

titolo del progetto

– NUOVA SCUOLA PER L'INFANZIA A SEI SEZIONI  
IN LOCALITA' CASTELLO DI SERRAVALLE - VIALE G. VERDI  
COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)  
**PROGETTO ESECUTIVO**

committente

– COMUNE DI VALSAMOGGIA (Città Metropolitana di Bologna, BO), Piazza Garibaldi n° 1, 40053 - Valsamoggia (BO)

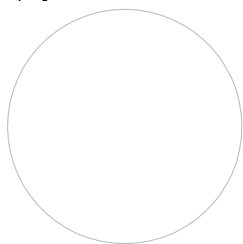
titolo della tavola

– RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE–BLOCCO F  
LA RELAZIONE SOSTITUISCE LA RELAZIONE 105 DEPOSITATA IN DATA 06/06/2017 PER RECEPIRE  
LE RICHIESTE DI INTEGRAZIONE DE SERVIZIO AREA RENO E PO DI VOLANO

num. pratica	data emissione	redatto da	rapp. disegni	lay-out	fase operativa	file
4213	febbraio 2017	DB	–	–	esecutivo	4213–RCSF.pdf

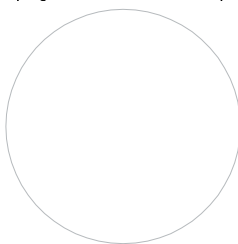
rev.	data	descrizione	redatto da
A	15/05/2017	REVISIONE COME DA INDICAZIONI DEL SERVIZIO AREA RENO E PO DI VOLANO DEL 14/04/2017	
B	05/07/2017	RICHIESTA DI INTEGRAZIONI DEL SERVIZIO AREA RENO E PO DI VOLANO DEL 29/06/2017 (VS–005–2017)	
C			
D			
E			

Il responsabile della  
progettazione architettonica



Arch. Enrico Termanini

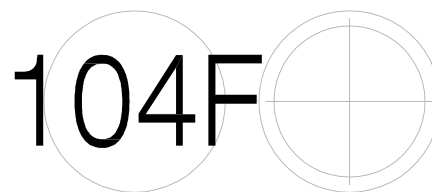
Il responsabile della  
progettazione strutturale e impiantistica



Ing. Davide Bedogni

N°. tavola

orientamento





NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

## Sommario

<b>2.1-PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2-ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE ( AI SENSI DEL D:G:R: N°1373 DEL 26/09/2011) .....</b>	<b>5</b>
2.2.A- DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE , MORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO .....	5
2.2.B- DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA.....	8
2.2.C- NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI .....	10
2.2.D- DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO.....	11
2.2.E- DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALE .....	12
2.2.F- ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE .....	13
2.2.f.1-PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA .....	13
2.2.f.2-ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE.....	13
2.2.G- INDICAZIONE DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI IN RELAZIONE AGLI SLU E SLE INDAGATI.....	19
2.2.H- INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI SEGUITO.....	23
2.2.I- CRITERI DI VERIFICA DEGLI STATI LIMITE INDAGATI, IN PRESENZA DI AZIONE SISMICA .....	26
2.2.J- RAPPRESENTAZIONE DELLA CONFIGURAZIONE DEFORMATA E DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE DELLE STRUTTURE PIÙ SIGNIFICATIVE/ SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA / GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	28
2.2.J.1-DIAGRAMMI DI INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI.....	28
2.5.2-INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE .....	28
2.2.J.2-DEFORMATE DELLA STRUTTURA.....	36
2.2.J.5.SINTESI DELLE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	39
VERIFICHE DEI CEDIMENTI .....	42
VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE .....	45

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

2.2.K- CARATTERISTICHE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO.....	58
2.2.L- CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	60

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

## 2.1-PREMESSA

Il seguente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica come previsto al § 10.1 del Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 : "Norme Tecniche per le Costruzioni" di seguito denominato NTC08.

La progettazione strutturale si è svolta in accordo e contemporaneamente al progetto architettonico.

Lo scopo della progettazione è la realizzazione di una struttura che nel complesso resista alle sollecitazioni di progetto causate da carichi sismici e statici e soddisfi le esigenze architettoniche ed impiantistiche.

La documentazione di base su cui si è operato è stata:

-il progetto architettonico;

-la relazione geologica-geotecnica per la caratterizzazione del suolo di riferimento, del carico massimo sul terreno e dei cedimenti ammissibili;

La tipologia di terreno pianeggiante non presenta particolari problemi per la realizzazione delle fondazioni.

Si riporta a seguito le figure principali del processo di progettazione e realizzazione:

**ESTREMI DEL COMMITTENTE**

<b>COMMITTENTE</b>	
<b>Nominativo/Ragione Sociale</b>	COMUNE DI VALSAMOGGIA, BOLOGNA

**ESTREMI DEI PROGETTISTI**

<b>PROGETTISTA ARCHITETTONICO</b>	
<b>Nominativo</b>	Arch. Enrico Termanini
<b>Studio/Indirizzo</b>	Centro Cooperativo di Progettazione s.c. Via Lombardia, 7, 42124 – Reggio Emilia (RE)
<b>Ordine Professionale</b>	Iscritto all'Albo dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Modena al n.425

<b>PROGETTISTA STRUTTURALE</b>	
<b>Nominativo</b>	Ing. Davide Bedogni
<b>Studio/Indirizzo</b>	Centro Cooperativo di Progettazione s.c. Via Lombardia, 7, 42124 – Reggio Emilia (RE)
<b>Ordine Professionale</b>	Iscritto all'Albo dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Reggio Emilia al n.1464

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

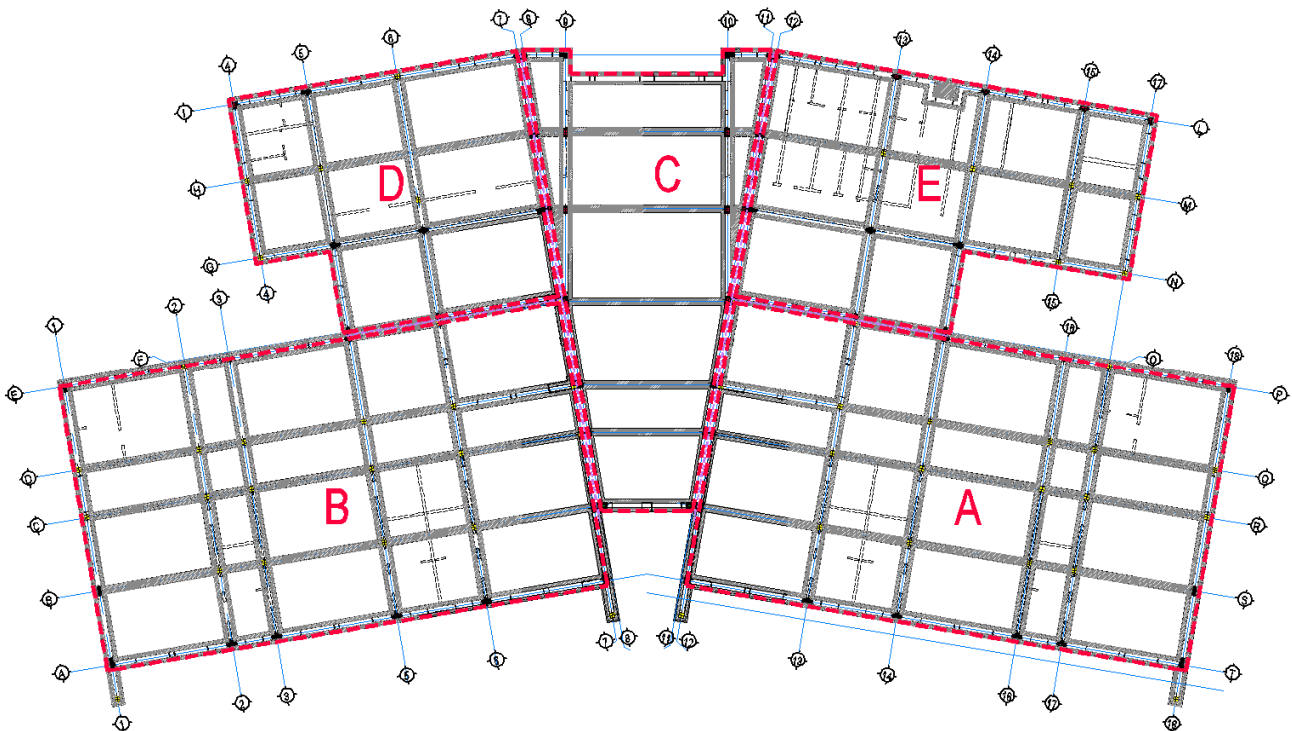
La presente relazione di calcolo si riferisce alla progettazione del fabbricato che ospiterà la nuova scuola dell'infanzia a sei sezioni in località Castello di Serravalle, in viale G. Verdi, Comune di Valsamoggia (BO).

