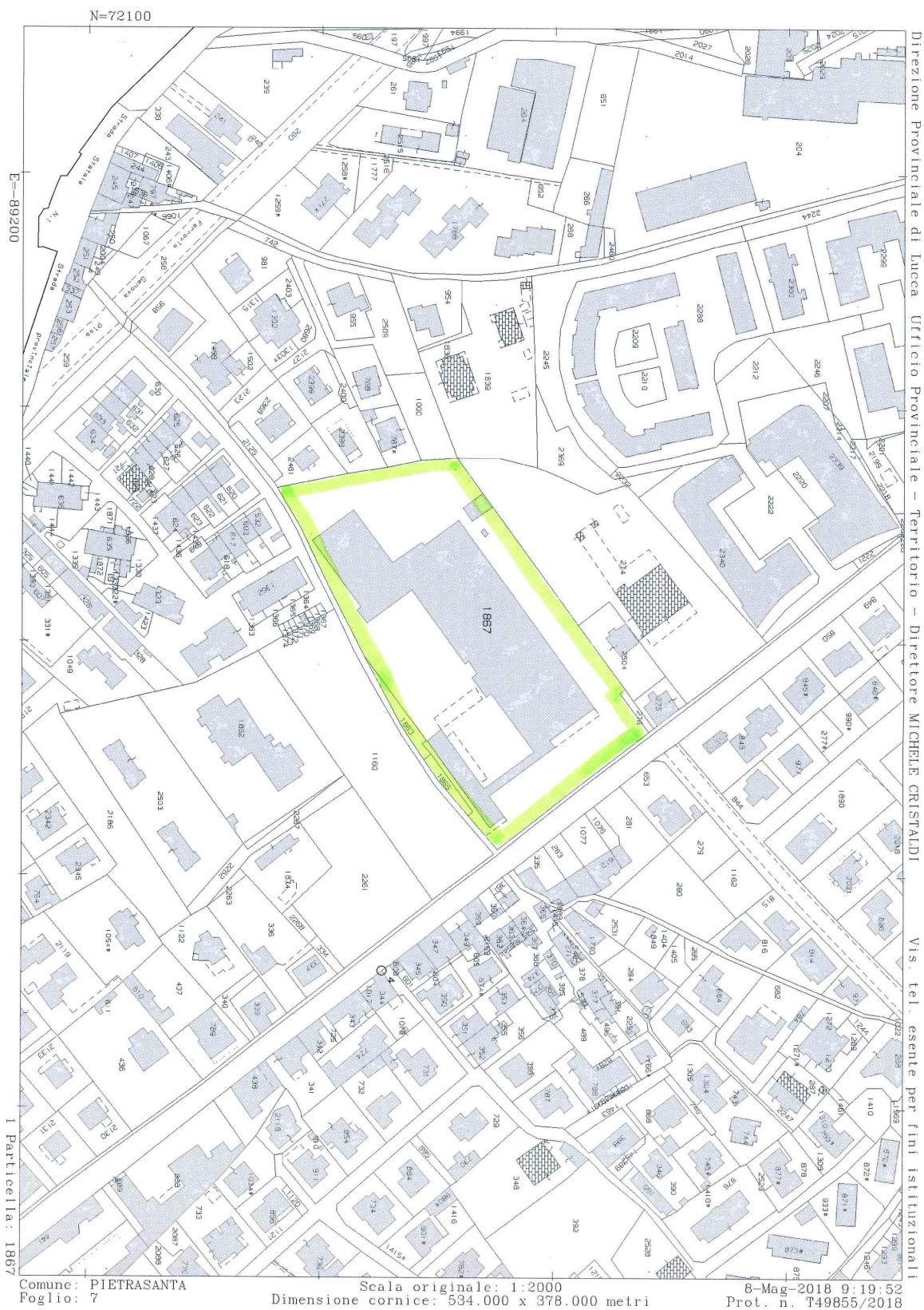
LA BUONA SCUOLA















Da un punto di vista strutturale, si rileva che le fondazioni sono in genere del tipo a trave rovescia e a plinti isolati in calcestruzzo armato mentre le strutture in elevato sono rappresentate da telai in calcestruzzo armato costituiti da pilastri di varie sezioni e travi in



spessore di solaio, con luci libere anche fino a 7,00 metri; gli orizzontamenti sono in laterizio armato di spessore complessivo pari a 21 cm e verificati per un sovraccarico utile accidentale di 300 Kg/mq e un carico permanente di soli 80 Kg/mq. Si rileva inoltre un sistematico impiego di profili in acciaio di modesta sezione (NP100) usati come tiranti verticali per vincolare i solai dei piani intermedi alla copertura, provvista a tale scopo di travi estradossate a mensola di notevole rigidità.

