

COMUNE DI SONICO

PROV. BRESCIA

# COMUNE DI SONICO

Titolo

Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad  
uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico  
"Giacomo Mottinelli" in via Branchi.  
CIG Z5E3488F52



Denominazione elaborato

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Codifica

SI-LLP-220030 RSP01

Allegato

1.3

il Progettista

dr. ing. Luigi Franzoni

il Direttore dei Lavori

dr. ing. Luigi Franzoni

l'Impresa

.

il Committente

IL R.U.P. ING. FABIO GAIONI

REV.

data

descrizione sintetica della revisione

Compilatore

VISTO Controllo



A

12.05.2022

prima emissione

LF



LF

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A 12.05.2022	



PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>METODI E PROCEDURE DI CALCOLO .....</b>	<b>5</b>
3.1	GENERALITÀ .....	5
3.2	DICHIARAZIONI DI CUI AL PUNTO 10.2 DM 17/01/2018: ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO .....	5
3.2.1	Tipo di analisi svolta.....	5
3.2.2	Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo .....	5
3.2.3	Affidabilità dei Codici di Calcolo.....	8
3.2.4	Modalità di presentazione dei risultati.....	9
3.2.5	Informazioni generali sull'elaborazione.....	9
3.2.6	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati. ....	9
3.2.7	Valutazione indipendente del calcolo .....	9
<b>4</b>	<b>VERIFICA AI SENSI DEL CAP.8 DELLE NTC2018 "COSTRUZIONI ESISTENTI" .....</b>	<b>10</b>
4.1	ANALISI STORICO-CRITICA.....	10
4.1.1	Documentazione esistente .....	10
4.1.2	Descrizione generale e documentazione fotografica.....	11
4.1.3	Storia sismica della zona .....	15
4.2	RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA .....	17
4.2.1	Motivazioni alla base della Valutazione della Sicurezza .....	17
4.2.2	Rilievo geometrico-strutturale .....	17
4.2.3	Sistema struttura.....	17
4.3	CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO .....	18
4.3.1	Interventi in progetto .....	18
4.4	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI .....	19
4.5	DEFINIZIONE DELLE AZIONI.....	19
<b>5</b>	<b>RELAZIONE SULLE INDAGINI IN SITU .....</b>	<b>20</b>
5.1	PREMESSE.....	20
5.2	PIANO DELLE INDAGINI .....	20
5.3	SOLAI IN LEGNO A COPERTURA DEL CORRIDOIO A PIANO TERRA.....	21
5.4	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI EFFETTUATE .....	22
5.5	LIVELLO DI CONOSCENZA .....	23
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'OPERA E SCHEMA STRUTTURALE .....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>RELAZIONE SUI MATERIALI IN PROGETTO .....</b>	<b>24</b>
7.1	GENERALITÀ .....	24
7.2	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE.....	24
7.2.1	Specifiche generali.....	24
7.2.1	Caratteristiche meccaniche .....	24
7.2.2	Classe di esecuzione (EXC) .....	25
7.2.3	Protezione contro la corrosione .....	27
7.2.3.1	Zincatura .....	27
7.2.3.2	Verniciatura .....	28
7.2.4	Controllo di accettazione in cantiere .....	29
7.3	BULLONI .....	30

 <div>Comune di Sonico</div>	<div><b>Comune di SONICO (BS)</b></div> <div>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</div>		
	<div>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</div>	Rev.A	PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022	

7.4	SALDATURE .....	30
<b>8</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>31</b>
8.1	COMBINAZIONI DELLE AZIONI .....	31
8.1.1	SLU .....	31
8.1.2	SLE rara .....	31
8.1.3	SLE frequente .....	31
8.1.4	SLE quasi permanente .....	31
8.1.5	Sismica .....	31
8.1.6	Eccezionale .....	31
8.2	AZIONE DELLA NEVE .....	34
8.3	AZIONI CIVILI-INDUSTRIALI .....	35
8.4	AZIONE DEL VENTO .....	37
8.5	AZIONE DELLA TEMPERATURA .....	37
8.6	AZIONE SISMICA .....	37
<b>9</b>	<b>ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI PER AZIONI CIVILI – INDUSTRIALI – ANTE OPERAM .....</b>	<b>38</b>
9.1	SOLAIO IN LEGNO, A COPERTURA DEL CORRIDOIO A PIANO TERRA .....	38
9.1.1	SLU .....	38
9.1.2	SLE .....	43
<b>10</b>	<b>ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI PER AZIONI CIVILI – INDUSTRIALI – POST OPERAM .....</b>	<b>44</b>
10.1	SOLAIO IN LEGNO RINFORZATO, A COPERTURA DEL CORRIDOIO A PIANO TERRA .....	44
10.1.1	SLU .....	44
10.1.2	SLE .....	49
10.2	RINFORZO IN ACCIAIO .....	50
10.2.1	SLU .....	50
10.2.2	SLE .....	52
10.1	VERIFICA DEL GIUNTO RINFORZO IN ACCIAIO / MURATURA ESISTENTE .....	53
10.1.1	Calcolo dei carichi .....	53
10.1.2	Verifica .....	53
<b>11</b>	<b>VERIFICHE AL FUOCO .....</b>	<b>54</b>
11.1	PROFILI IN ACCIAIO .....	54
11.1.1	Ipotesi di base del calcolo .....	54
11.1.2	Determinazione della resistenza al fuoco .....	54
11.1.3	Classe della sezione .....	55
11.1.4	Distribuzione di temperatura .....	55
11.1.5	Calcolo della temperatura critica .....	56
11.1.6	Calcolo della resistenza al fuoco .....	58
11.1.6.1	Vernice intumescente .....	58
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>60</b>

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

## 1 PREMESSA

L'ing. FABIO GAIONI, nella sua qualità di RdP dell'Amministrazione comunale del COMUNE DI SONICO (BS), con sede in Piazza IV Novembre, 1 – 25048 Sonico (BS) – Tel. (0364) 75030 – Fax (0364) 75391 – C.F. 00882630171 – P. IVA 00584930986, ha incaricato (determinazione n.148 del 20.12.2021, CIG: Z5E3488F52) il sottoscritto dr. ing. LUIGI FRANZONI, libero professionista in Tavagnacco (UD), Via Chiavris n.8, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Udine al n.A3770 delle seguenti prestazioni:

progettazione definitiva/esecutiva, DL, contabilità, CRE, CSE/CSP

relativamente a:

Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG Z5E3488F52



### Descrizione sommaria dell'opera

Rinforzo solaio esistente in legno massello, a copertura del corridoio a piano terra, con sotto struttura in graticcio di travi in acciaio avente la funzione di rinforzo strutturale e adeguamento allo SLU e allo SLE (NTC 2018) del solaio in legno massello esistente. Il controsoffitto in cannicci esistente verrà smantellato, al fine di scongiurare il rischio di sfondellamento / distacco intonaco.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione di calcolo si è fatto riferimento alla seguente normativa (elenco indicativo e non esaustivo):

- **Legge n. 1086 del 05/11/1971.** Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **Legge n. 64 del 02/02/1974.** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche e successive modifiche ed integrazioni.
- **D.M. 11/03/1988:** Norme tecniche riguardanti le opere di sostegno delle terre e quelle di fondazione.
- **ETAG 001 - Edition 1997:** guideline for european technical approval of metal anchors for use in concrete
- **DIN 1052:** Strutture in legno: calcolo e costruzione.
- **Eurocodice 1:** Azioni sulle costruzioni
- **Eurocodice 2:** Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- **Eurocodice 3:** Progettazione delle strutture in acciaio
- **Eurocodice 4:** Progettazione delle strutture miste acciaio-calcestruzzo
- **Eurocodice 5:** Progettazione delle strutture in legno strutturale
- **Eurocodice 6:** Progettazione delle strutture in muratura
- **Eurocodice 7:** Progettazione geotecnica
- **Eurocodice 8:** Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- **Eurocodice 9:** Progettazione delle strutture in alluminio
- **Ordinanza 3274** del 20/03/03 e s.m.i.
- **UNI EN 206-1:2006:** Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- **DGR 2129/2014 Regione Lombardia** - Classificazione sismica regionale
- **LR 33/2015 Regione Lombardia** - Disposizioni in materia di costruzioni in zona sismica
- **DGR 5001/2016 Regione Lombardia** - Linee di indirizzo per le funzioni trasferite ai Comuni
- **DD.MM: 58-65 2017:** Decreto Ministeriale n.58, 28 febbraio 2017: Approvazione delle linee guida per la classificazione di rischio sismico delle costruzioni nonché delle modalità per l'attestazione dell'efficacia degli interventi effettuati. Decreto Ministeriale n.65, 7 marzo 2017: Modifiche all'articolo 3 del Decreto Ministeriale numero 58 del 28/02/2017
- **DECRETO 17 gennaio 2018 – NTC2018.** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16



- **CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- **EN 13791:2019.** Prove sul calcestruzzo indurito
- **DM 58 del 28/2/2017 e s.m.i..** Approvazione delle linee guida per la classificazione di rischio sismico delle costruzioni nonché delle modalità per l'attestazione dell'efficacia degli interventi effettuati.

Più in generale, la stessa NTC 2018 prevede che, per quanto non diversamente specificato nel capitolo 8, si faccia riferimento alle disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli della norma e queste costituiscono pertanto il riferimento anche per le costruzioni esistenti. Si intendono inoltre coerenti con i principi alla base della stessa norma, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'UE;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii.;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

### 3 METODI E PROCEDURE DI CALCOLO

#### 3.1 Generalità

Alla base di tutti i dimensionamenti strutturali e delle verifiche è stata adottata la citata vigente normativa in materia. Il metodo di calcolo adottato per le varie membrature è quello degli stati limite: "... La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme. ..." [p.to 2.1. del DM 17.01.2018].

Gli schemi strutturali sono sinteticamente rappresentati da travi semplici e continue ed elementi bidimensionali a piastra.

Le analisi strutturali sono state effettuate mediante procedure automatiche agli elementi finiti (F.E.M.) con software i cui estremi sono sotto indicati, controllati, verificati e testati dallo scrivente professionista, ed i risultati più significativi sono sinteticamente esposti nel seguito della presente relazione.

#### 3.2 **Dichiarazioni di cui al punto 10.2 DM 17/01/2018: analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo**

Ai sensi del par. 10.2 delle NTC 2018 si dichiara quanto di seguito specificato.

##### 3.2.1 **Tipo di analisi svolta**

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale è condotta con il seguente metodo:

<input checked="" type="checkbox"/>	Analisi statica lineare
<input type="checkbox"/>	Analisi dinamica lineare
<input type="checkbox"/>	Analisi statica non lineare
<input type="checkbox"/>	Analisi dinamica non lineare
<input type="checkbox"/>	Altro (indicare norma di riferimento applicata)

secondo le disposizioni del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo agli elementi finiti (F.E.M.). Tale metodo consiste in una procedura approssimata per determinare il comportamento di una struttura reale soggetta ad opportuni carichi risolvendo un sistema di equazioni algebriche che descrivono il modello idealizzato della struttura mediante un numero finito di variabili (e.g. gli spostamenti o le rotazioni dei nodi). In tale modello la struttura reale è rappresentata da un set di elementi delimitati da mesh, griglie di linee o di superficie. Ogni elemento è assunto essere definito dalla sua geometria di contorno, le sue proprietà del materiale/i, e pochi altri parametri geometrici come spessore e/o sezione trasversale. La soluzione del problema è completamente descritta da poche variabili (di solito gli spostamenti) definiti sui nodi o su convenienti punti del dominio. La risposta della struttura idealizzata è determinata dal comportamento aggregato dei suoi elementi.



La risposta strutturale (tensioni, deformazioni, ecc.) in ogni singolo elemento finito è derivata dalla soluzione (discretizzata) in termini di spostamenti dei nodi che sono posti al confine degli elementi stessi.


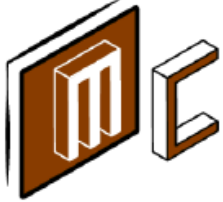

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

##### 3.2.2 **Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo**

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	


Titolo	MIDAS GEN PLUS	
Caratteristiche	Sistema di analisi ad elementi finiti	
Produttore	MIDAS – TowerB,17 Pangyo-ro 228beon-gil, Bundang-gu - 463-400; KOREA	
Distributore	Harpaceas srl, Viale Giulio Richard 1, 20143 Milano	
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni Codice Cliente: 99320 Licenza U001-22136	
Titolo	MC Masonry Check	
Caratteristiche	verifiche di strutture in muratura modellate a telaio equivalente o a plate; verifiche lineari e trattamento della curva di capacità	
Produttore	CSPFea e Asdea	
Distributore	Harpaceas srl, Viale Giulio Richard 1, 20143 Milano	
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni	
Titolo	API++ FULL Aztec Informatica	
Caratteristiche	Analisi delle fondazioni: platee, platee nervate, platee su pali, piastre in elevazione, graticci di travi, plinti superficiali e su pali.	
Produttore	Aztec Informatica S.r.l. Il Software per l'Ingegneria Geotecnica e Strutturale Corso Umberto I, 43 – Loc. Casole Bruzio - 87059 Casali del Manco (CS) P.IVA 03008010781	
Distributore	Aztec Informatica S.r.l.	
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni Licenza AILS0023TQ	



	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	<b>PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO</b> Art.23 D.Lgs50/16
Titolo	STRAUS 7		
Caratteristiche	Sistema di analisi ad elementi finiti		
Produttore	Strand7 – www.strand7.com – www.straus7.com		
Distributore	HSH srl - Via N. Tommaseo, 13 - 35131 Padova Tel. 049663888 – 0498752724 – Fax 0498758747		
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	ASA9 – Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni		
Titolo	PRO_CINEm		
Caratteristiche	Analisi Cinematica Lineare e Non Lineare sulla Muratura		
Produttore	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.		
Distributore	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.		
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	Codice Utente: 003658/cli Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni		
Titolo	PRO_ILC		
Caratteristiche	Interventi locali e particolari costruttivi		
Produttore	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.		
Distributore	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.		
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	Codice Utente: 003658/cli Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni		
Titolo	AMV SismaClass		
Caratteristiche	Calcolo della classe di rischio sismico di un edificio		
Produttore	AMV Software company		
Distributore	AMV Software company		
Estremi di Licenza d'uso o	Licenza gratuita		





 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

altra forma di autorizzazione all'uso			
Titolo	SismiClass PREMIUM 3.0 – Classificazione del rischio sismico		
Caratteristiche	Calcolo della classe di rischio sismico delle costruzioni nuove o esistenti		
Produttore	Marco De Pisapia - marcodepisapia.com		
Distributore	Marco De Pisapia - marcodepisapia.com		
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	Licenza intestata a ing. Luigi Franzoni		
Titolo:	Programmi Gratuiti per Ingegneria Civile (Civil Engineering Free Software) sviluppati con la collaborazione degli studenti dal prof. Ing. P. Gelfi del Dipartimento di Ingegneria Strutturale dell'Università di Brescia		
	Altri software gratuiti di cui sono riportati gli estremi		
Estremi di Licenza d'uso o altra forma di autorizzazione all'uso	gratuita		

### 3.2.3 Affidabilità dei Codici di Calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dai produttori e distributori dei software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione. Le società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati come di seguito indicato.

MIDAS GEN	<p>"Analysis Manual" (cfr.cartella C:\Program Files\MIDAS\midas Gen\Manual\Analysis ), campi di impiego del software Pagg. 133-134 del Analysis Manual e Appendice 2. Casi di Prova cfr. "Verification Examples" (cartella C:\Program Files\MIDAS\midas Gen\ Manual\Verifications)</p> <p><a href="http://www.MidasUser.com">www.MidasUser.com</a> - sono disponibili sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti formati da centinaia di pagine si ritiene sufficiente rimandare al link indicato.</p> <p>Il motore di calcolo adottato da MIDAS/GEN è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensione per il calcolo degli effetti del secondo ordine. Il solutore lineare utilizzato in analisi statica è basato su un classico</p>
-----------	---

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

	algoritmo di fattorizzazione molti frontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Grande attenzione è stata posta sugli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati trattati dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità.
MC Masonry Check	<a href="https://www.cspfea.net/">https://www.cspfea.net/</a>
API++ FULL	<a href="http://www.aztec.it">www.aztec.it</a>
STRAUS 7	<a href="http://www.strand7.com">www.strand7.com</a>
PRO_CIMEm PRO_ILC	<a href="http://www.2si.it">www.2si.it</a>
SismiClass PREMIUM 3.0	<a href="http://www.marcodepisapia.com">www.marcodepisapia.com</a>

### 3.2.4 Modalità di presentazione dei risultati.

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare la relazione di calcolo oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini, almeno per le parti più sollecitate della struttura, tale da avere una sintesi completa e efficace del comportamento della struttura per ogni tipo di analisi svolta.