L'edificio è stato suddiviso in cinque unità strutturali attraverso la duplicazione dei pilastri in corrispondenza dei giunti sismici, che sono stati verificati al "**cap.2.2.i**". La suddivisione in più unità strutturali ha permesso di eliminare le irregolarità in pianta della struttura e di studiare le unità strutturali come fabbricati regolari in pianta e a forma pressochè rettangolare.

Sono quindi stati studiati i 5 corpi di fabbrica con 5 modelli di calcolo indipendenti. E' stato poi studiato un ulteriore modello di calcolo per la verifica degli elementi di fondazione.

Sono stati studiati 6 modelli di calcolo:

- Modello A – struttura con ingombro di dimensioni 32x18m, ad un piano fuori terra
- Modello B – struttura con ingombro di dimensioni 32x18m ,ad un piano fuori terra
- Modello C – struttura con ingombro di dimensioni 27x15m, ad un piano fuori terra
- Modello D – struttura con ingombro di dimensioni 23x15m, a due piani fuori terra
- Modello E – struttura con ingombro di dimensioni 23x15m, a due piani fuori terra
- Modello FONDAZIONI – modello globale delle strutture di fondazione



**La presente relazione studia le strutture di fondazione**

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

## 2.2-ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE ( ai sensi del D:G:R: n°1373 del 26/09/2011)

### 2.2.a- Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche , morfologiche e idrogeologiche del sito

Si riporta di seguito l'individuazione mediante mappa del sito oggetto d'intervento:



L'area destinata all'insediamento della nuova Scuola dell'infanzia, si sviluppa a sud ovest del centro di Castello di Serravalle, tra il centro abitato e il Torrente Ghiaia. Si tratta di un'area pianeggiante e ben esposta, situata ad una quota più bassa di circa 8 metri rispetto alla viabilità esistente (viale Verdi).

L'area, in proprietà dell'Amministrazione Comunale, è attualmente coltivata con colture foraggere. Il progetto prevede quindi di approfondire gli scavi di sbancamento per eliminare lo strato di coltivo per una profondità di 65 cm dalla quota attuale.

In ambito catastale trattasi del foglio 22, mappali 101, 102, 110, 110, 824.

L'indagine geologica svolta dal dott. geol. Matteo Simoni, iscritto all'Ordine dei Geologi della regione Emilia Romagna al n°795/A, ha permesso di identificare il sito come appartenente alla categoria **C**, ovvero "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti"

Di seguito si riportano alcuni passaggi estratti dalla relazione geologica.

*"L'indagine svolta ha lo scopo di ricostruire la successione lito-stratigrafica del sottosuolo e caratterizza i terreni individuati dal punto di vista fisico-meccanico, specificando le proprietà stratigrafiche, granulometriche, tessiturali, fisiche, di resistenza al taglio e compressibilità, definendo i parametri dinamici degli stessi.*

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

*Sono state eseguite a tal fine:*

- due prove penetrometriche dinamiche medie (DPM),
- due sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo (SGV) con prove in foro e prelievo di campioni
- una prova down hole

*L'interpretazione dei dati acquisiti segnala la presenza di terreni superficiali, a prevalente composizione limosa-argillosa, caratterizzati da una velocità media delle onde di taglio di 112 m/s (Vp 350 m/sec), fino a 1,5m di profondità, supportati da uno strato metrico di ghiaie con poche sabbie con Vs di 420 m/s (Vp 1200 m/sec). Fino alla profondità di 15 m sono presenti argille limoso-ghiaiose da molto compatte a dure, parzialmente alterate, con un valore medio di Vs pari a 353m/s.*

*Sviluppando la formula della velocità equivalente delle onde di taglio per la prospezione di sismica passiva realizzata, i terreni indagati appartengono alla categoria **C**, ricadendo nell'intervallo 180-360, con un valore di Vs30 pari a 355m/s, calcolato dalla superficie topografica.*

*In base alle verifiche svolte, lo strato a composizione prevalentemente sabbiosa, posto tra -2m e -3m di profondità, non è liquefacibile.*

*Nel'area di intervento non si evidenziano processi evolutivi che possono far dubitare su fenomeni di instabilità. Dall'indagine geologico-tecnica eseguita si ritengono compatibili gli interventi di progetto in relazione alle condizioni evidenziate nel presente documento e alle prescrizioni di legge illustrate. Il giudizio di fattibilità dell'intervento in relazione al contesto geologico e geomorfologico dell'area è dunque positivo."*

Si riportano di seguito i principali parametri fisici, di resistenza a taglio e di compressibilità attribuiti alle unità di terreno individuate.

Profondità (m)	Comportamento	$\gamma$	$\phi_u$	$C_u$	$\phi'$	$c'$
		(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)	(°)	(kPa)
1,5	Coesivo	19,4	--	45	26	14
3,0	Incoerente	17,7	42	--	34	20
15,0	Coesivo	20,6	--	95	28	40
35,0		19,5	--	120		60

Il terreno è stato modellato come suolo elastico alla Winkler.

Il metodo di Winkler tratta il terreno non come un mezzo continuo, ma come un materiale costituito da singoli elementi elastici ideali (letto di molle). Le molle hanno un singolo grado di libertà, ossia possono deformarsi unicamente in una direzione, uguale per tutte le molle e sono del tutto indipendenti l'una dall'altra.

Nel modello di Winkler il comportamento del terreno all'interfaccia tra terreno e fondazione viene descritto tramite una relazione lineare tra lo spostamento di un punto appartenente all'interfaccia (superficie limite) e la pressione che agisce sullo stesso punto.

Una delle notazioni applicate per esprimere tale relazione è la seguente:

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

$$p = k \cdot \delta$$

Dove

**p**= pressione (reazione), e

**δ** = cedimento (spesso anche definito con il simbolo 'w').

La pressione **p**, che costituisce la reazione del terreno al carico impresso dalla fondazione in un punto dell'interfaccia, è funzione lineare dello spostamento in quel punto.

**k** ha unità di forza peso su volume [**FL-3**] ed è denominata modulo di Winkler.

Il modulo di Winkler risulta essere il rapporto tra carico (forza specifica reale) e cedimento.