L'edificio nel complesso si presenta come un insieme di tre edifici, connessi tra loro con solo giunto di dilatazione NON dimensionato per le azioni sismiche, di altezza e disposizione planimetrica differenti e quindi con differenti comportamenti sotto il sisma.







Degrado, mancata manutenzione,  
Proteste studentesche



## LA NECESSITA' DELL'ADEGUAMENTO

La necessità di migliorare il comportamento antisismico anche in zone a pericolosità sismica medio-bassa, ossia con accelerazione su suolo rigido dell'ordine di 0.10-0.15g con periodo di ritorno di 475 anni, è risultata evidente considerati i danneggiamenti provocati dal sisma del 20 maggio 2012 in Emilia Romagna, Veneto e Lombardia.

Il Comune di Lucca è stato per la prima volta riconosciuto antisismico a partire dal 2003 con l'OPCM 3274, dove sono state classificate sismiche anche zone precedentemente non classificate, quali il territorio pianeggiante sul quale sorge Lucca, mentre le zone montuose a nord (Appennino, Garfagnana, Lunigiana) erano state già riconosciute sismiche con pericolosità medio-alta.

Ciò ha determinato la presenza sul territorio di numerose costruzioni progettate e realizzate senza l'adozione di criteri di progettazione antisismica, in quanto non previsti dalle normative tecniche vigenti in aree non classificate sismiche.

Tra queste costruzioni, particolari criticità si manifestano nelle strutture in cemento armato con sistemi strutturali di grande luce progettate per i soli carichi statici, mettendo in evidenza una problematica legata più ad una vulnerabilità del manufatto che ad un'elevata pericolosità del sito. Questa condizione, unita al fatto che il valore esposto sono intere scolaresche, comporta un livello di rischio molto elevato, inaccettabile da una nazione civile ed industriale come la nostra.