### 3.2.5 Informazioni generali sull'elaborazione.

Il software prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, del non rispetto delle limitazioni geometriche e di armatura e della presenza di elementi non verificati. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la quasi totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### 3.2.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo dimensionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Nella presente relazione sono riportati i controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.).



In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Le conseguenti verifiche di sicurezza, operate con il metodo degli stati limite, sono state effettuate, sempre con procedure di calcolo automatiche controllate, verificate e testate dallo scrivente professionista, nelle sezioni più caratteristiche delle varie membrature.

### 3.2.7 Valutazione indipendente del calcolo

La struttura in progetto:

<input checked="" type="checkbox"/>	NON è relativa ad un'opera di particolare importanza, ritenuta tale dal committente, per questo NON sono stati eseguiti controlli incrociati sui risultati di calcolo attraverso l'esecuzione dei calcoli da soggetto, prescelto
-------------------------------------	--

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52			
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

	dal Committente, diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente.
<input type="checkbox"/>	È relativa ad un'opera di particolare importanza, ritenuta tale dal committente, per questo sono stati eseguiti controlli incrociati sui risultati di calcolo attraverso l'esecuzione dei calcoli da soggetto, prescelto dal Committente, diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente.

#### 4 VERIFICA AI SENSI DEL CAP.8 DELLE NTC2018 "COSTRUZIONI ESISTENTI"

##### 4.1 *Analisi storico-critica*



##### 4.1.1 *Documentazione esistente*

###### NTC 8.5.1

Attraverso le ricerche dei documenti depositati presso gli archivi del Comune, è stato possibile rintracciare la seguente documentazione progettuale relativamente alla parte interessante le strutture e di cui viene riportato di seguito un elenco.


Data	Oggetto	Descrizione	Progettista	Note
1891	--	--	--	Esiste un elaborato grafico datato 1891
ANNI '60	--	--	--	Come indicato dal RUP, l'edificio è stato sottoposto al rifacimento dei solai intorno agli anni '60
ANNI '80	--	--	--	Come indicato dal RUP, l'edificio è stato sottoposto al rifacimento della copertura intorno agli anni '80
08.05.2020	Indagine diagnostica sui solai dell'edificio scolastico Scuola primaria "Giacomo Mottinelli", via Branchi CIG: ZF62C36145	Indagine diagnostica sui solai	Ing. Luigi Franzoni	Indagini sui solai esistenti, dalle quali scaturisce la necessità di intervento di cui al presente progetto



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52			
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture			Rev.A
				12.05.2022
			PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16	

#### 4.1.2 Descrizione generale e documentazione fotografica

Il solaio oggetto del presente progetto di rinforzo risulta costituito in travetti di legno massello a "mezzo tronco", superiormente articolato con tavelle in laterizio; interasse  $l=40\text{cm}$ .

Localizzazione	via Branchi, 25048 Sonico (BS)
	
Coord.	32T 604484 E - 5113349 N
Altitudine	270 m slm
Destinazione d'uso degli ambienti	Scuola (vedi NTC2018 par. 2.4.2) Classe d'uso III
Anno di costruzione	Esiste un elaborato grafico datato 1891
Ristrutturazione	Come indicato dal RUP, l'edificio è stato sottoposto al rifacimento dei solai intorno agli anni '60 e al rifacimento della copertura intorno agli anni '80



Comune di  
Sonico

## Comune di SONICO (BS)

Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52

All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture

Rev.A

12.05.2022

**luigi franzoni**  
studio di ingegneria

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16



Foto n.1  
Visione  
d'insieme della  
scuola,  
dall'esterno





Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52**

**luigi franzoni**  
studio di ingegneria

*All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture*

Rev.A

12.05.2022

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16



Foto n.2  
Particolare del  
travetto in  
legno massello  
a "mezzo  
tronco"



Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52**

*All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture*

Rev.A

12.05.2022

**Luigi Franzoni**  
studio di ingegneria



PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16




Foto n.3  
Ingresso aula  
(sopra aula  
informatica)  
piano primo

Visibile il  
cedimento del  
solaio che ha  
segnato la  
pavimentazione  
– rigida – al  
piano primo



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

		Foto n.4 Piano primo, sbarco scala lato sud  Visibile il cedimento del solaio che ha segnato la differenza di materiale della pavimentazione al piano primo
---	--	---

#### 4.1.3 Storia sismica della zona



Sono state svolte delle considerazioni sullo sviluppo storico della sismicità della zona in cui l'edificio è situato, con particolare riferimento agli aspetti di interesse per l'edificio in esame.

La ricostruzione della storia dell'edificio ha consentito di verificare quanti e quali terremoti esso abbia subito in passato.

Questa valutazione storica della vulnerabilità sismica dell'edificio rispetto ai terremoti passati è di notevole utilità in quanto assimilabile ad una sorta di "collaudo".

La valutazione dei terremoti che possono aver colpito la struttura è stata fatta attraverso la consultazione dei dati forniti dall'INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Una prima indagine è stata effettuata estraendo i dati dall'database macrosismico DBMI15 utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico italiano CPTI15; il Catalogo fornisce i terremoti avvenuti dal 1000 al 2017. Si riporta di seguito un estratto della schermata tratta dal sito [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52			
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture			Rev.A
				12.05.2022
			PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16	



## Sonico

PlaceID IT\_16950  
 Coordinates (lat, lon) 46.164, 10.354  
 Municipality (ISTAT 2015) Sonico  
 Province Brescia  
 Region Lombardia  
 No. of reported earthquakes 6



► Customize the diagram

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	<a href="#">1901</a>	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4-5	<a href="#">1989</a>	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3-4	<a href="#">1991</a>	11	20	01	54	1	Grigion, Vaz	468	6	4.70
4-5	<a href="#">1999</a>	12	29	20	42	3	Alpi Retiche	74		4.78
4	<a href="#">1999</a>	12	31	04	55	5	Alpi Retiche	99		4.11
4-5	<a href="#">2000</a>	04	06	17	40	3	Alpi Retiche	40		4.02

Dove:

Effetti Int

Intensità macrosismica massima

Io

Intensità epicentrale (MCS)



NMDP

Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto

Mw

Magnitudo momento

Considerando che i primi danni strutturali si hanno generalmente per valori di intensità macrosismica I maggiori o uguali a 6, si osserva come fino ad oggi non ci siano state scosse sismiche, nelle vicinanze significative, tali da provocare danni alla struttura.

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

Dalla documentazione reperita presso gli archivi si evince quindi che l'edificio non ha sostanzialmente avuto varianti concrete relativamente all'assetto strutturale e al comportamento sismico.

La documentazione fornita dalla Committenza non riporta informazioni relative ad eventuali danni subiti dalla struttura come conseguenza degli eventi sismici sopra citati.

## 4.2 Rilievo geometrico-strutturale e valutazione della sicurezza

### 4.2.1 Motivazioni alla base della Valutazione della Sicurezza

La porzione di edificio oggetto dell'indagine viene sottoposto al presente intervento in quanto:

a seguito di indagine diagnostica sui solai della scuola, a firma dell'ing. Luigi Franzoni, in data 08.05.2020 veniva segnalata inadeguatezza del solaio in oggetto, con le seguenti considerazioni

*La verifica statica del solaio ha dato esito negativo, sia allo SLU che allo SLE;*

*Nel controsoffitto in canniccio a piano terra è presente in una modesta porzione del fabbricato, costituito dal Corridoio.*

*Attraverso l'ispezione dello stesso è stato possibile rilevare alcune criticità e problematiche, rappresentate essenzialmente da:*

- *distacco dell'intonaco dal supporto, di spessore non indifferente (circa 2-3cm);*
- *diffusa presenza di fessurazioni e cavillature.*

*La battitura manuale, effettuata in alcune aree, ha confermato la scarsa coesione dell'intonaco al supporto.*

Si proponeva quindi di:

*Realizzazione di contro-struttura portante in acciaio a sostegno del solaio esistente e adeguatamente ancorata alle murature portanti.*

*La contro struttura dovrà inoltre confinare il controsoffitto in cannicci esistente*

### 4.2.2 Rilievo geometrico-strutturale

NTC 8.5.2

L'indagine preliminare atta a ricostruire la "storia" del fabbricato, condotta mediante l'aiuto dei tecnici del comune locale, ha permesso di ricavare buona parte della tessitura strutturale dell'edificio; con le indagini in situ (si veda la relazione specialistica delle indagini in situ) si è cercato di colmare, ove tecnologicamente ed economicamente possibile, le lacune della documentazione che si è riusciti a reperire.

Per quanto visto e verificato in loco, il progetto originario è in linea di massima coerente con quanto realizzato e riscontrato in situ attraverso le indagini.

### 4.2.3 Sistema struttura

NTC 8.3

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

1. riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;



*Riduzione evidente della capacità resistente e deformativa della struttura del solaio al primo piano, a copertura del corridoio al piano terra, dovuta a significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, ovvero inefficienza dei materiali e dello schema strutturale utilizzati*

2. provati gravi errori di progetto o di costruzione;

NA

3. cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;

NA

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

4. esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;

NA

5. ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 ;

si eseguono interventi locali NTC 8.4.1

6. opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

NA

#### NTC 8.4.3

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;

NA

- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;

NA

- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;

Viene rinforzato il solaio al piano primo – solo nella zona corridoio.

Complessivamente tale rinforzo non incrementa i carichi globali verticali in fondazione per una quota > 10% rispetto a quanto realizzato, secondo la destinazione d'uso dichiarata e secondo quanto rilevabile dal sopralluogo cognitivo di cui alla documentazione fotografica

- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.

NA



- e) apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV

NA: già Scuola (vedi NTC2018 par. 2.4.2) Classe d'uso III

#### 4.3 Classificazione dell'intervento in progetto

##### 4.3.1 Interventi in progetto

Riduzione del rischio strutturale dell'US con particolare riguardo all'esecuzione di opere per la messa in sicurezza, sulla base di un progetto unitario comprendente l'US in oggetto come di seguito specificate sinteticamente e meglio dettagliate nel seguito della presente relazione di calcolo e negli elaborati grafici di progetto.

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	

Progr.	intervento	Tipologia di intervento locale ex par.8.4.1 NTC2018
1	<p>Particolare A rinforzo solaio esistente in legno, a copertura del corridoio a piano terra; rinforzo del solaio in legno massello esistente con sotto struttura in graticcio di travi in acciaio avente la duplice funzione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rinforzo strutturale e suo adeguamento allo SLU e allo SLE (NTC 2018) del solaio in legno massello esistente</li> <li>Confinamento del controsoffitto in cannicci esistente, al fine di scongiurare il rischio di sfondellamento / distacco intonaco</li> </ul> <p>l'intervento non modifica significativamente la rigidezza e la resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e la capacità di deformazione della struttura</p>	<p>modificare un elemento o una porzione limitata della struttura</p>

**NB: tutti le lavorazioni in progetto fanno ricadere nell'INTERVENTO LOCALE ai sensi del par. 8.4.1 delle NTC2018 e C8.4.1, in quanto non modificano in senso negativo il comportamento degli altri elementi della costruzione e di tutta la costruzione nel suo insieme; inoltre presi nel loro insieme non alterano il comportamento globale dell'US individuata.**

Visto e considerato quanto precedentemente indicato, si procede con:

<input type="checkbox"/>	<b>INTERVENTO DI ADEGUAMENTO</b> di tutto l'edificio, ai sensi del par. 8.4.3 delle NTC2018.
<input type="checkbox"/>	<b>INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO</b> , ai sensi del par. 8.4.2 delle NTC2018.
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>INTERVENTO LOCALE</b> , ai sensi del par. 8.4.1 delle NTC2018. Tali interventi non cambiano significativamente il comportamento globale della costruzione.
<input type="checkbox"/>	<b>VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA</b>

Si precisa in questa sede che la relazione di calcolo in oggetto si riferisce alle sole opere qui prese in considerazione, assumendo come dato di partenza la struttura esistente così come descritta in precedenza.

#### 4.4 Caratterizzazione meccanica dei materiali

##### NTC 8.5.3

Si veda per dettagli la relazione specialistica delle indagini in situ.

#### 4.5 Definizione delle azioni

##### NTC 8.5.5

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate tenendo conto di tutte le azioni presenti, sia non sismiche, sia sismiche. Con riferimento a quanto espresso nel § 8.5 delle NTC si precisa che, nel caso di combinazioni di carico che includano l'azione sismica, ai fini della determinazione dell'entità massima delle azioni sopportabili dalla struttura si sono considerati i carichi permanenti effettivamente riscontrati e quelli variabili previsti dalle NTC.



L'azione sismica è definita, per i diversi stati limite, al § 3.2 delle NTC, tenuto conto del periodo di riferimento definito al § 2.4 delle NTC (v. anche § C8.3).

##### NTC 8.3

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6.



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

Per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni, valgono i criteri di cui al § 2.5.3 delle NTC. Le diverse componenti dell'azione sismica sono combinate con i criteri riportati al § 7.3.5 delle NTC.

## 5 RELAZIONE SULLE INDAGINI IN SITU

### 5.1 Premesse

Le seguenti indagini seguono un protocollo che prevede verifiche da effettuare in situ, comprensive sia di prove distruttive atte alla stima diretta dei parametri meccanici dei materiali o al prelievo di campioni di materiale (queste ultime completate da specifiche prove di laboratorio), sia di prove non distruttive che consentono di estendere i risultati ai punti laddove non condotte prove distruttive. Le stesse prove non distruttive permettono, tra l'altro, l'individuazione dei tracciati e delle tramature caratteristiche degli elementi portanti sia verticali che orizzontali o ancora l'ispezione di sistemi di rivestimento non accessibili, quali ad esempio controsoffitti continui o contropareti.

I punti di prova sono stati individuati in numero e posizione in modo tale da garantire un livello di conoscenza adeguato ed omogeneo per le varie componenti strutturali del manufatto, supportato ove presente dalla documentazione di progetto.

L'elaborazione e l'interpretazione delle misurazioni ottenute consente di risalire ai valori di resistenza dei materiali in opera oltreché ad avere un riscontro oggettivo delle strutture.