Per la definizione del modulo di Winkler da utilizzare per il caso in oggetto sono state studiate le numerose tabelle presenti in letteratura che forniscono valori in funzione della tipologia di terreno.

Si riporta la tabella utilizzata per la scelta del valore di **K**

La tabella viene riportata di seguito, con valori convertiti in daN/cm<sup>3</sup>.

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]	
<i>Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI</i>	
Natura del terreno	<b>K</b> [Kg/cm <sup>3</sup> ]
torba leggera	0.6 ~ 1.2
torba pesante	1.2 ~ 1.8
terra vegetale	1.0 ~ 1.5
depositi recenti	1.0 ~ 2.0
sabbia di mare, fina	1.5 ~ 2.0
sabbia poco coerente	2.0 ~ 4.0
terra molto umida	2.0 ~ 3.5
terra poco umida	3.0 ~ 6.0
terra secca	5.0 ~ 10.0
argilla con sabbia	8.0 ~ 10.0
argilla grassa	10.0 ~ 12.0
sabbia compatta	8.0 ~ 15.0
ghiaia con sabbia	10.0 ~ 25.0
ghiaia compatta	20.0 ~ 30.0

Il terreno in oggetto è costituito da ghiaie e sabbie.

Cautelativamente è stata utilizzata la Costante di Winkler **K = 1,0 Kg/cm<sup>3</sup>**

La costante di sottofondo è stata mantenuta uguale per ogni combinazione di carico studiata.

Le precedenti considerazioni sono state inserite nella relazione TAV.103F e TAV.104F al **cap.2.2.a**

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE****viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)****PROGETTO ESECUTIVO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

**2.2.b- Descrizione generale della struttura**

La presente relazione di calcolo si riferisce alla progettazione della nuova scuola d'infanzia da realizzare in località Castello di Serravalle, viale G. Verdi, Comune di Valsamoggia (BO). La nuova struttura avrà dimensioni complessive 73x41 m ed altezza massima di 6 m circa.

La struttura sarà realizzata ad un piano fuori terra totalmente ad uso scolastico ad esclusione di una piccola porzione su due livelli (dove il secondo livello sarà adibito a locale tecnico), ed è stata suddivisa in cinque unità strutturali di forma regolare e indipendenti tra loro, in quanto separate da efficace giunto strutturale.

La struttura sarà realizzata con:

- pilastri in c.a., con calcestruzzo di classe C25/30 ed acciaio B450 C,
- copertura con travi in legno lamellare GL 24H,
- solaio intermedio in legno con cappa di 5 cm in c.a.
- trave in c.a dim. 30x34cm
- trave parete in materiale x-lam
- fondazioni di tipo diretto con travi rovesce e travi di collegamento in c.a., poste a quota -1,02mt rispetto al piano finito interno, con calcestruzzo di classe C25/30 ed acciaio B450 C,
- balcone di accesso al secondo livello adibito a locale tecnico con balcone metallico realizzato con quattro profili metallici a sbalzo e orizzontamento in grigliato metallico antitacco. Per l'accesso al balcone è prevista una scala metallica alla marinara.

**Opere di Fondazione**

Hanno la funzione di basamentare il fabbricato e quindi di trasferire al terreno sottostante i carichi e le sollecitazioni che gli derivano dalla struttura in elevazione.

Le fondazioni sono costituite da travi rovesce di fondazione, in calcestruzzo armato, con calcestruzzo di classe C25/30 ed acciaio B450 C e di sezione:

- sezione a T rovescia con B=80cm, H=100cm, h=30cm, b=70cm
- sezione a T rovescia con B=80cm, H=100cm, h=30cm, b=45cm
- trave di collegamento a sezione rettangolare con B=50cm e H.=30cm
- trave di collegamento a sezione rettangolare con B=80cm e H.=30cm

**Strutture in elevazione**

Hanno la funzione di trasferimento dei carichi dai diversi livelli alle fondazioni e di contrastare le azioni orizzontali provocate da eventuale sisma.

-I pilastri sono realizzati in cemento armato, con sezione 30x30cm , 40x30cm , 50x30cm, 65x30cm con calcestruzzo di classe C25/30 e acciaio B450C.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE****viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)****PROGETTO ESECUTIVO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

-La copertura sarà realizzata con travi in legno lamellare tipo GL 24H di sezione 20x44 cm, in appoggio sui pilastri e travetti di dimensione 18x36cm e 16x28cm.

-Il primo solaio in corrispondenza del locale tecnico sarà realizzato con travi principali in legno lamellare tipo GL 24H di dimensione 24x44cm, 16x68cm, 24x56cm e travetti di dimensione 16x32 passo 70cm., con soprastante cappa in c.a. di sp.5cm

-E' presente una sola trave in c.a. in corrispondenza del filo 14 per il sostegno del balcone metallico. Su questa trave si incastrano le travi a mensola del balcone attraverso una piastra rettangolare e quattro innesti chimici tipo HILTI o simili.

**Strutture di piano**

Hanno la funzione di ricevere direttamente le diverse condizioni di carico e di trasferirle alle strutture verticali;

-Il primo solaio sarà realizzato con travetti in legno e cappa soprastante in c.a di spessore 5cm adeguatamente collegata alla struttura sottostante (vedi "cap.2.5.4.4-Verifica collegamenti delle travi in legno"), per permettere un'adeguata distribuzione dei carichi gravanti sul solaio stesso. Il primo solaio ospiterà i locali tecnici.

-La copertura sarà realizzata con travetti in legno lamellare e tavolato in OSB di spessore 22mm,

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE****viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)****PROGETTO ESECUTIVO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

**2.2.c- Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati****Strutture**

- Legge 05.11.1971 , n° 1086 “ Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

**Sismica**

- Legge 64/1974 del 02/02/1974 “Provvedimenti per le costruzioni in particolare per le zone sismiche”;

DPR n°380 del 2001

- Allegato 2 dell'OPCM 20/03/2003 n.3274: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” come modificato dall'OPCM 3431 del 03/05/2005;

- Decreto Ministero delle Infrastrutture e trasporti 14/01/2008 “Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni”;

- Legge Regione emilia Romagna n°19 del 30/10/2008;

- Circolare n°617/CSLLPP del 02-02-2009;

- GPG/2010/195 del 01/02/2010 (Regione Emilia Romagna);

- PG/2010/114855 del 27/04/2010 (Regione Emilia Romagna);

- GPG/2010/1218 del 26/07/2010 (Regione Emilia Romagna);

- PG/2010/0194001 del 26/07/2010 (Regione Emilia Romagna);

**Materiali**

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale : Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

2.2.d- Definizione dei parametri di progetto

**SITO DI RIFERIMENTO:**

Provincia: Bologna, Comune di Valsamoggia, località Castelletto

Indirizzo: viale G. Verdi

Longitudine: 11.064019°

Latitudine: 44.442423°

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

**PARAMETRI DELL'OPERA:**

Vita Nominale:  $V_N = 50$  anni

Classe d'uso: III

Coefficiente  $C_u = 1.5$

Periodo di riferimento:  $V_R = 75$  anni

NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

2.2.e- Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale

**ELENCO DEI MATERIALI AD USO STRUTTURALE UTILIZZATI**

**-Calcestruzzo (fondazioni e pilastri)  $f_{ck}/R_{ck} = 25/30$**

Classe di resistenza : C30

Classe di esposizione : XC2

Classe di consistenza : S3/S4

dim. max inerti : 32 mm

Con:

-  $f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$

-  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

-  $E_{cm} = 22'000[f_{cm}/10]^{0,3} = 22'000[(f_{ck}+8)/10]^{0,3} = 31'447,16 \text{ N/mm}^2$

- Coefficiente di Poisson 0,10

-  $G = E_{cm}/2(1+0,1) = 14'294'163 \text{ KN/m}^2$

-  $\gamma_c = 1,5$

**Acciaio in barre per getti C.A.: tipo B 450 C** controllato in stabilimento , saldabile

Proprietà reologiche:	$E = 20000 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ $\nu = 0.300$ $G = 7692.3 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$
Tipologia del Materiale: Acciaio per Armature	$f_{yk} = 45 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ $\gamma_{M,c} = 1.15$ $\gamma_{M,t} = 1.15$ $\gamma_{M,ecc} = 1$ $f_u = 54 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ $\epsilon_{ud} = 0.0675$ Aderenza Migliorata = Si
Valori di progetto	$f_{cd} = 39.13 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ $f_{ctd} = 39.13 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ $P_s = 7.85e-005 \text{ (kN/cm}^3\text{)}$ $\alpha = 1.2e-005 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

## 2.2.f- Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione

### 2.2.f.1-PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA.

**-classe di duttilità** bassa

**-tipo di fondazione-**

Sono state previste fondazioni dirette a trave rovescia in entrambe le direzioni.

**-condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma**

La componente verticale deve essere considerata solo in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti, costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2 e purché il sito nel quale la costruzione sorge non ricada in zona 3 o 4. (§7.2.1)

Tali condizioni non sussistono nel progetto oggetto di studio. Non è quindi necessario considerare la componente verticale del sisma .

**-tipo di analisi-**

Analisi statica. Sono stati utilizzati come carichi i carichi al piede ottenuti come combinazioni di carico e derivanti da un'analisi dinamica modale.

**-fattore di struttura**

Per la sovrastruttura è stato utilizzato un fattore di struttura  $q=1,5$ , mentre per le strutture di fondazione è stata svolta un'analisi statica.

### 2.2.f.2-ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE

## **COPERTURA**

### **CARICHI PERMANENTI G1**

-pannello OSB. (sp. 2,20cm) = $0.022 \times 650 =$	15Kg/m <sup>2</sup>
-travetti legno lamellare GL 24H interasse 70cm, sez. 18x36cm / 20x36cm	45Kg/m <sup>2</sup>

### **CARICHI PERMANENTI G2**

-pannello in fibra di legno tipo celenit AB o equivalente fono assorbente (sp. 5,00cm)	8Kg/m <sup>2</sup>
-barriera a vapore	2Kg/m <sup>2</sup>
-lana minerale a doppie densità (sp. 20,00cm)	15Kg/m <sup>2</sup>
-strato di ventilazione (sp. 5,00cm)	5Kg/m <sup>2</sup>
-lastre grecate di alluminio (sp. 3,00cm)	15Kg/m <sup>2</sup>

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

**CARICHI ACCIDENTALI COPERTURA**

Q – Carico accidentale neve: 150 Kg/m<sup>2</sup>

Secondo il punto 5.4.1 del D.M. 18/12/1975 è stato considerato un carico accidentale dovuto alla neve in copertura pari a 150Kg/m<sup>2</sup>.

**SOLAIO 1**

**CARICHI PERMANENTI G1**

-soletta in c.a. (sp. 5,00cm) = 0.05x2500= 125Kg/m<sup>2</sup>

-travetti legno lamellare GL 24H interasse 70cm, sez.16x32cm 55Kg/m<sup>2</sup>

**CARICHI PERMANENTI G2**

-pannello in fibra di legno tipo celenit AB o equivalente fono assorbente (sp. 5,00cm) 10Kg/m<sup>2</sup>

-isolamento in pannelli di polistirene espanso estruso XPS (sp. 16,00cm) 15 Kg/m<sup>2</sup>

-massetto alleggerito per sottofondo pavimentazione (sp. 8,00 cm) 80Kg/m<sup>2</sup>

-pavimentazione in PVC (sp. 0,50cm)

-UTA 240Kg/m<sup>2</sup>

**CARICHI ACCIDENTALI PRIMO SOLAIO**

Q – Carico accidentale tipo H1 (sottotetti accessibili per la sola manutenzione): 50 Kg/m<sup>2</sup>

L' unità trattamento aria ha dimensioni in pianta pari a 175 x 252cm e peso pari a 1050Kg totali, ovvero un carico distribuito pari a :

$$1050 \text{ Kg} / (1.75\text{m} \times 2.52\text{m}) = .238 \text{ kg/m}^2 \text{ (carico distribuito dovuto alla UTA)}$$

IL posizionamento all'interno del locale tecnico al primo piano non può essere definito in questa fase. E' stato quindi considerato cautelativamente un incremento di carico permanente G2 sull'intera superficie del solaio pari a 240Kg/m<sup>2</sup>.

E' stato utilizzato un carico accidentale tipo H1 perché il locale non è aperto al pubblico ma è accessibile per la sola manutenzione dell'UTA da parte di personale specializzato

IL fabbricato è ad uso scolastico ma non è stato considerato il carico accidentale relativo alle scuole perché l'edificio ha un unico livello e il carico dovuto alla folla compatta è applicato al piano terra, realizzato su terreno.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

**CARICO NEVE**

(capitolo 3.4.1 del D.Lgs 14-01-08)

La zona oggetto dell' intervento (Castelfranco Emilia) è inserita nella "zona 1 -Mediterranea" dell'art 6 del D.M. sopra menzionato, ad altitudine < 200 ml slm: (42ml.slm)

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è valutato mediante la seguente formula:  $q_s = q_{sk} \times C_e \times C_1 \times \mu_i$

$C_t = 1$  (in assenza di una o specifico studio)

$C_e = 1$  ( topografia NORMALE)

$\mu_i = 0,8$  ( copertura a una o due falde con  $0 < \alpha < 30$  qui  $\alpha = 15 - \alpha = 0$  per il terrazzo)

$q_{sk}$  (valore di riferimento del carico dell' neve al suolo)

-ZONA 1 ( mediterranea)

- as < 200mt (as=185mt.)

$q_{sk} = 1,50 \text{ KN/m}^2$

Carico neve $q_s = 0,8 \times 1,50 = 1,20 \text{ N/mm}^2$	120 kg/cm <sup>2</sup>
---	------------------------

Secondo il punto 5.4.1 del D.M. 18/12/1975 è stato considerato un carico accidentale dovuto alla neve in copertura pari a 150Kg/m<sup>2</sup>.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

Per l'unità strutturale F che comprende le strutture di fondazione dell'intero fabbricato è stata svolta un'analisi statica.

I carichi utilizzati sono i carichi al piede delle sovrastrutture, per le quali è stata svolta un'analisi dinamica modale.

Il fattore di struttura indicato nella relazione di calcolo relativa alle fondazioni si riferisce quindi al fattore di struttura adottato per le sovrastrutture.

Nel modello sono stati applicati i carichi al piede indicati nel capitolo 2.4.1. che sono stati ottenuti dallo studio dei cinque modelli soprastanti.

Gli stessi carichi al piede si possono quindi ritrovare nei cap.2.5.3 Sollecitazioni ai piedi dei pilastri delle relazioni di calcolo delle sovrastrutture.

Per ogni nodo sono presenti 23 condizioni di carico, che corrispondono ai carichi al piede nelle 23 combinazioni di carico studiate per le sovrastrutture.