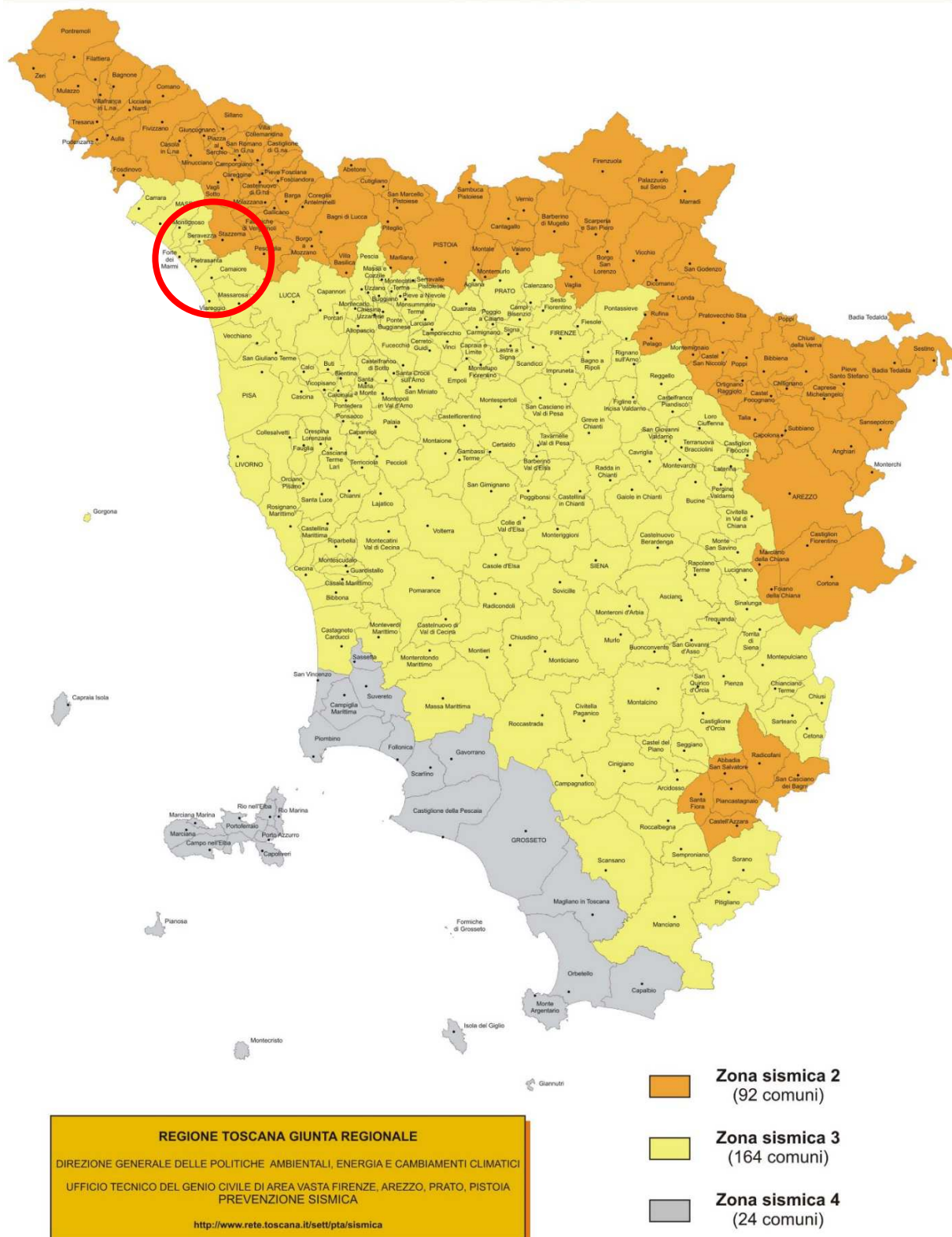
L'epoca di costruzione lascia già intendere la necessità di procedere con interventi particolarmente pesanti su tutte le strutture da piano fondazioni fino alla copertura; ma anche le tecnologie e gli schemi statici utilizzati, alcuni dei quali obsoleti, senz'altro non consentono di avallare un intervento di consolidamento: per esempio, col fine di aumentare il modesto carico permanente di verifica, esiste una concreta difficoltà di apporre fibre in carbonio all'intradosso dei solai in laterizio, in quanto manca il supporto in calcestruzzo, e si rileva anche la mancanza di un'adeguata consistenza delle solette esistenti, necessaria per l'eventuale messa in opera di cappe collaboranti di basso spessore mediante adesione chimica; ancora, andrebbe declassato il comportamento "pendolare" dei solai inferiori appesi, sismicamente inconciliabile, obiettivo di difficile raggiungimento e comunque conseguibile solo attraverso opere molto invasive (irrigidimenti, controventi, ecc.). I documenti originali di progetto evidenziano inoltre l'impiego di barre da calcestruzzo armato in ferro tondo liscio con tensione ammissibile di 1400 Kg/cm<sup>2</sup> a fronte di calcestruzzi di progetto di discreta qualità (35 N/mm<sup>2</sup>).