NB: La presente relazione riguarda unicamente le strutture di rinforzo del solaio in legno massello a copertura del corridoio a piano terra

### 5.2 Piano delle indagini

#### NTC 8.5.4

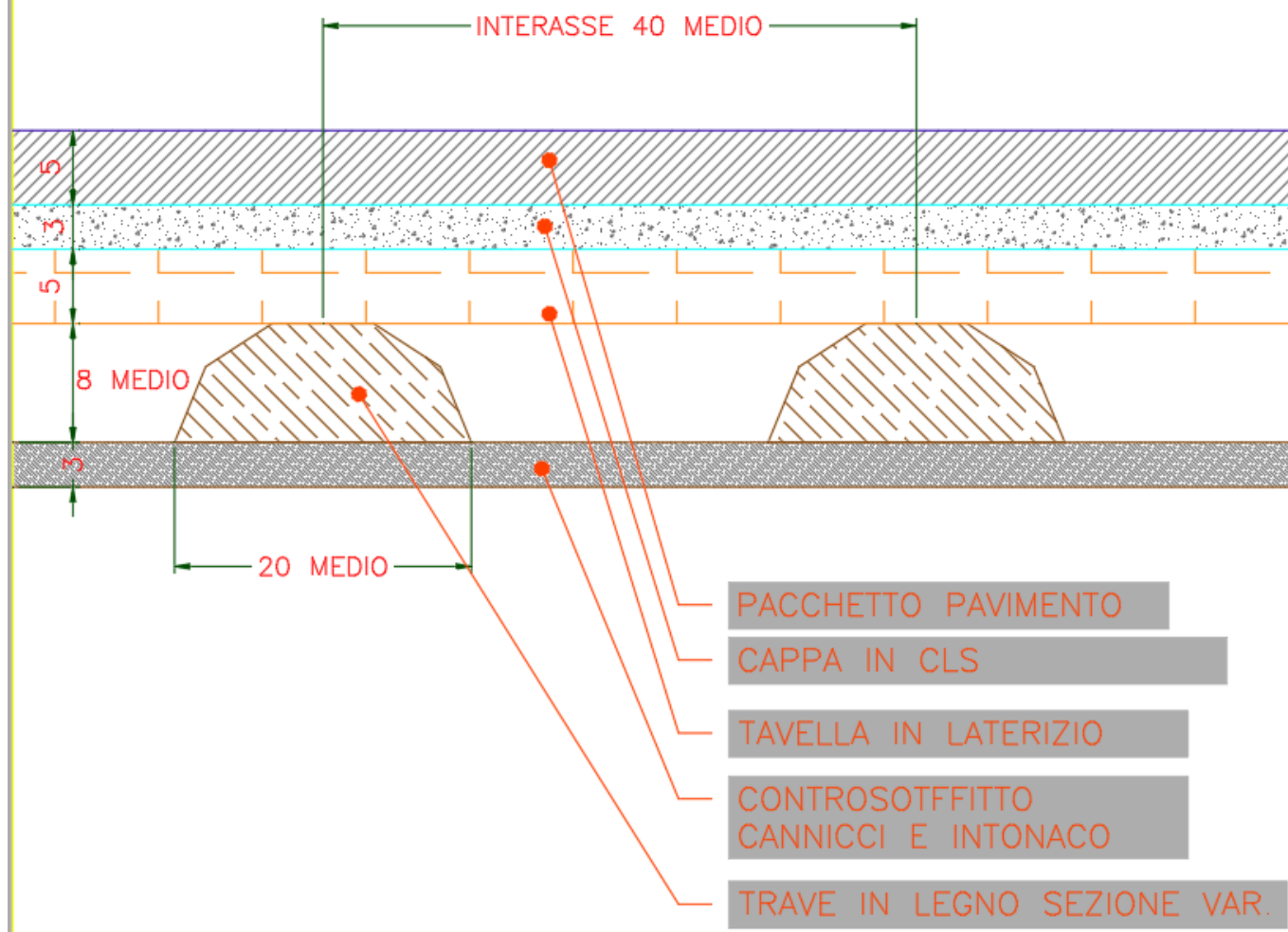
La valutazione della vulnerabilità sismica di una struttura esistente richiede una fase preliminare consistente nell'accertamento delle caratteristiche meccaniche e geometriche degli elementi strutturali, delle armature e dei dettagli costruttivi.

L'estensione dei rilievi e delle prove sui materiali e strutture è dipendente dall'eventuale disponibilità della documentazione tecnica di progetto e/o di collaudo della struttura.



Per quello che riguarda la caratterizzazione meccanica dei materiali, si è deciso di contenere al massimo il numero di prove, studiando quelle che a detta dello scrivente fossero strettamente necessarie ai fini del conseguimento di un idoneo livello di conoscenza, anche in considerazione della "bassa pericolosità sismica" che caratterizza l'area in esame.

**5.3 Solai in legno a copertura del corridoio a piano terra**

**PARTICOLARE S2**  
**SOLAIO PIANO TERRA – CORRIDOIO**  
**IN LEGNO 1:10**  
(dati scaturiti dalle indagini)







 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52			
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

#### 5.4 Documentazione fotografica delle indagini effettuate



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		



### 5.5 Livello di conoscenza

Si intende qui raggiunto, data la documentazione a disposizione e le prove in situ eseguite, il livello di conoscenza seguente:

<input checked="" type="checkbox"/>	LC1	Prove limitate	<b>Analisi storico critica, rilievo geometrico completo e indagini limitate</b>  <b>È stato localmente e temporaneamente asportato parte del controsoffitto in cannicci in modo da verificare l'effettiva geometria del solaio in legno massello esistente</b>	<b>FC = 1,35</b>
<input type="checkbox"/>	LC2	Prove estese	Analisi storico critica, rilievo geometrico completo e indagini estese	FC = 1,20

## 6 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'OPERA E SCHEMA STRUTTURALE

Destinazione d'uso della struttura:	Scuola (vedi NTC2018 par. 2.4.2) Classe d'uso III
Schema strutturale:	travetti in legno massello

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A 12.05.2022	

## 7 RELAZIONE SUI MATERIALI IN PROGETTO

### 7.1 Generalità

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati nell'opera devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito:

- identificati univocamente a cura del produttore
- qualificati sotto la responsabilità del produttore
- accettati dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

### 7.2 Acciaio per strutture metalliche

#### 7.2.1 Specifiche generali

Dovranno essere conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+ (NTC2018).

Laminati a caldo con profili a sezione aperta secondo D.M. 17/01/2018 § 11.3.4, UNI EN 10025

Piatti e lamiere secondo D.M. 17/01/2018 § 11.3.4, UNI EN 10025

#### 7.2.1 Caratteristiche meccaniche



Tipo **S275JR**

Profilati in acciaio laminati a caldo  $s \leq 40\text{mm}$

lamiere e larghi piatti

tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	275,00	MPa
tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	430,00	MPa
$\gamma_s$ : coefficiente parziale di sicurezza	1,05	--
resistenza di progetto $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	261,90	MPa
modulo di elasticità $E$	210000,00	MPa
coefficiente di poisson	0,30	
modulo di elasticità trasversale $G$	80769,23	MPa
coefficiente di espansione termica lineare $\alpha$ (per $T \leq 100^\circ$ )	$12 \times 10^{-6}$	$^\circ\text{C}^{-1}$
densità $\rho$	78,50	kN/m3

Resilienza		
min. 27 J	min. 40 J	Temp. $^\circ\text{C}$
JR	KR	20
J0	K0	0
J2	K2	-20
J3	K3	-30
J4	K4	-40

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture			Rev.A
				12.05.2022
			PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

**Table 1-1: Maximum permissible values of element thickness in mm**

Steel grade	Sub-grade	Charpy energy CVN		Reference temperature T <sub>Ed</sub> [°C]																											
		at T [°C]	J <sub>min</sub>	σ <sub>Ed</sub> = 0,75 f <sub>y</sub> (t)								σ <sub>Ed</sub> = 0,50 f <sub>y</sub> (t)								σ <sub>Ed</sub> = 0,25 f <sub>y</sub> (t)											
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60	175	155	135	115	100	85	75
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75	200	175	155	135	115	100	85
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55	165	145	125	110	95	80	70
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70	200	190	165	145	125	110	95
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95	200	200	190	165	145	125	110
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145	200	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45	150	130	110	95	80	70	60
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60	200	175	150	130	110	95	80
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130	200	200	200	185	160	140
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70	200	175	155	130	115	95	80
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130	200	200	200	185	160	140	120
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45	140	120	100	85	75	60	50
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60	190	165	140	120	100	85	75
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	200	190	165	140	120	100	85	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	200	190	165	140	120	100	200	200	190	165	140	120	100
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100	200	200	190	165	140	120	100

Par. 4.2 NTC “ ... i requisiti per l'esecuzione di strutture di acciaio, al fine di assicurare un adeguato livello di resistenza meccanica e stabilità, di efficienza e di durata, devono essere conformi alle UNI EN 1090-2:2011, “Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio – Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio”, per quanto non in contrasto con le presenti norme ....”.



## 7.2.2 Classe di esecuzione (EXC)

Una volta definita la struttura da realizzare, è necessario individuare la Classe di Conseguenza (CC), o in alternativa la Classe di Affidabilità (RC), secondo quanto specificato nella UNI EN 1990 (Appendice B – Differenziazione dell'affidabilità strutturale per le costruzioni):

Prospetto B.1 – Definizione della classe di conseguenze		
Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

Tabella tratta da Prospetto B.1 – UNI EN 1990:2006



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

È inoltre possibile valutare alternativamente la classe di affidabilità (RC), definendola attraverso il concetto di indice di affidabilità  $\beta$ . Le tre classi di affidabilità RC1, RC2, RC3 possono essere associate alle tre classi di conseguenze CC1, CC2, CC3. Il prospetto B.2 fornisce i valori minimi raccomandati dell'indice di affidabilità associati con le classi di affidabilità (vedere anche l'Appendice C – Criteri generali per il progetto ai coefficienti parziali e l'analisi dell'affidabilità).

Prospetto B.2 - Valori minimi raccomandati per l'indice di affidabilità $\beta$ (stati limite ultimi)		
Classe di affidabilità	Valori minimi di $\beta$	
	Periodo di riferimento 1 anno	Periodo di riferimento 50 anni
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

Tabella tratta da Prospetto B.2 – UNI EN 1990:2006

Individuata la Classe di Conseguenza o la Classe di Affidabilità, è possibile determinare la Classe di Esecuzione dalla Tabella C.1 della UNI EN 1993-1-1:2014 (Annex C – Selection of execution class):



Table C.1 - Choice of execution class (EXC)		
Reliability Class (RC) or Consequences Class (CC)	Type of loading	
	Static, quasi-static or seismic DCL <sup>a</sup>	Fatigue <sup>b</sup> or seismic DCM or DCH <sup>a</sup>
RC3 or CC3	EXC3 <sup>c</sup>	EXC3 <sup>c</sup>
RC2 or CC2	EXC2	EXC3
RC1 or CC1	EXC1	EXC2

<sup>a</sup> Seismic ductility classes are defined in EN 1998-1: Low=DCL; Medium=DCM; High=DCH.  
<sup>b</sup> See EN 1993-1-9.  
<sup>c</sup> EXC4 may be specify for structures with extreme consequences of structural failure.

Tabella tratta da Table C.1 – UNI EN 1993-1-1:2005/A1:2014

Classe di esecuzione prescritta:

<b>EXC3</b>
-------------

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

## 7.2.3 Protezione contro la corrosione



### 7.2.3.1 Zincatura

Per la zincatura a caldo, realizzata secondo UNI EN ISO 1461, utili riferimenti si trovano negli standard UNI EN ISO 14713-1 ed UNI EN ISO 14713-2.

Viene riportata in seguito la tabella descrittiva delle tipologie di ambiente in funzione delle categorie di corrosività, per la zincatura a caldo, con riferimento alla norma UNI EN ISO 14713-1.

Categoria di corrosività C Tasso di corrosione per lo zinco (in base a esposizioni di un anno), $r_{corr}$ [ $\mu\text{m}/\text{anno}$ ] e livello di corrosione	Ambienti interni (esempi)	Ambienti esterni (esempi)
<b>C1</b> $r_{corr} \leq 0,1$ Molto bassa	Ambienti riscaldati con bassa umidità relativa e inquinamento insignificante, per esempio uffici, scuole, musei	Zona secca o fredda, ambiente atmosferico con inquinamento e periodo di umidità molto ridotti, per esempio alcuni deserti, Artico/Antartico centrale
<b>C2</b> $0,1 < r_{corr} \leq 0,7$ Bassa	Spazi non riscaldati con temperature e umidità relativa variabili. Bassa frequenza di condensa e ridotto inquinamento, per esempio magazzini, palestre	Zona temperata, ambiente atmosferico con inquinamento ridotto ( $\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), per esempio aree rurali, piccole città. Zona secca o fredda, ambiente atmosferico con breve periodo di umidità, per esempio deserti, aree subartiche
<b>C3</b> $0,7 < r_{corr} \leq 2,1$ Media	Spazi con moderata frequenza di condensa e inquinamento moderato dovuto a processi produttivi, per esempio impianti di lavorazione di generi alimentari, lavanderie, fabbriche di birra, caseifici	Zona temperata, ambiente atmosferico con inquinamento medio ( $\text{SO}_2: 5 + 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o un certo effetto di cloruri, per esempio aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri. Zone subtropicali e tropicali con atmosfera con ridotto inquinamento
<b>C4</b> $2,1 < r_{corr} \leq 4,2$ Alta	Spazi con elevate frequenza di condensa ed elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio impianti di lavorazione industriali, piscine	Zona temperata, ambiente atmosferico con elevato inquinamento ( $\text{SO}_2: 30 + 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o un certo effetto di cloruri, per esempio aree urbane inquinate, aree industriali, aree costiere non esposte a nebbia salina, esposizione a forte effetto di Sali antighiaccio. Zone subtropicali e tropicali con atmosfere con inquinamento medio
<b>C5</b> $4,2 < r_{corr} \leq 8,4$ Molto alta	Spazi con elevatissima frequenza di condensa e/o elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio miniere, cavee per scopi industriali, capanne non ventilate in zone subtropicali e tropicali	Zone temperate e subtropicali, ambiente atmosferico con inquinamento molto elevato ( $\text{SO}_2: 90 + 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e/o importante effetto di cloruri, per esempio aree industriali, aree costiere, posizioni riparate sulla fascia costiera
<b>CX</b> $8,4 \leq r_{corr} \leq 25$ Estrema	Spazi con condensa quasi permanente o lunghi periodi di esposizione agli effetti di umidità estrema e/o con elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio capanne non ventilate in zone tropicali umide con penetrazione dell'inquinamento esterno, compresi cloruri dispersi nell'aria e materiale particolato stimolante la corrosione	Zone subtropicali e tropicali (periodo di umidità molto elevato), ambiente atmosferico con inquinamento molto elevato ( $\text{SO}_2 > 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), compreso inquinamento dovuto a fattori produttivi e/o forte effetto di cloruri, per esempio aree estremamente industriali, fascia costiera e aree in mare aperto con contatto occasionale con nebbia salina

Prospetto 1 – Descrizione degli ambienti atmosferici tipici in relazione alla stima delle categorie di corrosività (UNI EN ISO 14713-1)

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

### 7.2.3.2 Verniciatura

Per la verniciatura la normativa di riferimento è la UNI EN ISO 12944-1/9. In particolare, la classificazione degli ambienti è trattata all'interno della parte 2, di cui viene presentato in seguito un estratto della relativa tabella 1, che fornisce esempi in funzione della categoria di corrosività.



Classe di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie (g/mm <sup>2</sup> ) / perdita di spessore (µm)				Esempi di ambienti tipici (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso C		Zinco		All'esterno	All'interno
	massa	spessore	massa	spessore		
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, ad esempio uffici, negozi, scuole, alberghi
C2 bassa	10 ÷ 200	1,3 ÷ 25	0,7 ÷ 5	0,1 ÷ 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento: aree molto rurali	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, ad esempio depositi e palazzetti dello sport
C3 media	200 ÷ 400	25 ÷ 50	5 ÷ 15	0,7 ÷ 2,1	Ambienti urbani e industriali con moderato inquinamento a base di SO <sub>2</sub> , aree costiere con bassa salinità	Locali di produzione con alta umidità e con presenza di inquinamento, ad esempio impianti alimentari, lavanderie, fabbriche di birra, caseifici
C4 alta	400 ÷ 650	50 ÷ 80	15 ÷ 30	2,1 ÷ 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri
C5 molto alta	650 ÷ 1500	80 ÷ 200	30 ÷ 60	4,2 ÷ 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva e aree costiere con elevata salinità	Edifici o aree con condensa quasi permanente ed elevato inquinamento
CX estrema	1500 ÷ 5500	200 ÷ 700	60 ÷ 180	8,4 ÷ 25	Zone offshore con alta salinità, aree con estrema umidità, ambienti aggressivi ed ambienti subtropicali e tropicali	Aree industriali con estrema umidità e ambienti aggressivi

Tabella 1 - Categorie di corrosività atmosferica ed esempi di ambienti tipici (UNI EN ISO 12944-2)

Le strutture in acciaio dovranno essere protette con:

**Verniciatura: Classe di corrosività C1 (UNI EN ISO 12944-1/9)**



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52			
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

#### 7.2.4 Controllo di accettazione in cantiere

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 17.01.2018 al punto 11.3.4.11.3.