A questi valori è stato aggiunto il peso proprio delle fondazioni nella condizione di carico 1

I carichi inseriti si riferiscono a :

COND.1 – SLU1  $(1,3 \cdot P.P + 1,3 \cdot G1 + 1,5 \cdot G2 + 1,5 \cdot Q1 + 0 \cdot Q2)$

COND.2 – SLU2  $(1,3 \cdot P.P + 1,3 \cdot G1 + 1,5 \cdot G2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q1 + 1,5 \cdot Q2 =$

COND.3 – SLV1  $1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot G1 + 1,0 \cdot G2 + 0 \cdot Q1 + 0 \cdot Q2 + 1,0 \cdot E1(slv) + 0,3 \cdot E2(slv)$

COND.4 – SLV2  $1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot G1 + 1,0 \cdot G2 + 0 \cdot Q1 + 0 \cdot Q2 + 1,0 \cdot E1(slv) + 0,3 \cdot E4(slv)$

COND.5 – SLV3

COND.6 – SLV4

COND.7 – SLV5

COND.8 – SLV6

COND.9 – SLV7

COND.10 – SLV8

COND.11 – SLE rare 1

COND.12 – SLE rare 2

COND.13 – SLE frequenti 1

COND.14 – SLE frequenti 2

COND.15 – SLE quasi permanenti

COND.16 – SLV1 (q=1)

COND.17 – SLV2 (q=1)

COND.18 – SLV3 (q=1)

COND.19 – SLV4 (q=1)

COND.20 – SLV5 (q=1)

COND.21 – SLV6 (q=1)

COND.22 – SLV7 (q=1)

COND.23 – SLV8 (q=1)

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

La verifica di resistenza delle strutture di fondazione è stata svolta secondo quanto previsto dal p.to 7.2.5, utilizzando il coeff.  $\gamma_{rd} = 1,1$  valido per strutture in classe di duttilità bassa.

Il punto 7.2.5 precisa che il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno deve essere svolta assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti. La forza assiale derivante dalla combinazione delle azioni deve essere associata al concomitante valore resistente del momento flettente e del taglio.

Si richiede tuttavia che tali azioni risultino non maggiori di quelle trasferite dagli elementi soprastanti, amplificate da  $\gamma_{rd} = 1,1$  e comunque non maggiori di quelle derivanti da un'analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con  $q=1$ .

Cautelativamente è stata svolta il dimensionamento delle fondazioni anche con i carichi al piede ottenuti per le medesime strutture ma con un'analisi dinamica modale con fattore di struttura=1.

Tale verifica non è richiesta dalle NTC 2008 ma il progettista ha comunque ritenuto opportuna anche questa valutazione.

Tutti i carichi ottenuti con un'analisi con fattore di struttura  $q=1$  sono infatti maggiori di quelli ottenuti con fattore di struttura  $q=1,5$  e moltiplicati per coeff.  $\gamma_{rd} = 1,1$

Si ha quindi

- dalla COMB.1 alla COMB.2 – i carichi sono stati ottenuti dalle combinazioni di carico statiche allo SLU
- dalla COMB.3 alla COMB.10 – i carichi sono stati ottenuti dalle combinazioni all'SLV utilizzando un fattore di struttura della sovrastruttura  $q = 1,50$ . I carichi sono quindi stati già moltiplicati per il coeff.  $\gamma_{rd} = 1,1$  valido per strutture in classe di duttilità bassa.
- dalla COMB.11 alla COMB.15 – i carichi sono stati ottenuti dalle combinazioni di carico statiche agli SLE
- dalla COMB.16 alla COMB.23 – i carichi sono stati ottenuti dalle combinazioni all'SLV utilizzando per la sovrastruttura un fattore di struttura  $q=1$ .

I risultati delle modellazioni sono stati inviluppati per il dimensionamento degli elementi di fondazione.

Si ha sempre la corrispondenza tra i nodi ai piedi dei pilastri della sovrastruttura e i nodi del modello delle fondazioni. I medesimi nodi si possono ritrovare nelle tavole strutturali.

In corrispondenza dei fili 7, 11, E, P sono presenti i giunti strutturali, adeguatamente dimensionati.

Su questi fili la struttura raddoppia e sono sempre presenti due pilastri a distanza pari a quella del giunto. Nel modello delle fondazioni i carichi al piede dei pilastri vicini, in corrispondenza del giunto, sono stati sommati. Sono stati quindi generati nuovi nodi, i cui carichi sono dati dalla somma di:

- nodo 123 modello fondazioni - è la somma dei nodi 13 e 19 della sovrastruttura
- nodo 125 modello fondazioni - è la somma dei nodi 14 e 20 della sovrastruttura
- nodo 127 modello fondazioni - è la somma dei nodi 15,21,60 della sovrastruttura
- nodo 135 modello fondazioni - è la somma dei nodi 4 e 48 della sovrastruttura
- nodo 133 modello fondazioni - è la somma dei nodi 8 e 52 della sovrastruttura
- nodo 129 modello fondazioni - è la somma dei nodi 12 e 56 della sovrastruttura
- nodo 136 modello fondazioni - è la somma dei nodi 51 e 68 della sovrastruttura
- nodo 134 modello fondazioni - è la somma dei nodi 55 e 73 della sovrastruttura

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE****viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)****PROGETTO ESECUTIVO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

- nodo 130 modello fondazioni - è la somma dei nodi 59 e 78 della sovrastruttura
- nodo 128 modello fondazioni - è la somma dei nodi 61,83,86 della sovrastruttura
- nodo 126 modello fondazioni - è la somma dei nodi 94 e 87 della sovrastruttura
- nodo 124 modello fondazioni - è la somma dei nodi 85 e 88 della sovrastruttura

Nel modello sono stati applicati i carichi al piede indicati nel capitolo 2.4.1.della relazione 103F allegata nel cd al materiale stampato.

I carichi sono ottenuti dallo studio dei cinque modelli soprastanti.

Gli stessi carichi al piede si possono quindi ritrovare nei cap.**2.5.3 Sollecitazioni ai piedi dei pilastri** delle relazioni di calcolo delle sovrastrutture. I carichi utilizzati si riferiscono all'analisi dei carichi sopraindicata.

Le medesime tabelle sono state anche riportate al cap.2.5.7 dell'elaborato 103F-per un confronto.

NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

## 2.2.g- Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati

Le combinazioni delle azioni considerate sono le seguenti:

- Combinazione fondamentale per gli SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{G3} \cdot G_3 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}$$

- Combinazione caratteristica (rara) per gli SLE:

$$G_1 + G_2 + G_3 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3}$$

- Combinazione frequente per gli SLE:

$$G_1 + G_2 + G_3 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3}$$

- Combinazione quasi permanente per gli SLE:

$$G_1 + G_2 + G_3 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3}$$

- Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + G_3 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3}$$

- Combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3}$$

Nel caso specifico i carichi al piede utilizzati sono già stati fattorizzati e , nel caso con fattore di struttura  $q=1,5$  sono già stati moltiplicati per il fattore di sovraresistenza  $\gamma_{rd} = 1,1$

Sono quindi stati sommati ai carichi della sovrastruttura i pesi propri delle travi di fondazione:  
Si ha quindi.

$$SLU\ 1 = 1,3 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.2$$

$$SLU\ 2 = 1,3 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.3$$

$$SLV1 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.4$$

$$SLV2 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.5$$

$$SLV3 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.6$$

$$SLV4 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.7$$

$$SLV5 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.8$$

$$SLV6 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.9$$

$$SLV7 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.10$$

$$SLV8 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.11$$

$$SLV\ 9 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.17$$

$$SLV\ 10 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.18$$

$$SLV\ 11 = 1,0 \cdot P.P + 1,0 \cdot COMB.19$$

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE****viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)****PROGETTO ESECUTIVO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

 $SLV\ 12 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.20$  $SLV\ 13 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.21$  $SLV\ 14 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.22$  $SLV\ 15 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.23$  $SLV\ 16 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.24$  $SLE\ RARE\ 1 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.12$  $SLE\ RARE\ 2 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.13$  $SLE\ FREQUENTI\ 1 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.14$  $SLE\ FREQUENTI\ 2 = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.15$  $SLE\ QUASI\ PERMANENTI = 1.0\ P.P + 1,0\ *COMB.16$ 

Dove:

P.P.- peso proprio della struttura

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

 Approccio di verifica: **Approccio 2** Set di coefficienti parziali: **A1+M1+R3**
Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU:

Tipologia di carichi:		Coefficiente $\gamma_F$	<i>EQU</i>	<i>STR</i> <i>A1</i>	<i>GEO</i> <i>A2</i>
<b>Carichi permanenti</b>	<i>favorevoli</i>	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	<i>sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<b>Carichi permanenti non strutturali</b>	<i>favorevoli</i>	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	<i>sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3
<b>Carichi variabili</b>	<i>favorevoli</i>	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	<i>sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale	<i>M1</i>	<i>M2</i>
<b>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</b>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<b>Coesione efficace</b>	$C'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<b>Resistenza non drenata</b>	$C_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<b>Peso dell'unità di volume</b>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali:

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_R=1,0$	$\gamma_R=1,8$	$\gamma_R=2,3$
Coesione efficace	$\gamma_R=1,0$	$\gamma_R=1,1$	$\gamma_R=1,1$

Rappresentazione 3d

Pianta

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

## 2.2.h- Indicazione motivata del metodo di analisi seguito

Il metodo degli elementi finiti, su cui si basa la modellazione strutturale, nasce dalla necessità di approssimare le equazioni differenziali, che governano lo stato di un sistema continuo, con un sistema di equazioni algebriche in un numero finito di incognite. In quest'ottica, la discretizzazione del continuo è il primo passo e consiste nel suddividerlo in sottodomini, detti elementi finiti, e di scegliere dei punti di contatto, detti nodi strutturali, tra elementi contigui o all'interno degli elementi stessi.

Le misure degli spostamenti nodali (metodo degli spostamenti) o delle forze nodali (metodo duale delle forze) sono assunte come incognite del problema e le equazioni algebriche risolventi sono generate impiegando, in generale, un principio variazionale. Impostato così il problema, è evidente che un elemento finito non è che un modello matematico atto a simulare il comportamento della struttura reale e, data la discrezionalità con la quale si procede alla discretizzazione del continuo, è altresì evidente che, per una stessa struttura, si possono creare più modelli, ognuno con un proprio grado di affidabilità anche in relazione allo specifico problema in esame. Ad esempio una trave può schematizzarsi con un singolo elemento beam, con più elementi beam in serie ovvero con una mesh di elementi piani o solidi in funzione del tipo di problema studiato (calcolo delle azioni interne, ricerca delle concentrazioni di tensione in corrispondenza degli appoggi, trasferimento del calore, ecc...).

Un elemento finito è "classificabile" in base a:

- la sua geometria (x,y,z);
- il campo di spostamenti che copre (v);
- il legame deformazioni-spostamenti  $\epsilon=f(v)$  che adotta;
- la legge costitutiva del materiale che è in grado di approssimare  $\sigma = g(\epsilon)$ .

Dal punto di vista della geometria si hanno, infatti, a disposizione elementi:

- puntuali (elementi boundary, plinti di fondazione, ecc.)
- lineari (elementi biella, trave, ecc.)
- superficiali (triangolari CST, LST, quadrangolari, isoparametrici a 4/8 nodi, ecc.)
- solidi (elementi brick a 8/21 nodi, tetraedrici o esaedrici a facce piane o curve ecc.).

Per quanto riguarda gli spostamenti, si hanno elementi in grado di coprire tutte le sei componenti di spostamento nodale (ad es. gli elementi beam) oppure solo alcune di esse (come le tre componenti di traslazione per gli elementi biella).

Infine si ha una notevole diversificazione, anche per lo stesso tipo di modello, considerando il legame spostamenti- deformazioni che l'elemento finito è in grado di approssimare (introduzione della matrice di rigidezza geometrica in problemi di non linearità geometrica) oltre alla capacità dell'elemento stesso di seguire la legge costitutiva del materiale (problemi di non linearità materiale).

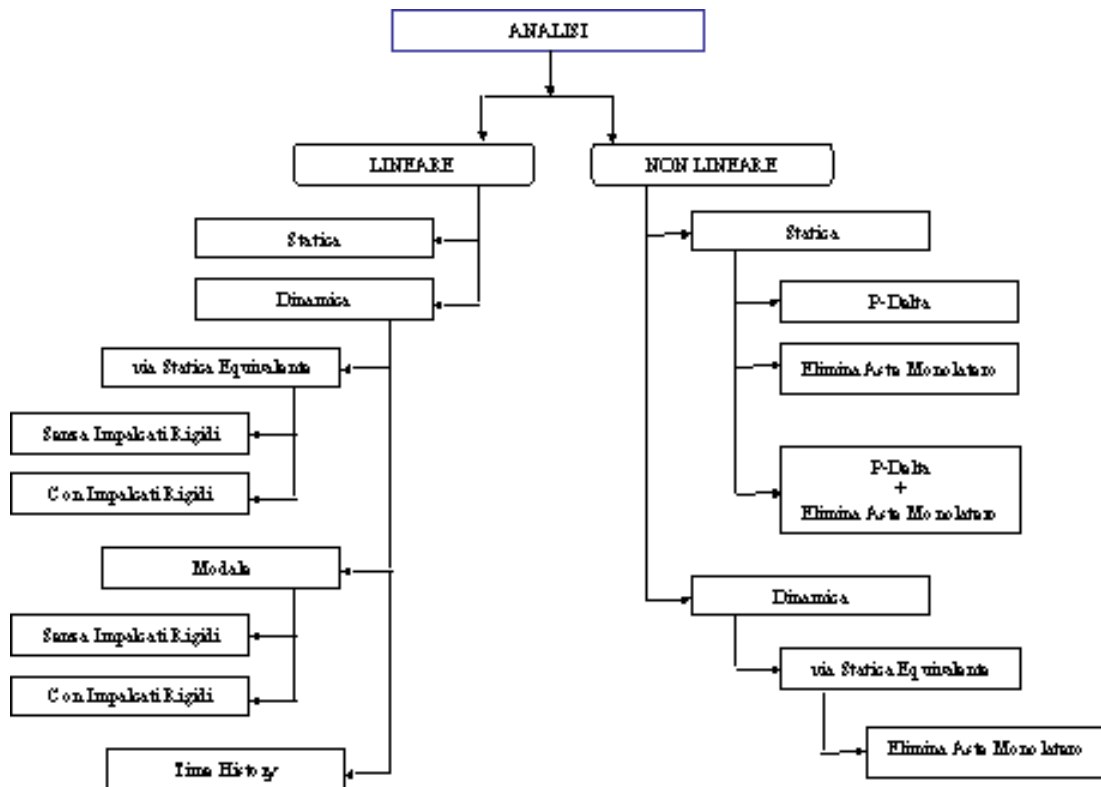
NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

Solitamente la fase di modellazione della struttura, totalmente gestita dal Pre-Processore, viene conclusa con la definizione del tipo di analisi da condurre.