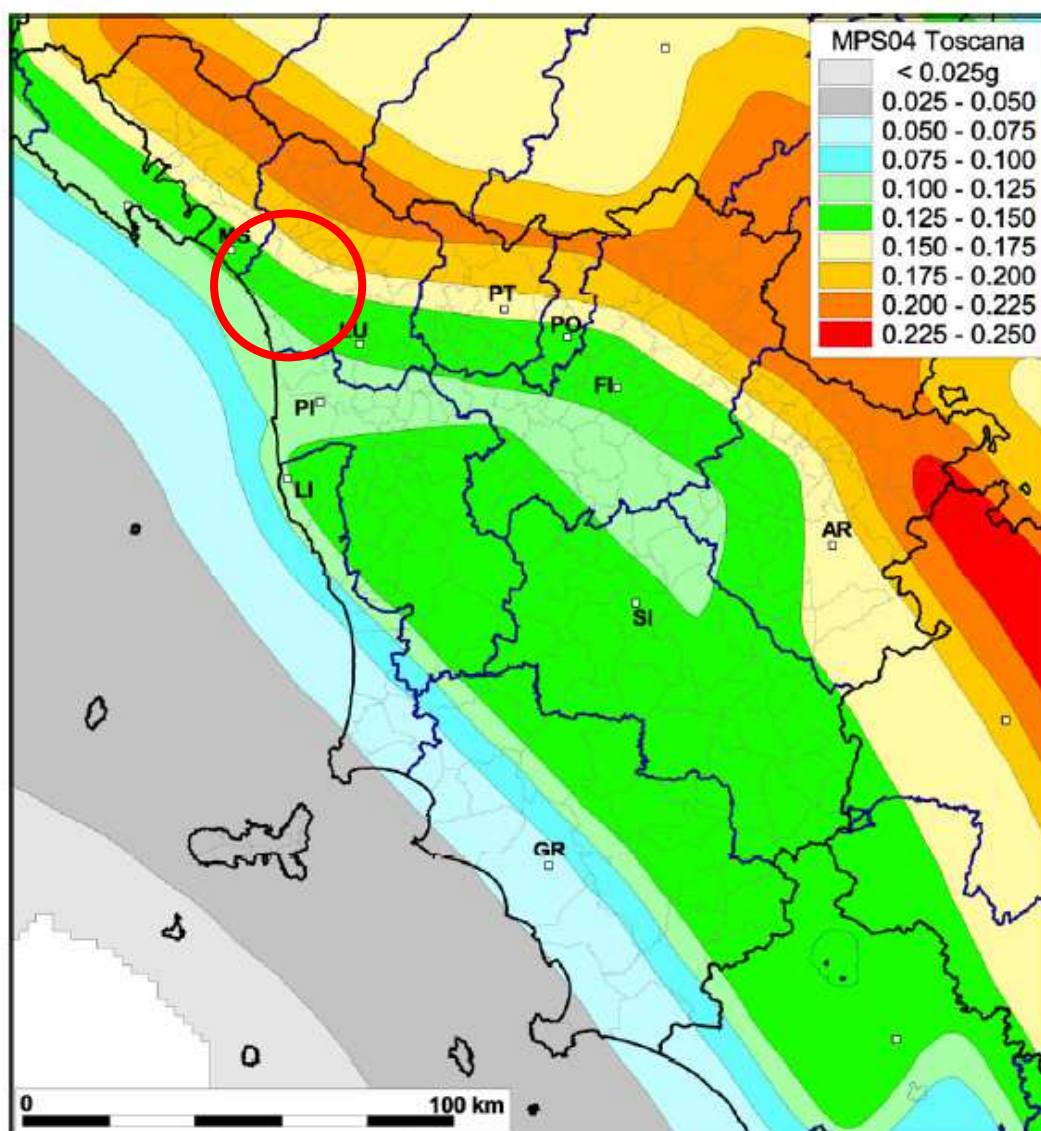




## DELIBERA GRT n. 421 del 26/05/2014

Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della DGRT 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggiore Rischio Sismico della Toscana (DGRT 841/2007)





**Figura 1** – Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile). I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)

Cod. ISTAT	Comune	CLASSIFICAZIONI PRECEDENTI								ATTUALE	
		Regio Decreto 13 marzo 1927 n°431	Regio Decreto 25 marzo 1935 n°640	Regio Decreto 22 novembre 1937 n°2105	Legge 25 novembre 1962 n°1884	Decreto Ministeriale 19 marzo 1962	Ord. P.C.M. n°3274 20 Marzo 2003 Del. G.R.T. n°804 16 giugno 2003	Ord. P.C.M. n°3519 28 aprile 2006 Del. G.R.T. n°431 19 giugno 2006	Del. G.R.T. n°878 ottobre 2012	Del. G.R.T. n°421 26 maggio 2014	
09040001	ALTOPASCIO	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040002	BAGNI DI LUCCA	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040003	BARGA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040004	BASTIA MARITIMA	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040005	CAMAIORE	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040006	CAMPORGIANO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040007	CAPANNORI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040008	CAREGGINE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040009	CASTELNUOVO DI GARFAGNANA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040010	CASTIGLIONE DI GARFAGNANA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040011	COREGLIA ANTELMINELLI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040036	FABBRICHE DI VERGEMOLI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040013	FABBRICHE DI VALLICO VERGEMOLI	2 Trasilico	2 Trasilico	2 Trasilico	2 Trasilico	2	2	2	2	2	
09040014	FORTE DEI MARMI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040015	FOSCIANDORA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040016	GALLICIANO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
09040017	LUCCA	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040018	MASSAROSA	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3	
09040019	MINUCCIANO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	