- **ELEMENTI PER CARPENTERIA METALLICA:** 3 prove ogni 90 tonnellate; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a 3. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di quantità di acciaio da carpenteria non superiore a 2 tonnellate, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori, che terrà conto anche della complessità della struttura.
- **LAMIERE GRECATE E PROFILI FORMATI A FREDDO:** 3 prove ogni 15 tonnellate; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a 3. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di lamiere grecate o profili formati a freddo non superiore a 0.5 tonnellate, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.
- **BULLONI E CHIODI:** 3 campioni ogni 1500 pezzi impiegati; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di pezzi non superiore a 100, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.
- **GIUNZIONI MECCANICHE:** 3 campioni ogni 100 pezzi impiegati; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di pezzi non superiore a 10, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.

I controlli di accettazione devono essere effettuati prima della posa in opera degli elementi e/o dei prodotti.

I criteri di accettazione dei controlli devono essere stabiliti dal direttore dei lavori in maniera oggettiva e riportati nella "Relazione sui controlli e sulle prove di accettazione sui materiali e prodotti strutturali" predisposta dal direttore dei lavori al termine dei lavori stessi.

Un prelievo è costituito da almeno 3 saggi dai quali, presso i laboratori di prova, vengono estratti i provini da sottoporre ai test.

Il saggio è costituito da uno spezzone di profilato di lunghezza almeno pari a 500 mm.

I provini vengono prelevati in corrispondenza dei punti della sezione del profilato indicati in appendice alla norma UNI EN 10025 – V (per i profilati più comuni).

La provetta deve riportare il marchio identificativo del produttore affinché questo venga riportato sul certificato di prova prodotto dal laboratorio che dovrà effettuare le prove meccaniche.



Il provino deve avere le seguenti dimensioni:

- larghezza:  $\geq 25 \text{ mm}$ ;
- lunghezza:  $\geq 500 \text{ mm}$ .

Queste provette vengono sottoposte in laboratorio a prove:

- di trazione dal quale si ricavano i valori della tensione di snervamento, la tensione di rottura e l'allungamento percentuale
- resilienza

Se la fornitura è di un centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori può effettuare i controlli di legge direttamente presso lo stabilimento di trasformazione.

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	

### 7.3 Bulloni

classe 8.8

tensione caratteristica di snervamento $f_{yb}$	640,00	MPa
tensione caratteristica di rottura $f_{tb}$	800,00	MPa
$\gamma_{M2}$ : coefficiente parziale di sicurezza	1,25	--

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE: vedi par. acciaio per strutture metalliche



### 7.4 Saldature

Elettrodi o materiali per saldatura automatica o semiautomatica aventi caratteristiche conformi a quelle del materiale di base.

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 4.2.8.2 delle NTC, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al punto 11.3.4.5 delle NTC.

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto devono essere conformi ai requisiti di cui al § 11.3.4.5 delle NTC2018 ossia:

- La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2011. Qualora si decida per procedimenti diversi si deve fornire documentazione teorica e sperimentale a sostegno di tali procedimenti.
- I saldatori coinvolti nei procedimenti semiautomatici e manuali devono essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1:2017 da parte di un Ente terzo. Ad es. qualora i saldatori eseguano giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.
- Tutti i procedimenti di saldatura devono essere qualificati mediante WPQR (qualifica di procedimento di saldatura) secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.
- Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli devono essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712:2012 almeno di secondo livello.
- Controlli visivo al 100%, oltre a quelli distruttivi e non distruttivi, qualora richiesti dal Collaudatore e/o dal Direttore dei Lavori

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Combinazioni delle azioni

[rif NTC 2.5.3 ]

#### 8.1.1 SLU

$$F_d = \gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_Q \left[ Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} \psi_{oi} Q_{ki} \right]$$

#### 8.1.2 SLE rara

$$F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} \psi_{oi} Q_{ki}$$

#### 8.1.3 SLE frequente

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} \psi_{2i} Q_{ki}$$

#### 8.1.4 SLE quasi permanente

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^{i=n} \psi_{2i} Q_{ki}$$

#### 8.1.5 Sismica



$$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^{i=n} \psi_{2i} Q_{ki}$$

#### 8.1.6 Eccezionale

$$F_d = G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{i=1}^{i=n} \psi_{2i} Q_{ki}$$

Dove:

$G_1$	azioni permanenti
$G_2$	azioni permanenti non strutturali
$P$	azioni di pretensione e precompressione
$Q_k$	azioni variabili caratteristiche
$E$	azioni sismiche
$A$	azioni eccezionali (incendi, esplosioni, urti ed impatti)

  Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		  PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A	
		12.05.2022	

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0



NTC

**Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

NTC



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franzoni</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

**Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni**

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00



  Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		  PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture		
	Rev.A 12.05.2022		

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.



dove:

- $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>] Carichi verticali uniformemente distribuiti
- $Q_k$  [kN] Carichi verticali concentrati
- $H_k$  [kN/m] Carichi orizzontali lineari

I carichi verticali concentrati  $Q_k$  formano oggetto di verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti; essi devono essere applicati su impronte di carico appropriate all' utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento; in assenza di precise indicazioni può essere considerata una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50x50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali si applicano su due impronte di 200x200 mm, distanti assialmente di 1,80 m. I carichi variabili orizzontali (lineari)  $H_k$  devono essere utilizzati per le verifiche locali e non si sommano ai carichi utilizzati per le verifiche dell'edificio nel suo insieme. I carichi variabili orizzontali (lineari)  $H_k$  devono essere applicati a pareti (alla quota di 1,20 m dal rispettivo piano di calpestio) ed ai parapetti o mancorrenti (alla quota del bordo superiore).

## 8.2 Azione della Neve

N.N.

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

### 8.3 Azioni civili-industriali

TITOLO: **Solaio legno a copertura corridoio PT - ANTE**  
 PROGETTO: *scuola Sonico*  
 AUTORE: *ing. Luigi Franzoni*



$\gamma$

#### ANALISI DEI CARICHI allo SLU

pp da FEM	--	kN/mq	
--	--	kN/mq	
G1	0,00	kN/mq	
$\gamma \times G1$	<b>0,00</b>	kN/mq	<b>1,3</b> permanenti
sottofondo + pavimento + intonaco + tramezze	1,50	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
G2	1,50	kN/mq	
$\gamma \times G2$	<b>2,25</b>	kN/mq	<b>1,5</b> non strutturali
ambienti ad uso scuola cat. C1 (NTC2018)	3,00	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
Qk	3,00	kN/mq	
$\gamma \times Qk$	<b>4,50</b>	kN/mq	<b>1,5</b> variabili
<b>Fd (SLU) =</b>	<b>6,75</b>	kN/mq	

#### ANALISI DEI CARICHI allo SLE

pp da FEM	--	kN/mq	
--	--	kN/mq	
G1	0,00	kN/mq	
$\gamma \times G1$	<b>0,00</b>	kN/mq	<b>1,0</b> permanenti
sottofondo + pavimento + intonaco + tramezze	1,50	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
G2	1,50	kN/mq	
$\gamma \times G2$	<b>1,50</b>	kN/mq	<b>1,0</b> non strutturali
ambienti ad uso scuola cat. C1 (NTC2018)	3,00	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
Qk	3,00	kN/mq	
$\gamma \times Qk$ rara	<b>3,00</b>	kN/mq	<b>1,0</b> variabili
$\psi 1 \times Qk$ frequente	<b>2,10</b>	kN/mq	<b>0,7</b> $\psi 1$ cat C1 (tab.2.5.1)
$\psi 2 \times Qk$ quasi permanente	<b>1,80</b>	kN/mq	<b>0,6</b> $\psi 2$ cat C1 (tab.2.5.1)
<b>Fd (SLE rara) =</b>	<b>4,5</b>	kN/mq	
<b>Fd (SLE frequente) =</b>	<b>3,6</b>	kN/mq	
<b>Fd (SLE quasi permanente) =</b>	<b>3,3</b>	kN/mq	

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture			Rev.A
				12.05.2022
			PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16	

TITOLO: **Solaio legno a copertura corridoio PT - POST**  
 PROGETTO: **scuola Sonico**  
 AUTORE: **ing. Luigi Franzoni**



$\gamma$

#### **ANALISI DEI CARICHI allo SLU**

pp da FEM	--	kN/mq	
pp - rinforzo da FEM	--	kN/mq	
G1	0,00	kN/mq	
$\gamma \times G1$	<b>0,00</b>	kN/mq	<b>1,3</b> permanenti
sottofondo + pavimento + intonaco + tramezze	1,50	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
G2	1,50	kN/mq	
$\gamma \times G2$	<b>2,25</b>	kN/mq	<b>1,5</b> non strutturali
ambienti ad uso scuola cat. C1 (NTC2018)	3,00	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
Qk	3,00	kN/mq	
$\gamma \times Qk$	<b>4,50</b>	kN/mq	<b>1,5</b> variabili
<b>Fd (SLU) =</b>	<b>6,75</b>	kN/mq	

#### **ANALISI DEI CARICHI allo SLE**

pp da FEM	--	kN/mq	
pp - rinforzo da FEM	--	kN/mq	
G1	0,00	kN/mq	
$\gamma \times G1$	<b>0,00</b>	kN/mq	<b>1,0</b> permanenti
sottofondo + pavimento + intonaco + tramezze	1,50	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
G2	1,50	kN/mq	
$\gamma \times G2$	<b>1,50</b>	kN/mq	<b>1,0</b> non strutturali
ambienti ad uso scuola cat. C1 (NTC2018)	3,00	kN/mq	
--	0,00	kN/mq	
Qk	3,00	kN/mq	
$\gamma \times Qk$ rara	<b>3,00</b>	kN/mq	<b>1,0</b> variabili
$\psi 1 \times Qk$ frequente	<b>2,10</b>	kN/mq	<b>0,7</b> $\psi 1$ cat C1 (tab.2.5.I)
$\psi 2 \times Qk$ quasi permanente	<b>1,80</b>	kN/mq	<b>0,6</b> $\psi 2$ cat C1 (tab.2.5.I)
<b>Fd (SLE rara) =</b>	<b>4,5</b>	kN/mq	
<b>Fd (SLE frequente) =</b>	<b>3,6</b>	kN/mq	
<b>Fd (SLE quasi permanente) =</b>	<b>3,3</b>	kN/mq	

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

#### 8.4 Azione del vento

NN

#### 8.5 Azione della Temperatura

[NTC 3.5.5]

<input checked="" type="checkbox"/>	Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente $\Delta T_u$ , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II.
<input type="checkbox"/>	Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura T nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

Tab. 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici



Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15^\circ\text{C}$

#### L'AZIONE DELLA TEMPERATURA NON VIENE PRESA IN CONSIDERAZIONE

Non significativa per l'intervento in oggetto

#### 8.6 Azione Sismica

NN

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

## 9 ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI PER AZIONI CIVILI – INDUSTRIALI – ANTE OPERAM

Si riportano ora le analisi e verifiche strutturali per azioni civili - industriali relative alle sollecitazioni ed alle verifiche degli elementi strutturali essenziali.

### 9.1 Solaio in legno, a copertura del corridoio a piano terra

#### 9.1.1 SLU

Calcolo dei carichi

carico	[kN/mq]	interasse di comp.[m]	[kN/m]	coeff. di iperstaticità	carico lin. aggiunt. [kN/m]	carico lineare RARA [kN/m]	coeff.	carico lineare SLU [kN/m]
G1	PP FEM	--	--	--	--	PP FEM	1.3	PP FEM*1.3
G2	1.50	0.40	0.60	1.00	--	0.60	1.5	0.90
Qk	3.00	0.40	1.20	1.00	--	1.20	1.5	1.80

MIDAS GEN - Section Properties

Section Properties		
Area	1.24132e-002	m^2
Asy	1.07302e-002	m^2
Asz	9.31326e-003	m^2
Ixx	1.68476e-005	m^4
Iyy	5.87541e-006	m^4
Izz	2.87809e-005	m^4







Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52**

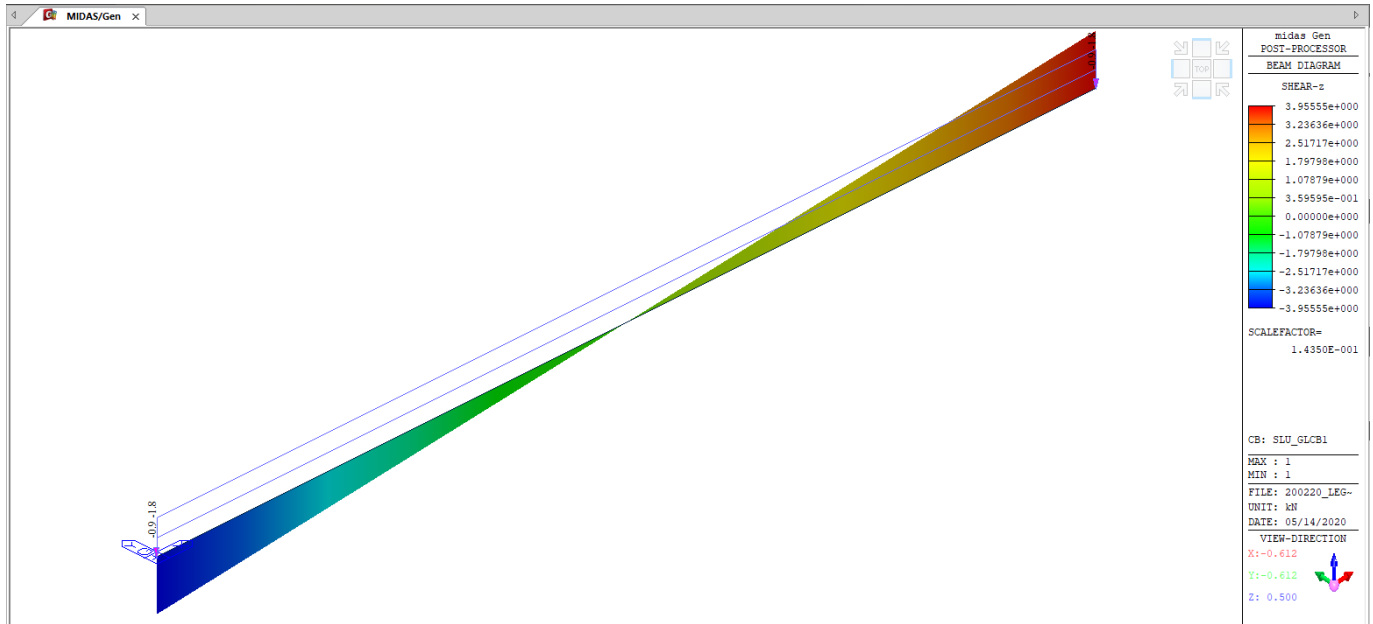
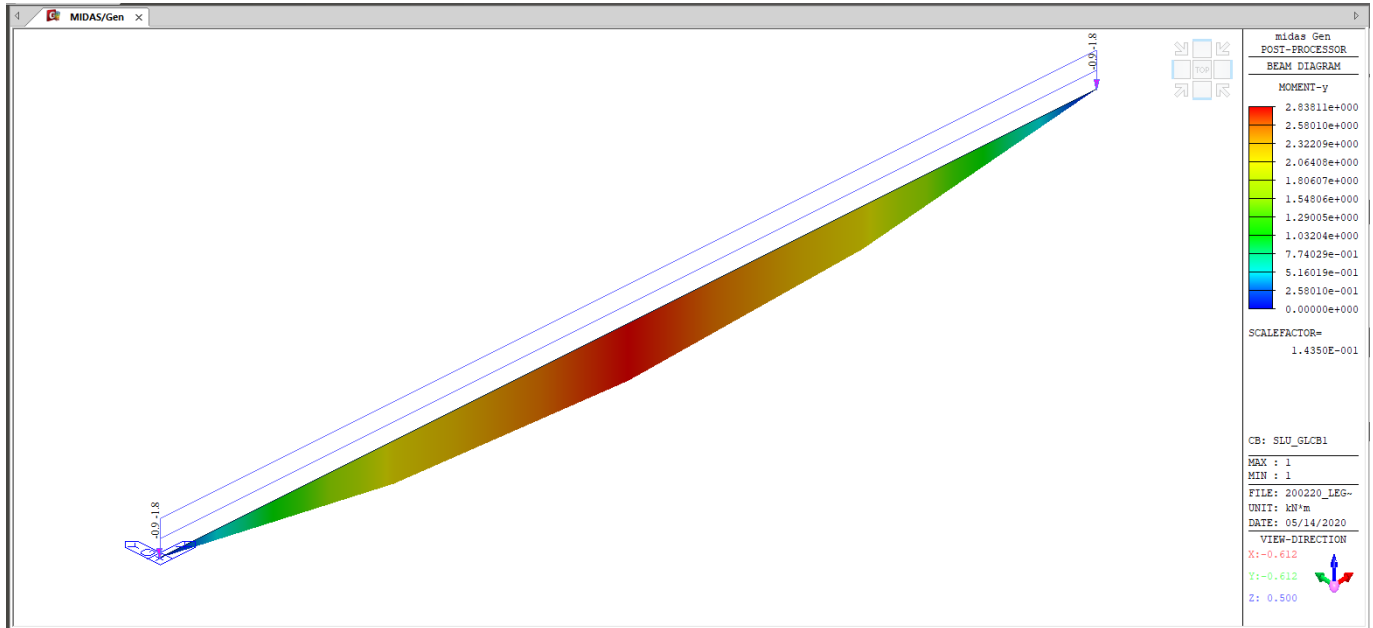
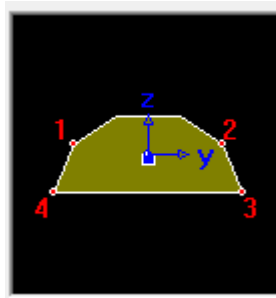
**All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture**