Un modello agli elementi finiti è un modello matematico che simula il comportamento di una generica struttura reale mediante una specifica discretizzazione in  $n$  sottostrutture di tipo predefinito; l'assemblaggio dei modelli di ciascuna sottostruttura ottenuta conduce al modello globale.

Questa operazione di discretizzazione della struttura implica due scelte fondamentali:

la scelta dell'elemento finito che meglio si adatta allo specifico problema in esame;

la scelta del numero e della disposizione topologica degli elementi finiti all'interno della struttura stessa.

In *WinStrand* sono implementati i seguenti elementi finiti:

- Bielle
- Pilastrini
- Travi
- Travi di Fondazione
- Setti
- Plinti
- Pali
- Elementi Triangolari

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

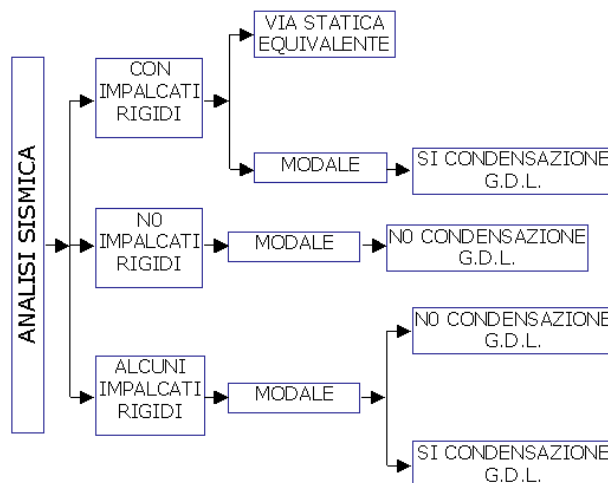
- Elementi a 4 Nodi
- Isoparametrici a 8 Nodi
- Elementi 3D con 4 nodi
- Elementi 3D con 6 nodi
- Elementi 3D con 8 nodi

Tutti questi elementi sono caratterizzati da un legame lineare spostamenti-deformazioni e presuppongono un comportamento elastico lineare del materiale costitutivo.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema strutturale sono:

- Travi: Elementi con una dimensione prevalente che unisce due punti dello spazio.
- Pilastri: Elementi con una dimensione prevalente che unisce due punti dello spazio.
- Elementi a quattro nodi : utilizzati nella modellazione di solette piane

Nello schema seguente si illustrano le situazioni di calcolo più ricorrenti prevedibili per un telaio da sottoporre ad analisi sismica



L'analisi condotta in questa progettazione è di tipo **statico**.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

## 2.2.i- Criteri di verifica degli stati limite indagati, in presenza di azione sismica

### **TRAVI DI FONDAZIONE**

Per la verifica degli elementi è stato utilizzato un modello globale contenente tutti gli elementi di fondazione, con applicati carichi in corrispondenza dei nodi pari a quelli trasmessi dalla sovrastruttura .

Le travi vengono progettate-verificate a flessione retta e taglio nel piano longitudinale della trave sulla base dell'involuppo delle sollecitazioni.

Viene comunque sempre predisposta l'armatura minima mentre gli sforzi di taglio vengono integralmente assorbiti dalle staffe.

Le operazioni di progetto-verifica vengono condotte, per ogni asta, in tre diverse sezioni e precisamente in corrispondenza dei fili esterni dei pilastri e della sezione in campata nella quale viene riscontrato il massimo momento positivo (negativo).

I momenti si intendono positivi se tendono le fibre di intradosso (inferiori).

Per quanto concerne il progetto e la verifica delle travi a taglio esse vengono condotte nel modo seguente:

Si controlla se la trave necessita o meno di armatura aggiuntiva a taglio:

Se non occorre armatura aggiuntiva a taglio si procede a disporre la staffatura minima di regolamento e la progettazione ha termine.

Se occorre armatura aggiuntiva a taglio la staffatura viene progettata andando a suddividere la trave, a seconda del caso, in uno, tre o cinque conci:

due tronchi in prossimità degli appoggi di lunghezza pari all'altezza della sezione;

due altri (eventuali) tronchi dall'ascissa precedente a quella in cui il taglio può essere assorbito con la sola staffatura minima da regolamento

un restante (eventuale) concio di chiusura centrale.

In ogni caso l'armatura a taglio si intende simmetrica rispetto alla mezzeria della trave e viene progettata considerando, rispetto alla mezzeria, la zona della trave più sollecitata.

Per quanto concerne le verifiche a taglio esse vengono condotte suddividendo la trave in cinque conci:

due tronchi in prossimità degli appoggi di lunghezza pari all'altezza della sezione; due altri (eventuali) tronchi dall'ascissa precedente a quella in cui il taglio può essere assorbito con la sola staffatura minima da regolamento; il restante (eventuale) concio di chiusura centrale.

L'armatura a taglio si intende simmetrica rispetto alla mezzeria della trave e viene progettata considerando, rispetto alla mezzeria, la zona della trave più sollecitata.

### **Riepilogo verifiche effettuate sulle travi di fondazione:**

-verifica agli SLU e SLV – Verifica a pressoflessione deviata N/M -

-verifica agli SLU e SLV – Verifica a taglio V/T lato cls -

-verifica agli SLU e SLV – Verifica a taglio V/T acciaio -

-verifica agli SLE –comb. Rara - verifica delle tensioni sul calcestruzzo

-verifica agli SLE –comb. Rara - verifica delle tensioni sull'acciaio

-verifica agli SLE –comb. Frequenti - verifica delle tensioni sul calcestruzzo

-verifica agli SLE –comb. Rara - verifica delle tensioni sull'acciaio

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

- verifica agli SLE –comb. quasi permanenti - verifica delle tensioni sul calcestruzzo
- verifica agli SLE –comb. quasi permanenti - verifica delle tensioni sull'acciaio sul calcestruzzo
  
- verifica agli SLE –comb. Frequente e quasi permanenti-controllo apertura delle fessure secondo i criteri esplicitati nella tabella 4.1.IV NTC08
  
- verifiche geotecniche- calcolo delle q. limite
- verifiche geotecniche- controllo dei cedimenti

## **GIUNTI**

Per evitare il martellamento tra i due manufatti in contro fase è previsto un giunto sismico di dimensione pari a 10 cm.

Il capitolo 7.2.2 NTC 2008 precisa che la distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per l'SLV.