## IL COMPORTAMENTO STRUTTURALE ATTUALE

Le problematiche riscontrabili nella struttura ora descritta nel caso che questa venga investita da un sisma sono essenzialmente legate ad un sistema costruttivo non in grado per sua natura intrinseca a sviluppare quelle risorse di duttilità che consentono un'efficace ripartizione e dissipazione delle azioni sismiche.

Allo stato attuale il complesso si presenta in avanzato stato di degrado il quale è andato progressivamente aumentando nel corso degli anni, manifestandosi fin dal primo utilizzo; ciò a causa di un uso particolarmente intenso e di richieste prestazionali che evidentemente il fabbricato non era in grado di soddisfare. Le tangibili conseguenze di ciò sono state, oltre alle inevitabili proteste dei fruitori, evidenti e numerose criticità strutturali che hanno portato anche all'interdizione di molti locali dell'Istituto. A tal riguardo si citano:

- lettera Provincia di Lucca, Dipartimento Infrastrutture Servizio Fabbricati, Prot. n.27428/6133.5 del 25/02/2004 con la quale si procedeva a: 1) inibizione assoluta di fruizione di un'ampia area dell'Istituto; 2) obbligo di messa in opera di puntellature provvisoriale per alcuni impalcati (la cui Vita Nominale di progetto, pari a 2 anni, è oggi abbondantemente superata); 3) obbligo di procedere ad una campagna di misurazioni e prove finalizzata all'individuazione di provvedimenti definitivi di consolidamento. Il sopralluogo avvenuto in data 25 febbraio 2004 da parte di tecnici del Laboratorio di prove sui materiali della Facoltà di Ingegneria di Pisa accertava infatti un preoccupante quadro fessurativo sulle strutture in calcestruzzo armato;
- raccomandata Provincia di Lucca, Servizio Pianificazione Territoriale e della Mobilità, Patrimonio, Risorse Naturali e Politiche Energetiche, Prot. n.175155/6.2.1 del 11/09/2012 con la quale si individuavano ulteriori zone da interdire alla fruizione da parte di tutto il personale;
- lettera informatica Provincia di Lucca, Servizio Coordinamento LL.PP., Pianificazione Territoriale, Mobilità e Viabilità, Patrimonio, Protezione Civile –

Ufficio Scuola e Patrimonio - Prot. n.0009128/2017 del 21/03/2017 con la quale si procedeva all'immediata interdizione del porticato esterno "ex sala mostra gessi". Il sopralluogo tecnico avvenuto in data 09 Marzo 2017 da parte del Geom. Mirco Angeli dipendente dell'Amministrazione Provinciale di Lucca e dell'RSPP Ing. Stefano Rodà accertava infatti l'instabilità delle vetrate poste a chiusura del porticato durante le giornate di forte vento.

È stato inoltre necessario un continuo monitoraggio dei quadri fessurativi più importanti e procedere all'esecuzione di una serie di prove non distruttive sui calcestruzzi a partire dal Febbraio 2004 da parte del Laboratorio Ufficiale del Dipartimento di Ingegneria strutturale dell'Università di Pisa. Le indagini hanno evidenziato resistenze cubiche e cilindriche inferiori a quanto prescritto nel progetto originario e molti "delta" fessurativi sia positivi sia negativi, segni tangibili di movimenti in atto. I risultati sono documentati in: 1) Rapporto di Prova n.118/04 del 20/04/2004, Pp. 55506/1; 2) Rapporto di Prova n.119/04 del 20/04/2004, Pp. 55506/2; 3) Relazione n.01/04 del 21/04/2004, Pp. 55506/R1; 4) Rapporto di Prova n.205/04 del 11/06/2004, Pp. 55506/3; 5) Rapporto di Prova n.250/04 del 14/07/2004, Pp. 55506/4; 6) Rapporto di Prova n.366/04 del 14/10/2004, Pp. 55506/6; 7) Rapporto di Prova n.414/04 del 03/12/2004, Pp. 55506/8; 8) Rapporto di Prova n.85/08 del 17/03/2008, Pp. 56420.