**Rev.A**



**12.05.2022**

**Luigi Franzoni**  
studio di ingegneria

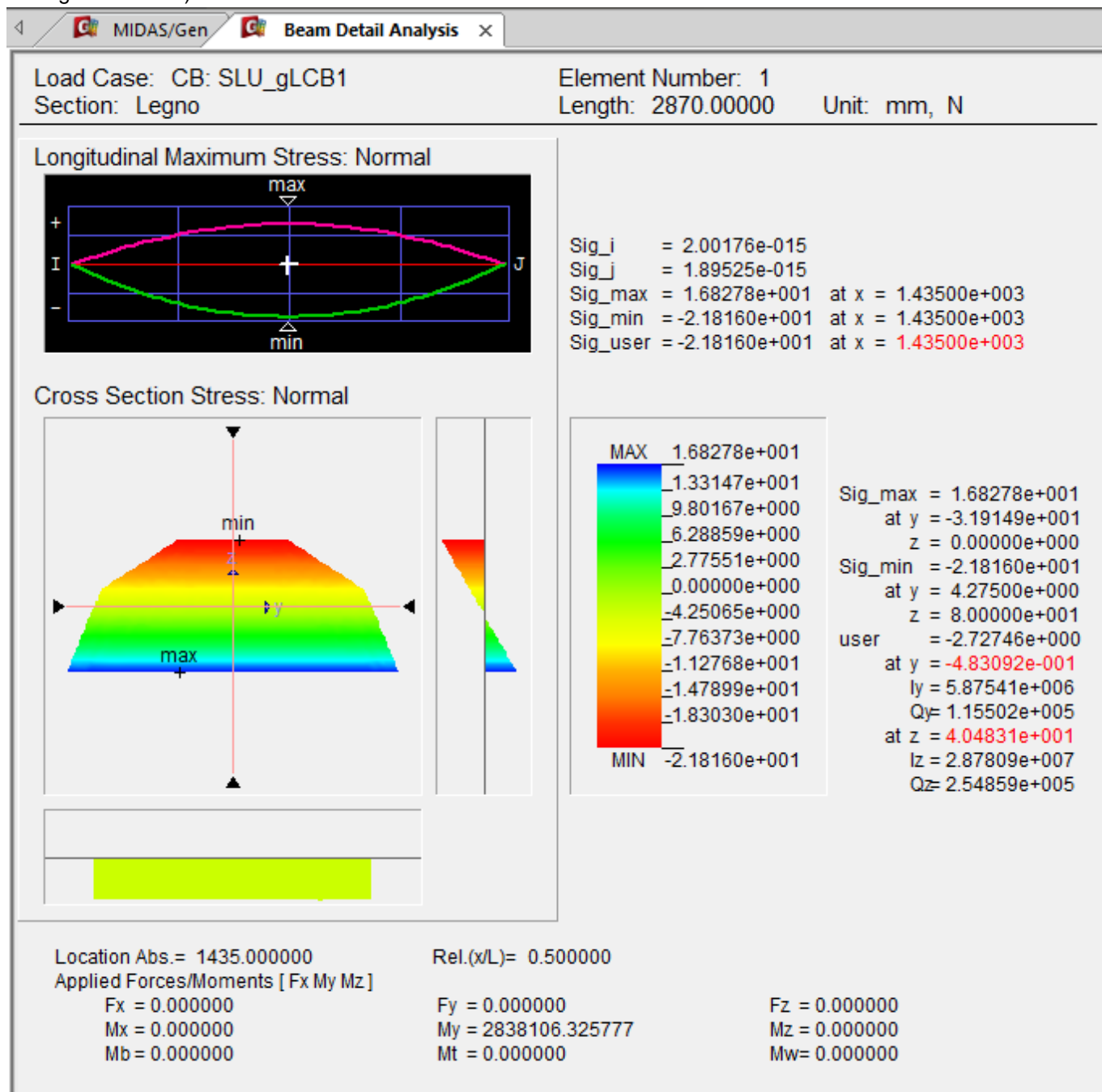
**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**  
Art.23 D.Lgs50/16



Name	f.mk [MPa]	f.t0k [MPa]	f.t90k [MPa]	f.c0k [MPa]	f.c90k [MPa]	f.vk [MPa]	E.0mean [MPa]	E.005 [MPa]	E.90mean [MPa]	G.mean [MPa]	p.k [kg/m3]	p.mean [kg/m3]	γ.m	β.c	γ.mB
C16	16	8.5	0.4	17	2.2	3.2	8000	5400	270	500	310	370	1.5	0.2	1.45
C18	18	10	0.4	18	2.2	3.4	9000	6000	300	560	320	380	1.5	0.2	1.45
C20	20	11.5	0.4	19	2.3	3.6	9500	6400	320	590	330	400	1.5	0.2	1.45

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A 12.05.2022	

Si ipotizza un legno di conifera delle caratteristiche sopra evidenziate, a favore di sicurezza (verosimilmente la qualità del legno è minore).





Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52**

*All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture*

**Rev.A**

**12.05.2022**

**luigi franzoni**  
studio di ingegneria

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

Load Case: CB: SLU\_gLCB1

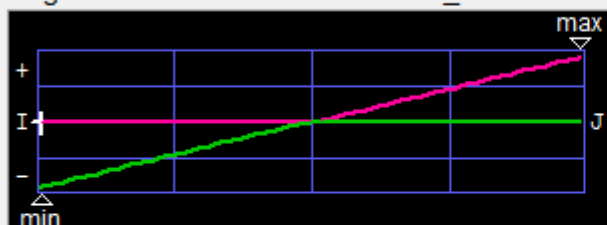
Section: Legno

Element Number: 1

Length: 2870.00000

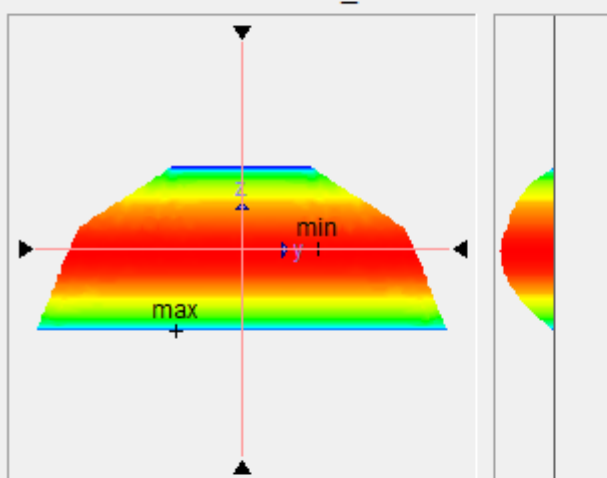
Unit: mm, N

Longitudinal Maximum Stress: Tau\_xz



Tau\_i = -4.57631e-001  
Tau\_j = 4.57631e-001  
Tau\_max = 4.57631e-001 at x = 2.87000e+003  
Tau\_min = -4.57631e-001 at x = 0.00000e+000  
Tau\_user = -4.57631e-001 at x = 0.00000e+000

Cross Section Stress: Tau\_xz



MAX 0.00000e+000  
-4.16028e-002  
-8.32056e-002  
-1.24808e-001  
-1.66411e-001  
-2.08014e-001  
-2.49617e-001  
-2.91219e-001  
-3.32822e-001  
-3.74425e-001  
-4.16028e-001  
MIN -4.57631e-001

Tau\_max = 0.00000e+000  
at y = -3.19149e+001  
z = 0.00000e+000  
Tau\_min = -4.57631e-001  
at y = 3.70043e+001  
z = 3.90643e+001  
user = -4.54946e-001  
at y = -4.83092e-001  
ly = 5.87541e+006  
Qy = 1.15502e+005  
at z = 4.04831e+001  
lz = 2.87809e+007  
Qz = 2.54859e+005

Location Abs.= 0.000000

Rel.(x/L)= 0.000000

Applied Forces/Moments [ Fz Mx ]

Fx = 0.000000

Fy = 0.000000

Fz = -3955.548886

Mx = 0.000000



My = -0.000000

Mz = 0.000000

Mb = 0.000000

Mt = 0.000000

Mw = 0.000000

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A 12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16



### Verifica delle sollecitazioni

Materiale	legno massello (assimilabile a C18)	C18	--
$f_{m,k}$ =	resistenza caratteristica a flessione	18,00	Mpa
$f_{v,k}$	resistenza caratteristica a taglio	3,40	Mpa
$K_{mod}$ =	coeff. di modificazione durata carico breve	0,90	--
$\gamma_M$ =	coeff. parziale di sicurezza	1,50	--
$f_{m,d}$ =	resistenza di calcolo a flessione $f_{m,k} K_{mod} / \gamma_M$ =	10,80	Mpa
$f_{v,d}$ =	resistenza di calcolo a taglio $f_{v,k} K_{mod} / \gamma_M$ =	2,04	Mpa
$M_d$ =	momento di calcolo allo SLU	2,84	kNm
$V_d$ =	taglio di calcolo allo SLU	3,96	kN
$\sigma_{m,d}$ =	tensioni flessionali, d	21,82	Mpa
$\tau_{v,d}$ =	tensioni tangenziali, d	0,46	Mpa
Coeff. Sic M=	$\sigma_{m,d} / f_{m,d}$	0,49	--
Coeff. Sic V=	$\tau_{v,d} / f_{v,d}$	4,43	--
		NO	

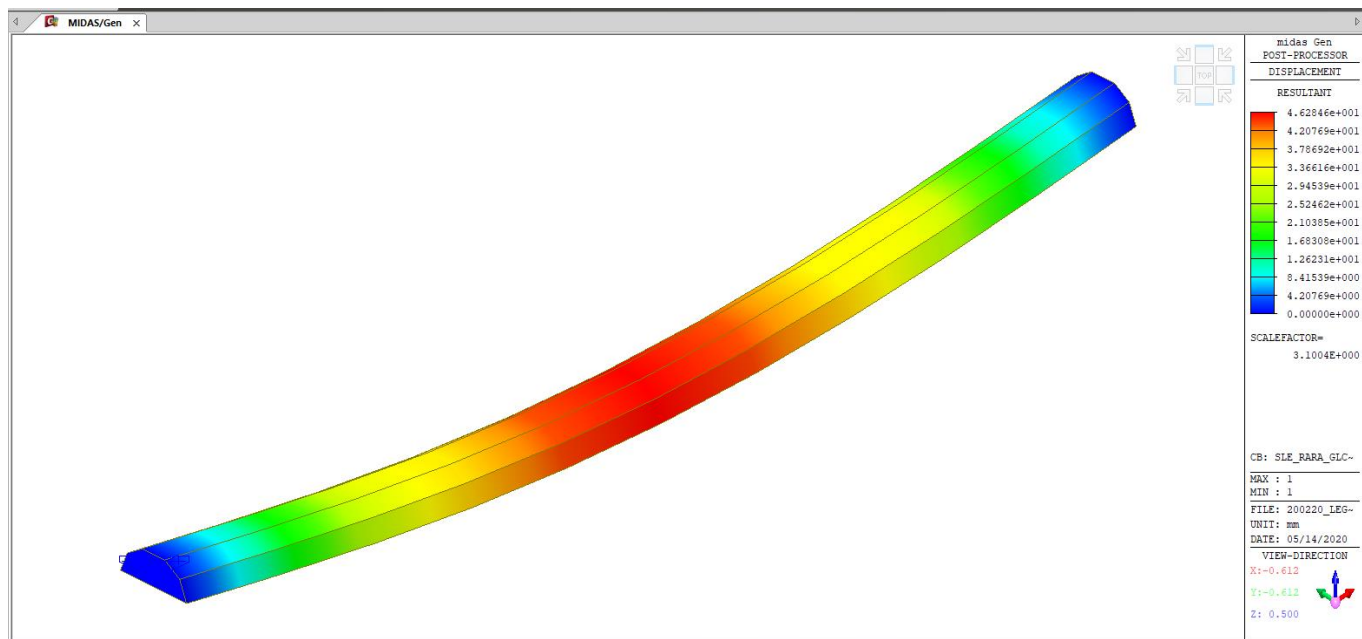
### Verifica dell'appoggio

Positiva in quanto appoggia completamente.

$\zeta_{v,i}$ Flessione SLU	$f_{m,d} / \sigma_{m,d}$	$10.80 / 21.82 \text{ Mpa} = 0.49$	NO
$\zeta_{v,i}$ Taglio SLU	$f_{v,d} / \tau_{v,d}$	$2.04 / 0.46 \text{ kN} = 4.43$	OK

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franconi</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	

### 9.1.2 SLE



(NTC par. 4.4.7)

Controllo della deformazione:

(Per il calcolo dei valori di freccia istantanei si utilizza il valore medio dei moduli elastici E e G)

$$u_{fin} = u_{in} + u_{dif}$$

$u_{in}$  è la deformazione iniziale (istantanea), calcolata con riferimento alla combinazione di carico rara;

$u_{dif}$  è la deformazione differita che può essere valutata attraverso la relazione:

$$u_{dif} = u'_{in} k_{def}$$

$u'_{in}$  è la deformazione iniziale (istantanea), calcolata con riferimento alla combinazione di carico quasi permanente;

$k_{def}$  è il coefficiente riportato nella Tabella 4.4V delle NTC

ovvero, secondo un approccio semplificato

$$u_{fin} = u_{in,Gk} (1 + K_{def}) + u_{in,Qk} (1 + \psi_2 K_{def})$$

quindi, nel nostro caso:

$\psi_2 = 0.6$  (carico variabile C1 scuole)

a favore di sicurezza si considera:

$u_{fin} = u_{in,rara} (1 + 0.6 \cdot 0.6) = 46.28 \times (1.36) =$	62.94	mm
---	-------	----

$$u_{in,Qk} / L \leq 1/300$$



$$u_{fin} / L \leq 1/200$$

**fmax in mezzeria SLE rara**

Metodo di calcolo	fmax [mm]	L calcolo [mm]	coeff. 1/ L calcolo
FEM	62.94	2870	46
fmax limite NTC	9.57	2870	300

$\zeta_{v,i}$ Flessione SLE	fmax (1/300) / fmax (FEM)	9.57 / 62.94 mm = <b>0.15</b>	<b>NO</b>
-----------------------------	---------------------------	-------------------------------	-----------



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture			Rev.A
				12.05.2022
			PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16	

## 10 ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI PER AZIONI CIVILI – INDUSTRIALI – POST OPERAM

Si riportano ora le analisi e verifiche strutturali per azioni civili - industriali relative alle sollecitazioni ed alle verifiche degli elementi strutturali essenziali.

### 10.1 Solaio in legno rinforzato, a copertura del corridoio a piano terra

#### 10.1.1 SLU

Calcolo dei carichi

carico	[kN/mq]	interasse di comp.[m]	[kN/m]	coeff. di iperstaticità	carico lin. aggiunt. [kN/m]	carico lineare RARA [kN/m]	coeff.	carico lineare SLU [kN/m]
G1	PP FEM	--	--	--	--	PP FEM	1.3	PP FEM*1.3
G2	1.50	0.40	0.60	1.00	--	0.60	1.5	0.90
Qk	3.00	0.40	1.20	1.00	--	1.20	1.5	1.80

MIDAS GEN - Section Properties

Section Properties		
Area	1.24132e-002	m^2
Asy	1.07302e-002	m^2
Asz	9.31326e-003	m^2
Ixx	1.68476e-005	m^4
Iyy	5.87541e-006	m^4
Izz	2.87809e-005	m^4





Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52**

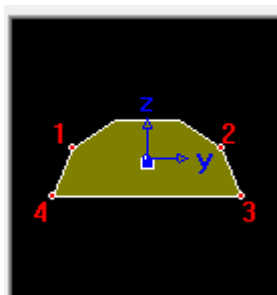
**All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture**

**Rev.A**

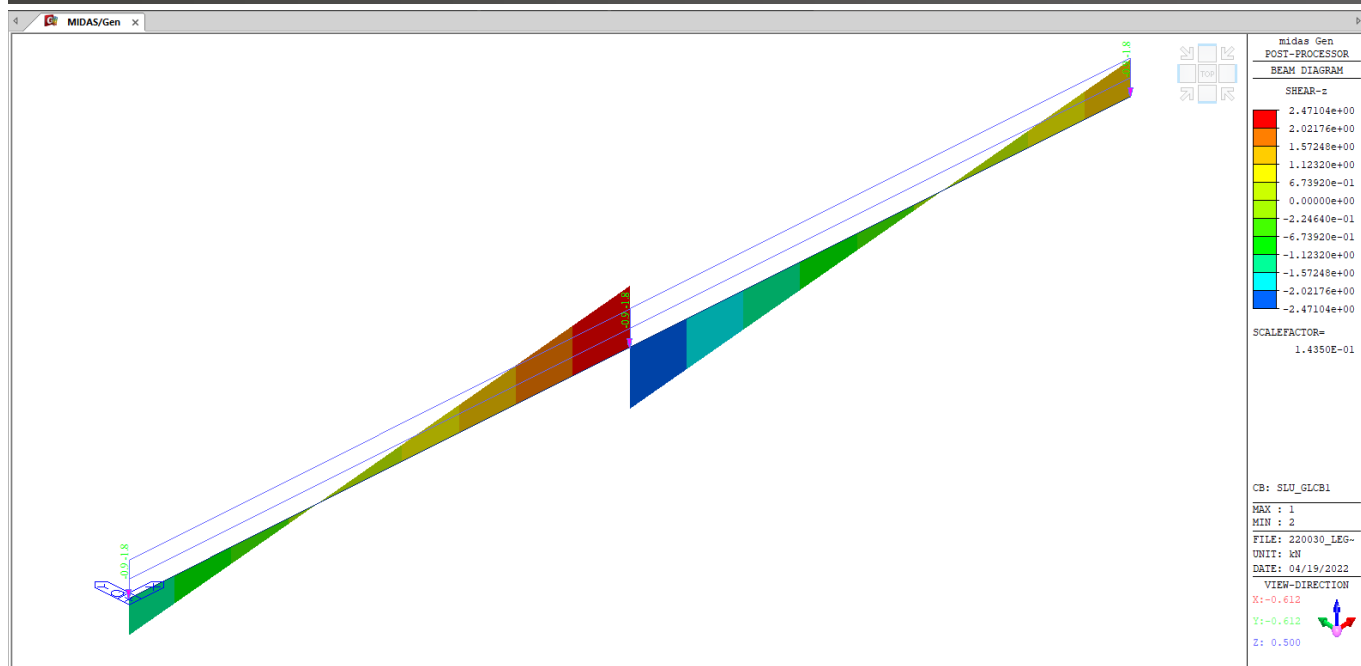
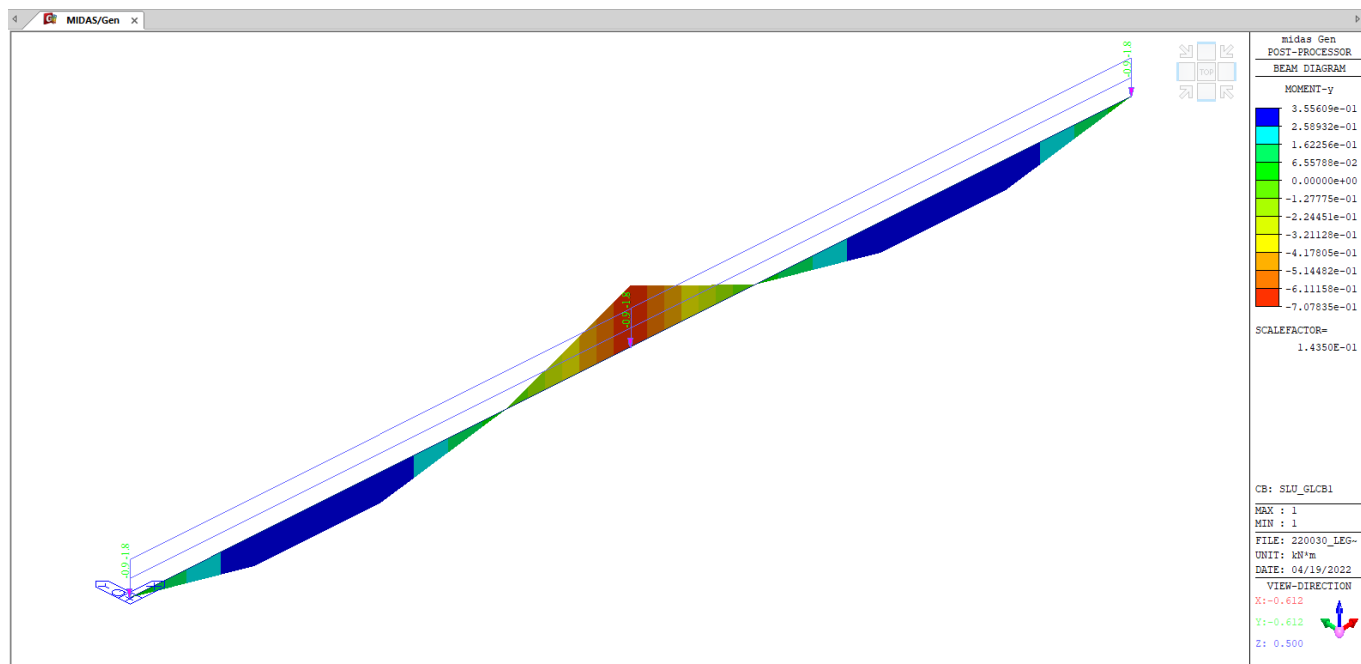
**12.05.2022**


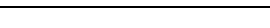
**luigi franzoni**  
studio di ingegneria

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**  
Art.23 D.Lgs50/16



Luce di calcolo dimezzata =  $2.87 \text{ m} / 2 = 1.45 \text{ m}$



 <div>Comune di Sonico</div>	<div><b>Comune di SONICO (BS)</b></div> <div>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</div>			
	<div>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</div>			
	<div>Rev.A</div> <div>12.05.2022</div>			<div>PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO</div> <div>Art.23 D.Lgs50/16</div>

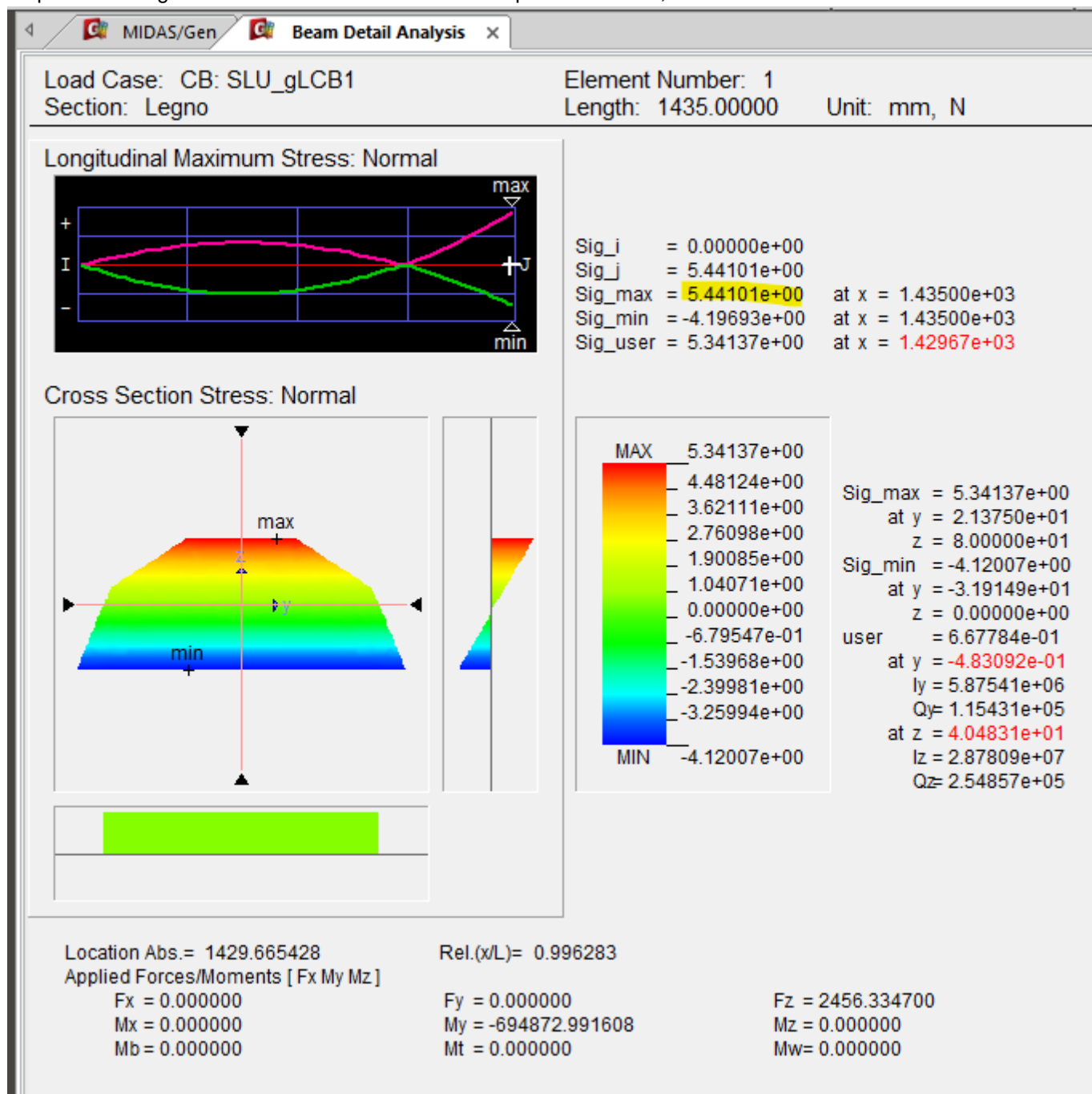
Selezionare la tipologia di legname

Massiccio - C14 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C16 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C18 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C20 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C22 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C24 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C27 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C30 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C35 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C40 - Conifera - UNI EN 338:2016  
 Massiccio - C45 - Conifera - UNI EN 338:2016



Resistenza a flessione	$f_{m,g,k} = 14,0 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione parallela	$f_{t,0,g,k} = 7,2 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione perpendicolare	$f_{t,90,g,k} = 0,4 \text{ MPa}$
Resistenza a compressione parallela	$f_{c,0,g,k} = 16,0 \text{ MPa}$
Resistenza a compressione perpendicolare	$f_{c,90,g,k} = 2,0 \text{ MPa}$
Resistenza a taglio	$f_{v,g,k} = 3,0 \text{ MPa}$
Modulo elastico medio parallelo	$E_{0,g,mean} = 7.000,0 \text{ MPa}$
Modulo elastico parallelo 5%	$E_{0,g,05} = 4.700,0 \text{ MPa}$
Modulo elastico medio perpendicolare	$E_{90,g,mean} = 230,0 \text{ MPa}$
Modulo di taglio medio	$G_{g,mean} = 440,0 \text{ MPa}$
Modulo di taglio 5%	$G_{g,05} = 295,4 \text{ MPa}$
Massa volumica	$\rho_{g,k} = 290,0 \text{ kg/m}^3$
Massa volumica media	$\rho_{g,mean} = 350,0 \text{ kg/m}^3$

Si ipotizza un legno di conifera delle caratteristiche sopra evidenziate, a favore di sicurezza.





Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52**

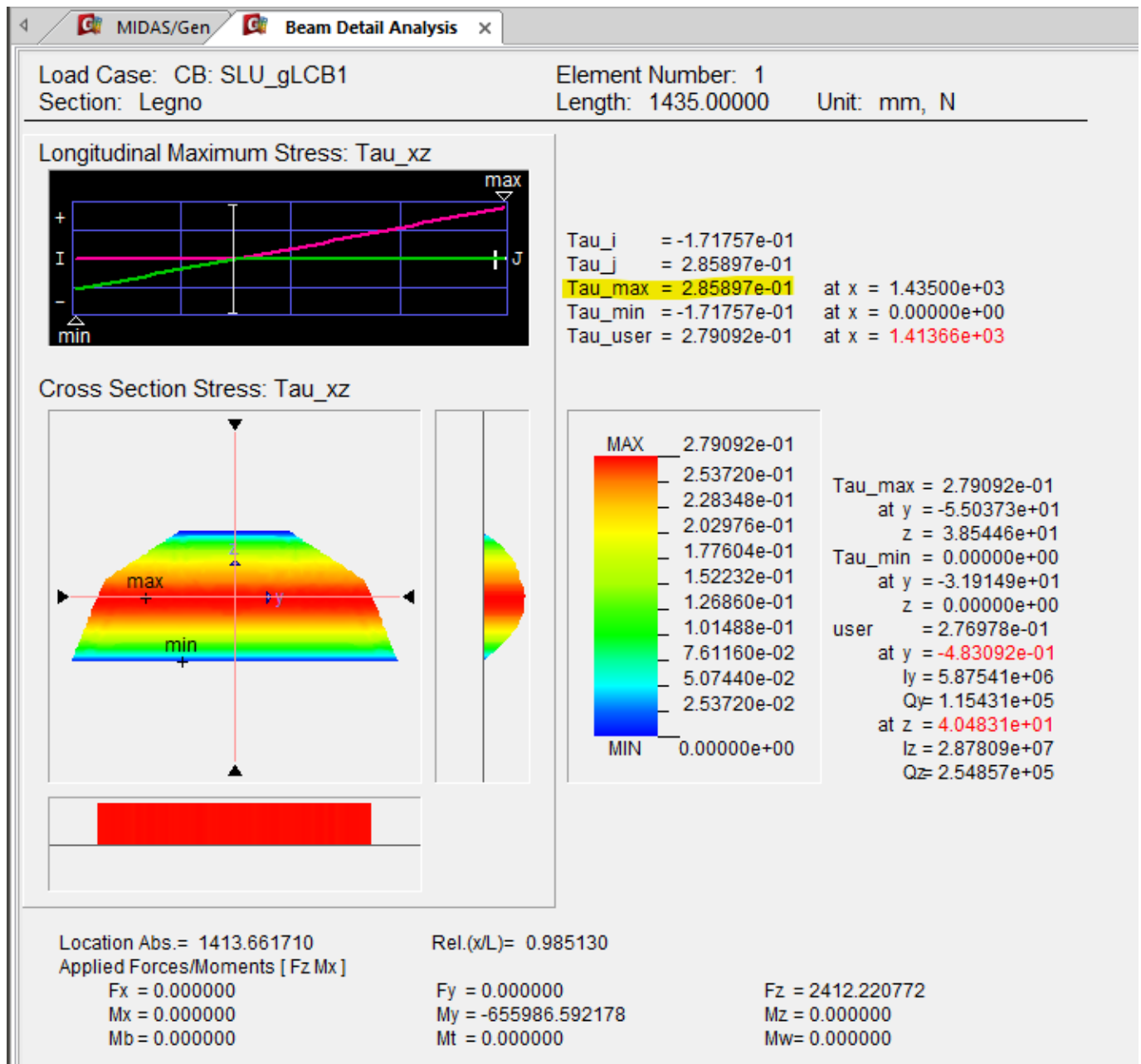
*All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture*