Ma lo stesso Collaudo Statico, redatto dal Dott. Ing. Raffaello Bartelletti nel Novembre 1968, evidenziava forti deformazioni e (cit.) "...una poco accurata esecuzione..." delle strutture, oltre a travi incurvate e solai lesionati; ciò aveva reso temporaneamente "non collaudabile" una parte della struttura, svincolata solo dopo opportune prescrizioni del collaudatore riguardo a una consistente riduzione del carico agente.



## L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

Alla luce di quanto detto, un ipotetico intervento di adeguamento dovrebbe necessariamente passare da una serie di risoluzioni di difficile se non impossibile realizzazione, oltretutto, l'edificio è già classificato come scuola e dunque rientrerebbe a tutti gli effetti nel comma d) del punto 8.4.3 del D.M. 17/01/2018, *"effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente"* per il quale deve essere garantito un rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione,  $\xi_E$ , maggiore o al più pari a 1.

L'intervento di adeguamento dovrà quindi eliminare questi evidenti fenomeni di vulnerabilità attraverso le seguenti fasi:

- adeguamento dei giunti tecnici,
- ricentraggio di masse e rigidezze verticali,
- aumento delle rigidezze orizzontali,
- diminuzione delle masse,
- inserimento di diffusi controventi in acciaio o calcestruzzo armato,
- eliminazione dei possibili cinatismi legati alla "pendolarità" dei solai appesi e alle maggiori rigidezze concentrate in alto,
- eliminazione delle zone a bassa duttilità legata al basso spessore delle travi portanti,
- adeguamento delle strutture di fondazione.
- La demolizione e ricostruzione della parte centrale dell'edificio, in modo da dotarla di giunti antisismici; non ha senso infatti mantenere in vita un solaio di copertura in latero cemento che ha già quasi raggiunto la sua vita utile ed i pilastri devono essere obbligatoriamente spostati e ridimensionati, in modo che possano esplicare un efficace contrasto all'azione sismica attraverso le risorse di resistenza e duttilità.
- Il rifacimento della copertura e la realizzazione mediante controventi di un impalcato rigido, in modo da evitare spostamenti relativi delle travi di

copertura che porterebbero alla caduta dei pannelli per perdita d'appoggio.

- Il fissaggio delle travi alla testa dei pilastri, ad esempio con dispositivi smorzanti.



- L'allargamento della base dei plinti fondali ed il loro collegamento tra loro con cordoli, a meno che non sia possibile il collegamento al pavimento industriale, se dalle indagini distruttive questo risultasse armato in maniera sufficiente.
- Il consolidamento dei pilastri in modo da fornire le caratteristiche di resistenza e duttilità atte a rimuoverne la vulnerabilità alle azioni sismiche.

### STIMA DI MASSIMA DELL'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

Si quantizzano di massima gli interventi necessari a realizzare l'adeguamento sismico del fabbricato sulla base del Prezziario della Regione Toscana, ove applicabile, dei bollettini regionali della regione Umbria e di prezzi derivanti da indagini di mercato.

Superficie della piastra servizi e laboratori

$$105,50 \times 20,60 = 2.175 \text{ mq}$$

Superficie del corpo principale

$$102 \times 18 + 102 \times 16 + 102 \times 14 = 5.896 \text{ mq}$$

**Complessivamente: 7.071 mq**

Volume piastra servizi e laboratori:

$$2.175 \times 4,00 = 8.700 \text{ mc}$$

Volume del corpo principale:

$$5.869 \times 3,40 = 19.954 \text{ mc}$$

**Complessivamente: 28.654 mc**

LAVORAZIONE	UM	Quantità	euro	PU	TOTALE
<b>PIASTRA LABORATORI</b>					
Demolizione edificio esistente	mc	8.700,00	euro/mc	14,86	129.282,00
ricostruzione edificio esistente strutture	mc	8.700,00	euro/mc	100,00	870.000,00
ricostruzione edificio esistente impianti	mc	8.700,00	euro/mc	80,00	696.000,00
ricostruzione edificio esistente finiture	mc	8.700,00	euro/mc	150,00	1.305.000,00
<b>CORPO PRINCIPALE</b>					
Rimozione solaio di copertura	mq	1.836,00	euro/mq	80,00	146.880,00
previa realizzazione di impalcature					
consolidamento travi di copertura	cad	64,00		10.000,00	640.000,00
consolidamento travi terzo solaio	cad	64,00		10.000,00	640.000,00
consolidamento travi secondo solaio	cad	64,00		10.000,00	640.000,00
consolidamento travi primo solaio	cad	64,00		10.000,00	640.000,00
consolidamento pilastri	cad	66,00		25.000,00	1.650.000,00
consolidamento plinti fondali	cad	66,00		12.500,00	825.000,00
realizzazione di cordoli fondali	ml	1.706,00	euro/ml	150,00	255.900,00
rifacimento impianti	mq	7.071,00	euro/mq	80,00	565.680,00
<b>TOTALE</b>					<b>9.003.742,00</b>
<b>COSTO AL MQ</b>	<b>mq</b>	<b>7.071,00</b>			<b>1.273,33</b>

## STIMA DI MASSIMA DELLA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE

Tale stima viene condotta sulla scorta di precedenti lavori analoghi al presente e sulla scorta di quanto esposto nella Direttiva D.1.9 della Regione Toscana, aggiornamento 2 del dic 2014, che sulla base di una indagine sul territorio toscano ha stabilito il costo medio di costruzione, pari al massimo contributo erogabile dalla Regione per interventi:

- Di miglioramento: 550 €/mq
- Di adeguamento: 850 €/mq
- Di nuova costruzione: 1.200 €/mq

Tale importo comprende tutte le strutture ed impianti, tutte le spese accessorie nonché l'IVA.

Il costo di ricostruzione dell'edificio si può valutare come segue:



DESCRIZIONE	Costo unitario	Superficie	costo totale
Piastra laaboratori	1.300,00	2.175,00	2.827.500,00
Corpo principale	1.100,00	5.896,00	6.485.600,00
TOTALE			9.313.100,00

## CONCLUSIONI

A ciò si aggiunge l'inadeguatezza delle finiture, impiantistica ed energetica per la quale sono stati analizzati tre possibili scenari: un primo scenario che, in aggiunta agli inevitabili costi di sostituzione delle porte, ritocchi di tinteggiatura interna, sostituzione dei dispositivi mobili di schermatura solare, prevede anche la sostituzione delle finestre; un secondo scenario che prevede la coibentazione e un terzo scenario che, essendo l'ambito quello degli edifici scolastici, prevede l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica con recupero di calore.

Per tutto quanto sopra, la categoria di un intervento di adeguamento sarebbe senz'altro annoverabile fra le *Ristrutturazioni funzionali e tipologiche di tipo pesante* eseguite su edifici post 1960 e per le quali è stimabile un costo di circa 1200 €/mq, ben superiore al limite di convenienza fissato dalla Regione Toscana nel confronto con una demolizione/ricostruzione. È perciò evidente come sia decisamente più opportuno procedere alla demolizione e ricostruzione dell'Istituto anziché affrontare un intervento di adeguamento sismico, impiantistico ed energetico che risulterebbe non solo molto costoso sia da un punto di vista strutturale sia da un punto di vista architettonico-impiantistico, ma anche deficitario nei confronti di una nuova costruzione sul piano dell'adeguatezza strutturale, energetica ed impiantistica.

A fronte di un costo sommario di adeguamento pari a 9.003.742 € abbiamo un costo di ricostruzione di 9.313.100 € CON IL QUALE si ottiene un edificio nuovo totalmente antisismico, con impianti rinnovati ed in linea con le più recenti disposizioni in materia, un efficientamento energetico che consente grandi risparmi di gestione, complessivamente un edificio nuovo e sicuro.

Solo da queste considerazioni è indubbia la convenienza della demolizione e ricostruzione.

Lucca, 15 maggio 2019

Il progettista