Rev.A

12.05.2022

**luigi franzoni**  
studio di ingegneria

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franzoni</b> studio di ingegneria
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	

#### Verifica delle sollecitazioni



Materiale	legno massello (assimilabile a C18)	C14	--
$f_{m,k}$ =	resistenza caratteristica a flessione	14,00	Mpa
$f_{v,k}$	resistenza caratteristica a taglio	3,00	Mpa
$K_{mod}$ =	coeff. di modificazione durata carico breve	0,90	--
$\gamma_M$ =	coeff. parziale di sicurezza	1,50	--
$f_{m,d}$ =	resistenza di calcolo a flessione $f_{m,k} K_{mod} / \gamma_M$ =	8,40	Mpa
$f_{v,d}$ =	resistenza di calcolo a taglio $f_{v,k} K_{mod} / \gamma_M$ =	1,80	Mpa
$M_d$ =	momento di calcolo allo SLU	0,71	kNm
$V_d$ =	taglio di calcolo allo SLU	2,47	kN
$\sigma_{m,d}$ =	tensioni flessionali, d	5,44	Mpa
$\tau_{v,d}$ =	tensioni tangenziali, d	0,29	Mpa
Coeff. Sic M=	$\sigma_{m,d} / f_{m,d}$	1,54	--
Coeff. Sic V=	$\tau_{v,d} / f_{v,d}$	6,29	--
		OK	

#### Verifica dell'appoggio

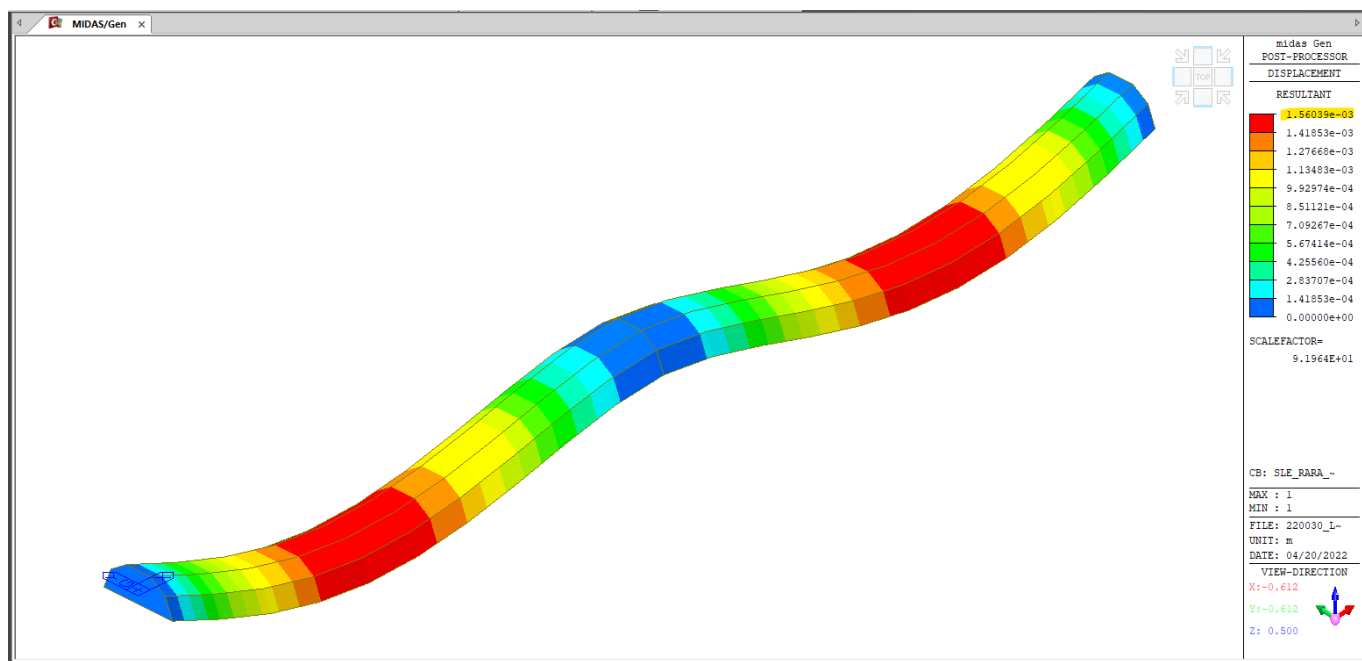
Positiva in quanto appoggia completamente.

$\zeta_{v,i}$ Flessione SLU	$f_{m,d} / \sigma_{m,d}$	8.40 / 5.44 Mpa = <b>1.54</b>	<b>OK</b>
$\zeta_{v,i}$ Taglio SLU	$f_{v,d} / \tau_{v,d}$	1.80 / 0.29 kN = <b>6.29</b>	<b>OK</b>



 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A 12.05.2022	

### 10.1.2 SLE



(NTC par. 4.4.7)

Controllo della deformazione:

(Per il calcolo dei valori di freccia istantanei si utilizza il valore medio dei moduli elastici E e G)

$$u_{fin} = u_{in} + u_{dif}$$

$u_{in}$  è la deformazione iniziale (istantanea), calcolata con riferimento alla combinazione di carico rara;

$u_{dif}$  è la deformazione differita che può essere valutata attraverso la relazione:

$$u_{dif} = u'_{in} k_{def}$$

$u'_{in}$  è la deformazione iniziale (istantanea), calcolata con riferimento alla combinazione di carico quasi permanente;

$k_{def}$  è il coefficiente riportato nella Tabella 4.4V delle NTC

ovvero, secondo un approccio semplificato

$$u_{fin} = u_{in,Gk} (1 + K_{def}) + u_{in,Qk} (1 + \psi_2 K_{def})$$

quindi, nel nostro caso:

$\psi_2 = 0.6$  (carico variabile C1 scuole)

a favore di sicurezza si considera:

$u_{fin} = u_{in,rara} (1 + 0.6 \cdot 0.6) = 1.56 \times (1.36) =$	2.12	mm
--	------	----



$$u_{in,Qk} / L \leq 1/300$$

$$u_{fin} / L \leq 1/200$$

**fmax in mezzeria SLE rara**

Metodo di calcolo	fmax [mm]	L calcolo [mm]	coeff. 1/ L calcolo
FEM	2,12	1435	677
fmax limite NTC	4,78	1435	300

$\zeta_{v,i}$ Flessione SLE	fmax (1/300) / fmax (FEM)	4.78 / 2.12 mm = <b>2.25</b>	<b>OK</b>
-----------------------------	---------------------------	------------------------------	-----------

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture			Rev.A
				12.05.2022
			PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16	

## 10.2 Rinforzo in acciaio

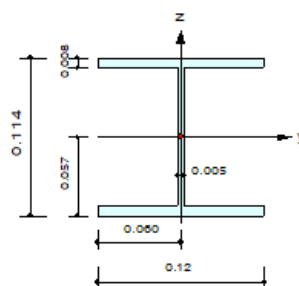
### 10.2.1 SLU

#### Calcolo dei carichi

carico	[kN/mq]	interasse di comp.[m]	[kN/m]	coeff. di iperstaticità	carico lin. aggiunt. [kN/m]	carico lineare RARA [kN/m]	coeff.	carico lineare SLU [kN/m]
G1	PP FEM	--	--	--	--	PP FEM	1,3	PP FEM*1.3
G2	1,61	1,44	2,31	1,25	--	2,89	1,5	4,33
Qk	3,00	1,44	4,31	1,25	--	5,38	1,5	8,07

#### 1. Design Information

Design Code Eurocode3:05  
Unit System kN, m  
Member No 22  
Material S275 (No:1)  
(Fy = 275000, Es = 210000000)  
Section Name HEA (No:1)  
(Rolled : HEA120).  
Member Length : 1.33000



#### 2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)  
Bending Moments My = 14.9126, Mz = 0.00000  
End Moments Myi = 14.9126, Myj = 0.00000 (for Lb)  
Myi = 14.9126, Myj = 0.00000 (for Ly)  
Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 3, POS:1/2)  
Fzz = 11.3809 (LCB: 1, POS:J)



Depth	0.11400	Web Thick	0.00500
Top F Width	0.12000	Top F Thick	0.00800
Bot.F Width	0.12000	Bot.F Thick	0.00800
Area	0.00253	Asz	0.00057
Oye	0.01138	Ozb	0.00180
Iyy	0.00001	Izz	0.00000
Ybar	0.06000	Zbar	0.05700
Wely	0.00011	Welz	0.00004
ry	0.04890	rz	0.03020

#### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.33000, Lz = 1.33000, Lb = 1.33000  
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

#### 4. Checking Result

Slenderness Ratio  
L/r = 55.6 < 300.0 (Memb:1, LCB: 1)..... O.K  
Axial Resistance  
N<sub>Ed</sub>/N<sub>t,Rd</sub> = 0.000/695.750 = 0.000 < 1.000 ..... O.K  
Bending Resistance  
M<sub>Edy</sub>/M<sub>Rdy</sub> = 14.9126/32.8350 = 0.454 < 1.000 ..... O.K  
M<sub>Edz</sub>/M<sub>Rdz</sub> = 0.0000/16.0084 = 0.000 < 1.000 ..... O.K  
Combined Resistance  
R.MNRd = MAX[ M<sub>Edy</sub>/M<sub>ny,Rd</sub>, M<sub>Edz</sub>/M<sub>nz,Rd</sub> ]  
R.byN = N<sub>Ed</sub>/(A\*f<sub>y</sub>/Gamma<sub>M0</sub>), R.byM = M<sub>Edy</sub>/M<sub>y,Rd</sub> + M<sub>Edz</sub>/M<sub>z,Rd</sub>  
Rmax = MAX[ R.MNRd, (R.byN+R.byM) ] = 0.454 < 1.000 ..... O.K  
Shear Resistance  
V<sub>Edy</sub>/V<sub>y,Rd</sub> = 0.000 < 1.000 ..... O.K  
V<sub>Edz</sub>/V<sub>z,Rd</sub> = 0.085 < 1.000 ..... O.K

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<i>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</i>	<b>Rev.A</b> <b>12.05.2022</b>	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16



Comune di  
Sonico

**Comune di SONICO (BS)**

**Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52**

*All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture*

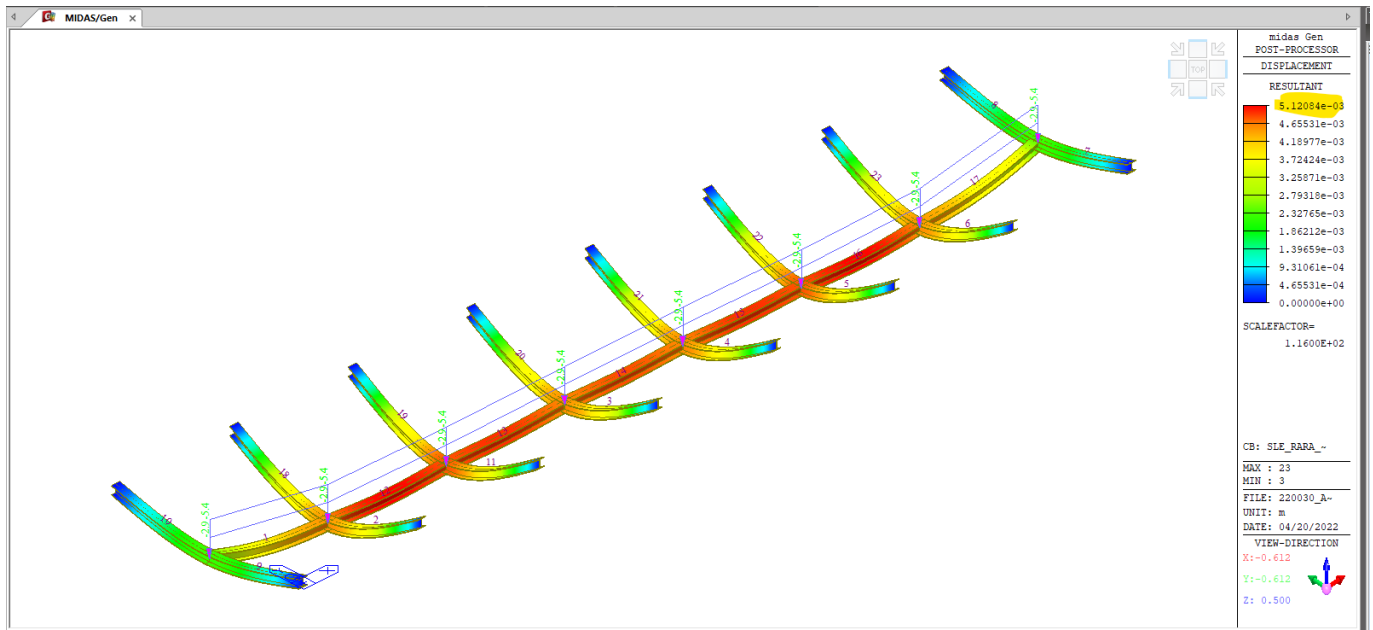
**Rev.A**

**12.05.2022**



**luigi franzoni**  
studio di ingegneria

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**  
Art.23 D.Lgs50/16

## 10.2.2 SLE



F max SLE rara = 5.12 mm < 2660 mm / 500 = 5.32 mm **OK**

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

## 10.1 Verifica del giunto rinforzo in acciaio / muratura esistente

### 10.1.1 Calcolo dei carichi

carico	[kN/mq]	interasse di comp.[m]	[kN/m]	coeff. di iperstaticità	carico lin. aggiunt. [kN/m]	carico lineare RARA [kN/m]	coeff.	carico lineare SLU [kN/m]
G1	0,30	1,20	0,36	1,00	--	<b>0,36</b>	1,3	<b>0,47</b>
G2	1,61	1,20	1,93	1,00	--	<b>1,93</b>	1,5	<b>2,90</b>
Qk	3,00	1,20	3,60	1,00	--	<b>3,60</b>	1,5	<b>5,40</b>
						<b>5,89</b>		<b>8,77</b>

### 10.1.2 Verifica

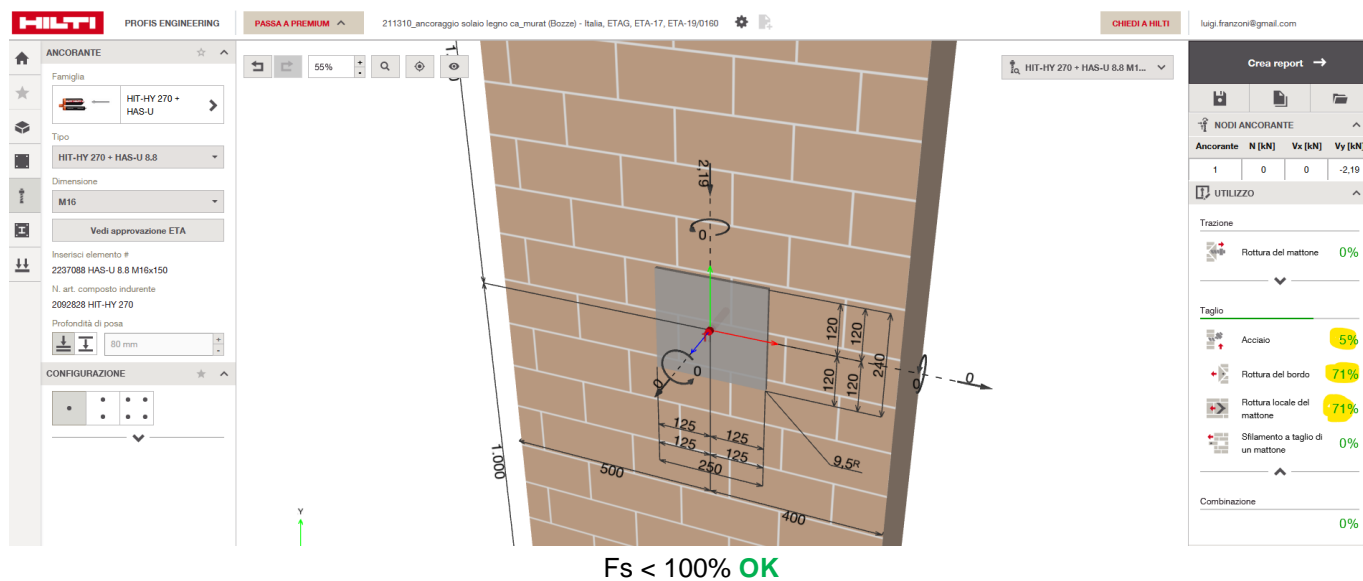
Interasse medio barra inghisata =

25 cm



Carico di progetto SLU su ogni barra inghisata =

8.77 kNm x 0.25 m = 2.19 kN

Si riportano di seguito le risultanze del calcolo effettuato con il software di calcolo PROFIS ENGINEERING, testato dallo scrivente in numerosi progetti e tramite verifiche a mano secondo la teoria della scienza e tecnica delle costruzioni.





 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

## 11 VERIFICHE AL FUOCO

### 11.1 Profili in acciaio

#### 11.1.1 Ipotesi di base del calcolo

Le ipotesi principali sono quelle valide nell'ambito del metodo di calcolo semplificato per singoli elementi:

- la curva di incendio impiegata nel calcolo è la curva temperatura-tempo nominale standard (ISO834);
- la temperatura è uniforme sull'elemento strutturale ad ogni istante;
- si trascurano gli effetti delle dilatazioni termiche;
- per le sezioni di classe di duttilità 4 la temperatura critica è 350°C;
- il procedimento è valido per tutti i tipi di acciaio indicati in EN10025.

#### 11.1.2 Determinazione della resistenza al fuoco

##### V.7.4.2

##### Resistenza al fuoco

1. La classe di resistenza al fuoco dei compartimenti (capitolo S.2) non può essere inferiore a quanto previsto in tabella V.7-1.
2. Qualora l'attività scolastica si sviluppi al solo piano terra, in opere da costruzione destinate esclusivamente a tale attività e non adiacenti ad altre opere da costruzione, e tutte le aree TA e TO dispongano di uscite dirette su luogo sicuro, è ammesso il livello di prestazione I per la misura antincendio resistenza al fuoco (capitolo S.2).

Compartimenti	Attività				
	HA	HB	HC	HD	HE
Fuori terra	30	60			90
Interrati	60				90

Tabella V.7-1: Classe di resistenza la fuoco

Estratto dal Codice di Prevenzione incendi D.M. 3 agosto 2015 e s.m.i.

### 11.1.3 Classe della sezione

La sezione utilizzata è di classe 1

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioCls Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL  
☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB  
☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC  
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) fy (N/mm2): 275 fu: 430

Lunghezze di libera inflessione [m]:  
 l<sub>0y</sub>: 0 l<sub>0z</sub>: 0

N<sub>Sd</sub> [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16,7	96	100	5,00	8,00	12,00
HE 120 A	19,9	114	120	5,00	8,00	12,00
HE 140 A	24,7	133	140	5,50	8,50	12,00
HE 160 A	30,4	152	160	6,00	9,00	15,00
HE 180 A	36,0	171	180	6,00	9,50	15,00
HE 200 A	42,3	190	200	6,50	10,00	18,00
HE 220 A	50,5	210	220	7,00	11,00	18,00

Plotta

HE 120 A

N<sub>by,Rd</sub> [kN]: 663,7  
 N<sub>bz,Rd</sub> [kN]: 663,7  
 V<sub>ply,Rd</sub> [kN]: 127,9

M<sub>cy,Rd</sub> [kNm]: 31,30  
 M<sub>cz,Rd</sub> [kNm]: 15,41  
 V<sub>plz,Rd</sub> [kN]: 290,3

g (Kg/m): 19,9

h (mm): 114 r2 (mm): 0

b (mm): 120 A (cm2): 25,34 i<sub>y</sub> (cm): 4,89 i<sub>z</sub> (cm): 3,02

tw (mm): 5 I<sub>y</sub> (cm4): 606,2 I<sub>z</sub> (cm4): 230,9 I<sub>T</sub> (cm4): 5,99

tf (mm): 8 W<sub>y</sub> (cm3): 106,3 W<sub>z</sub> (cm3): 38,48 I<sub>w</sub> (cm6): 6,470

r1 (mm): 12 W<sub>ply</sub> (cm3): 119,5 W<sub>pl,z</sub> (cm3): 58,85

Classe Sezione

Compressione: 1  
 Flessione My: 1  
 Flessione Mz: 1  
 Presso-Flessione: 1

Verifiche

Presso Flessione  
 Svergolamento

### 11.1.4 Distribuzione di temperatura

I fattori  $\kappa_1$  e  $\kappa_2$  sono utilizzati allo scopo di tenere in conto gli effetti della distribuzione non uniforme di temperatura sulla sezione trasversale e lungo l'asse del profilo nel caso di elementi staticamente indeterminati. Il valore dei fattori deve essere scelto in analogia a quanto specificato di seguito:



$\kappa_1$ : fattore per la distribuzione non uniforme sulla sezione trasversale

- $\kappa_1 = 1$  per esposizione al fuoco su 4 lati
- $\kappa_1 = 0,7$  per sezioni non protette con esposizione al fuoco su 3 lati
- $\kappa_1 = 0,85$  per sezioni protette con esposizione al fuoco su 3 lati

$\kappa_2$ : fattore per la distribuzione non uniforme lungo l'elemento

- $\kappa_2 = 0,85$  in corrispondenza dei vincoli per travi iperstatiche
- $\kappa_2 = 1$  in tutti gli altri casi

$$\kappa = \kappa_1 \times \kappa_2 = 1 \times 1 = 1$$

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		
	<b>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</b>	Rev.A	
		12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

### 11.1.5 Calcolo della temperatura critica

In assenza di specifiche in base alle condizioni di carico da adottare in caso di incendio, la normativa (EN 1993-1-2) permette di considerare (per classi di sezione 1-2-3):

$$\eta_{fi} = 0,7$$

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} = \frac{\eta_{fi} E_d}{\gamma_s R_d}$$

Nella condizione limite  
Ed = Rd

$$\mu_0 = 0,66$$

$E_d$  = valore di progetto delle azioni sollecitanti in condizioni ordinarie (SLU);

$\eta_{fi}$  = coefficiente di riduzione delle azioni in condizioni di incendio;

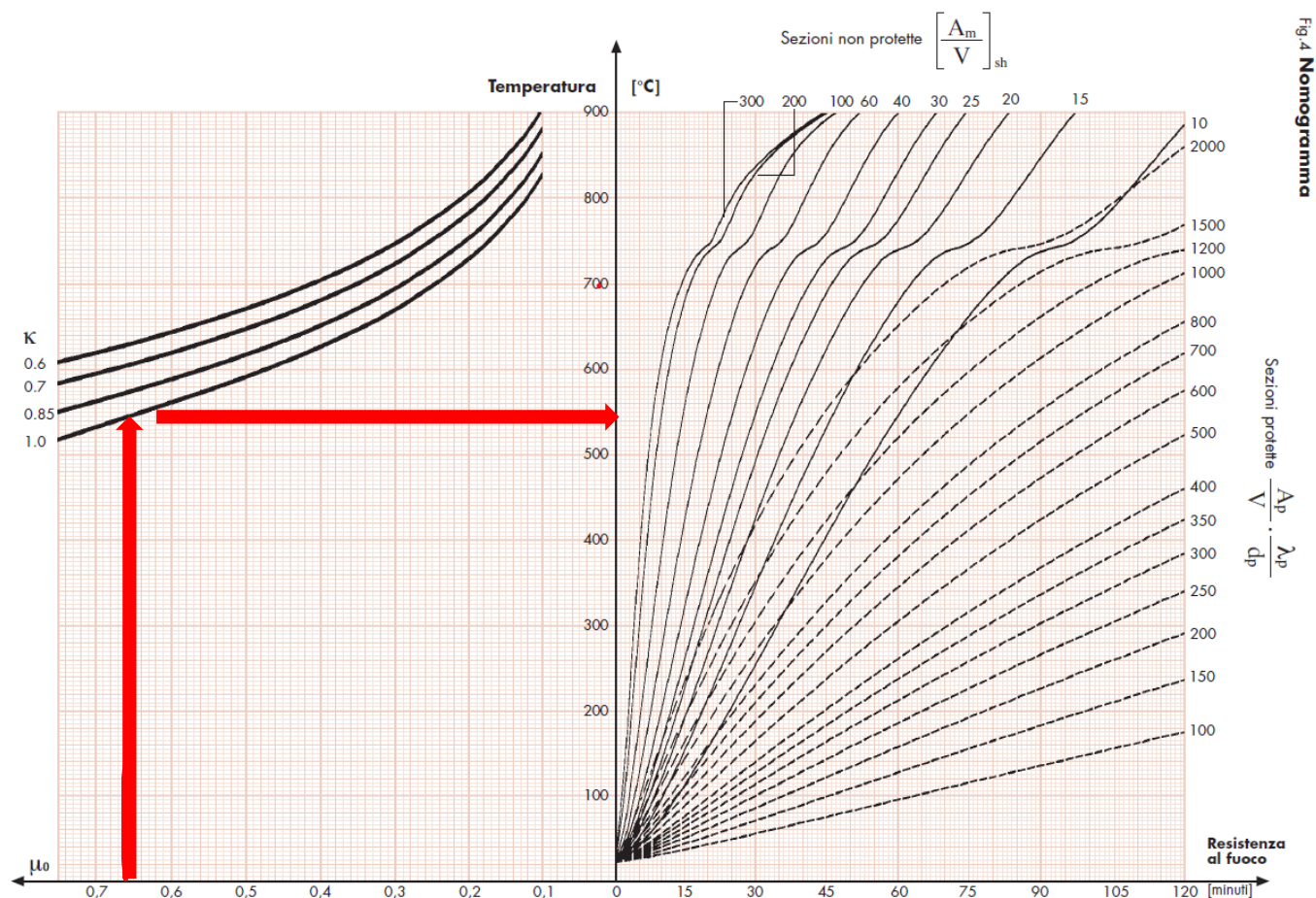
$E_{fi,d}$  = valore di progetto delle azioni sollecitanti in caso di incendio;

Quindi:

**BS EN 1993-1-2:2005**  
**EN 1993-1-2:2005 (E)**



**Table 4.1: Critical temperature  $\theta_{a,cr}$  for values of the utilization factor  $\mu_0$**

$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$	$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$	$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496



*Nomogramma: strumento tecnico che la Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso di Incendio ha divulgato ed è basato sull'Eurocodice EN1993-1-2, a disposizione del professionista per la stima della resistenza al fuoco delle strutture di acciaio.*

A favore di sicurezza si utilizza una **temperatura critica di 500°C**.

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52		 <b>Luigi Franzoni</b> studio di ingegneria	
	All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture	Rev.A		PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO Art.23 D.Lgs50/16
		12.05.2022		

## 11.1.6 Calcolo della resistenza al fuoco

### 11.1.6.1 Vernice intumescente

Data la temperatura critica come sopra determinata ed in riferimento al grafico Nomogramma sopra riportato, la temperatura critica è raggiunta con un tempo di esposizione (T<sub>es</sub>) come di seguito riportato

profilo	perimetro esposto al fuoco [mm]	sezione [mmq]	fattore di sezione [m-1]	T critica [°C]	T <sub>es</sub> [min]	Resistenza al fuoco
HEA 120	677	2533	267	500	6	R0
UNP 140	487	2036	239	500	6	R0

R0 < R30 richiesta **NO**

In riferimento alla norma UNI EN 13381- 8 (o per i prodotti meno recenti UNI EN 13381-4), si fa riferimento all'abaco seguente, rintracciabile nel rapporto di classificazione della vernice, al fine di calcolare lo spessore minimo secco per garantire la resistenza al fuoco richiesta.

NB: Si precisa che l'appaltatore potrà utilizzare prodotto simile e delle medesime caratteristiche, fornendo idoneo abaco di riferimento, certificato da tecnico abilitato e laboratorio certificato.





Comune di  
Sonico

## Comune di SONICO (BS)

Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico  
presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via  
Branchi. CIG: Z5E3488F52

**Luigi Franzoni**  
studio di ingegneria



All.1.3\_RSP01\_Relazione di calcolo delle strutture

Rev.A

12.05.2022

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

Beam: 30 minutes									
Section factor up to (m <sup>-1</sup> )\	Thickness (micron) of Aithon A90H required for design temperature (°C)								
	350	400	450	500	550	600	650	700	750
63	614	264	264	264	264	264	264	264	264
65	648	273	264	264	264	264	264	264	264
70	731	333	264	264	264	264	264	264	264
75	813	391	264	264	264	264	264	264	264
80	891	448	264	264	264	264	264	264	264
85	968	503	264	264	264	264	264	264	264
90	1043	556	265	264	264	264	264	264	264
95	1115	608	305	264	264	264	264	264	264
100	1186	658	344	264	264	264	264	264	264
105	1255	707	381	264	264	264	264	264	264
110	1322	754	417	264	264	264	264	264	264
115	1387	800	452	264	264	264	264	264	264
120	1450	845	487	264	264	264	264	264	264
125	1512	888	520	278	264	264	264	264	264
130	1573	931	552	304	264	264	264	264	264
135	1632	972	583	329	264	264	264	264	264
140	1690	1012	614	354	264	264	264	264	264
145	1746	1051	643	377	264	264	264	264	264
150	1801	1090	672	400	264	264	264	264	264
155	1854	1127	700	423	264	264	264	264	264
160	1907	1163	728	444	264	264	264	264	264
165	1958	1198	754	466	264	264	264	264	264
170	2008	1233	780	486	264	264	264	264	264
175	2057	1267	806	506	264	264	264	264	264
180	2105	1300	830	526	268	264	264	264	264
185	2152	1332	854	545	283	264	264	264	264
190	2198	1363	878	563	298	264	264	264	264
195	2243	1394	901	582	312	264	264	264	264
200	2287	1424	923	599	326	264	264	264	264
205	2330	1453	945	617	340	264	264	264	264
210	2372	1482	966	633	353	264	264	264	264
215	2413	1510	987	650	366	264	264	264	264
220	2453	1538	1008	666	379	264	264	264	264
225	2493	1565	1028	682	391	264	264	264	264
230	2532	1591	1047	697	403	264	264	264	264
235	2570	1617	1066	712	415	264	264	264	264
240	2607	1642	1085	727	426	264	264	264	264
245	2644	1667	1103	741	437	264	264	264	264
250	2680	1691	1121	755	448	264	264	264	264
255	2715	1715	1138	769	459	264	264	264	264
260	2750	1738	1156	782	470	264	264	264	264
265	2784	1761	1172	795	480	264	264	264	264
270	2817	1783	1189	808	490	264	264	264	264
275	2850	1805	1205	821	500	264	264	264	264
280	2882	1827	1221	833	510	264	264	264	264
285	2914	1848	1236	845	519	264	264	264	264
290	2945	1868	1252	857	528	264	264	264	264
295	2975	1889	1266	869	537	264	264	264	264
300	3005	1909	1281	880	546	264	264	264	264

 Comune di Sonico	<b>Comune di SONICO (BS)</b> <b>Opere di rinforzo statico di porzione di solaio ad uso scolastico presso la scuola primaria di Sonico "Giacomo Mottinelli" in via Branchi. CIG: Z5E3488F52</b>		 <b>luigi franzoni</b> studio di ingegneria
	<i>All.1.3_RSP01_Relazione di calcolo delle strutture</i>	Rev.A	
		12.05.2022	

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO  
Art.23 D.Lgs50/16

## 12 CONCLUSIONI

Tutti gli elementi della struttura sono stati verificati positivamente.

Si ritengono significative le seguenti osservazioni:

a) riepilogo dei vincoli di installazione:

- i. è indispensabile la verifica dello stato delle eventuali strutture esistenti nei punti in cui vengono caricate con appoggi e/o tasselli;
- ii. le ipotesi semplificative dei carichi portano solo modeste approssimazioni nello schema; poiché, come si è verificato, tutte le verifiche sono largamente positive, si ritiene accettabile l'approssimazione.

b) in merito alla costruzione in generale:

- i. si sottolinea altresì l'importanza dell'uso della struttura tale come risulta dai disegni di progetto e qui verificata, senza variazione della sua configurazione né del suo uso.

Si ritengono superflue altre verifiche.