In ogni caso la distanza tra due punti che si fronteggiano non può essere inferiore ad 1/100 della quota dei punti considerati misurata dal piano di fondazione, moltiplicata per  $(a_g \times S / 0,50 \times g)$ .  
Si ha qui:

H. max = 615cm  
(SLV)  $a_g = 0,1873 g$   
S = 1,426

Spostamento max SLV =  $1/100 \times H \times (a_g \times S / 0,50 \times g) = 1/100 \times 615 \times (0,1873 \times 1,426) / 0,50 = 3,29\text{cm}$

- La dimensione minima del giunto deve essere quindi :  $3,29 \times 2 = 6,58\text{cm}$

All'Slv si ha, dallo studio dei cinque modelli di calcolo, che lo spostamento max. dei pilastri in corrispondenza del giunto = 1,36cm (MODELLO C, PILASTRO 193-66, COMB.5)

Il giunto ha dimensione 10cm ed è quindi sempre verificato. Il giunto è quindi efficace e le cinque unità strutturali possono essere considerate indipendenti fra loro, quindi possono essere studiate separatamente.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

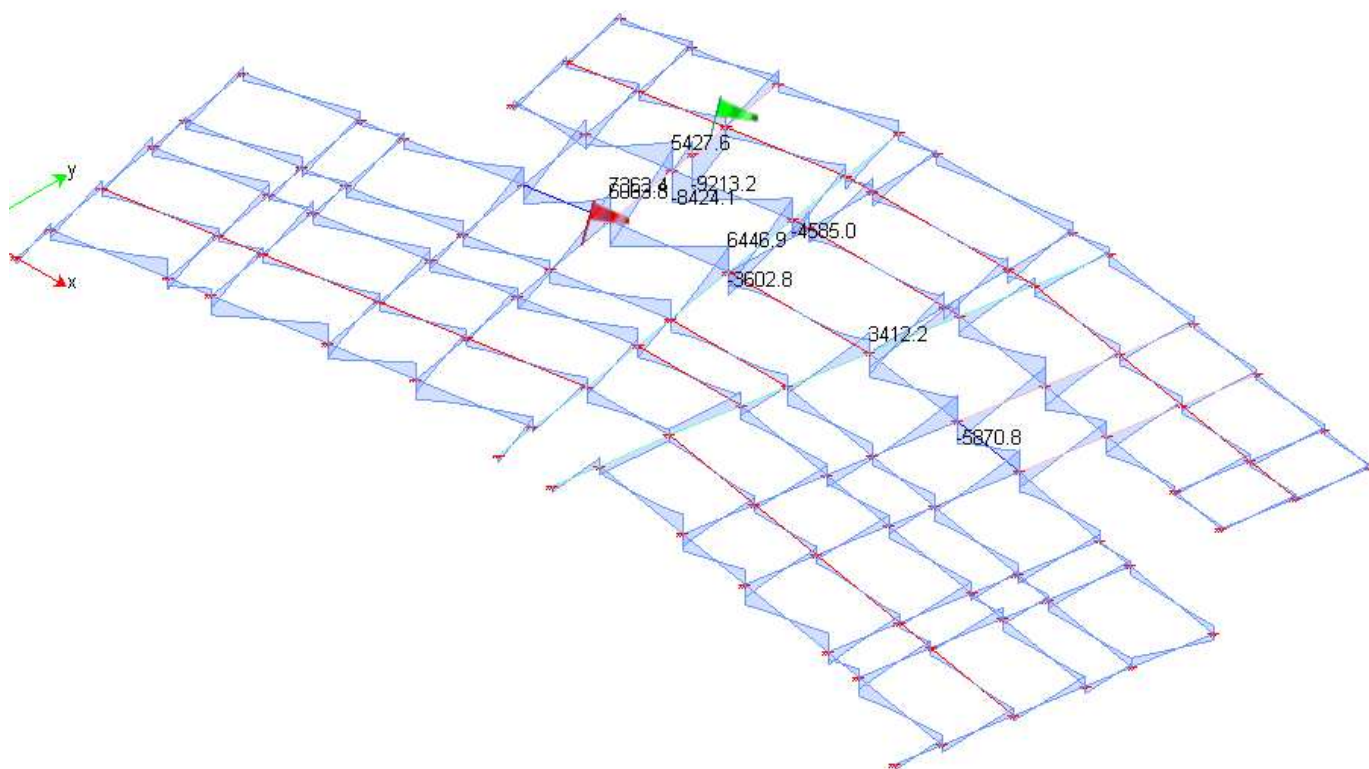
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

2.2.j- Rappresentazione della configurazione deformata e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative/ Sintesi delle verifiche di sicurezza / giudizio motivato di accettabilità dei risultati

2.2.J.1-DIAGRAMMI DI INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI

2.5.2-Inviluppo delle sollecitazioni maggiormente significative

DIAGRAMMA T- COMBINAZIONE 2-SLU



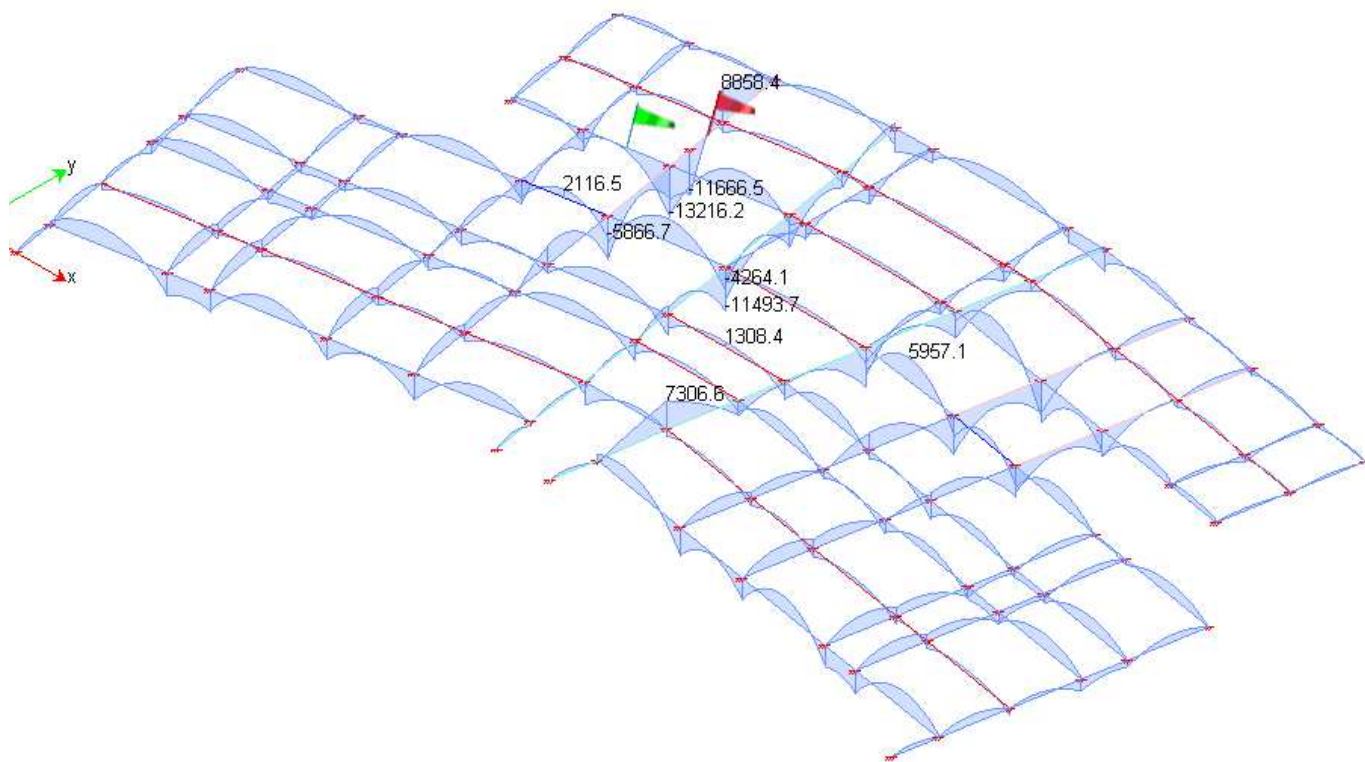
NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

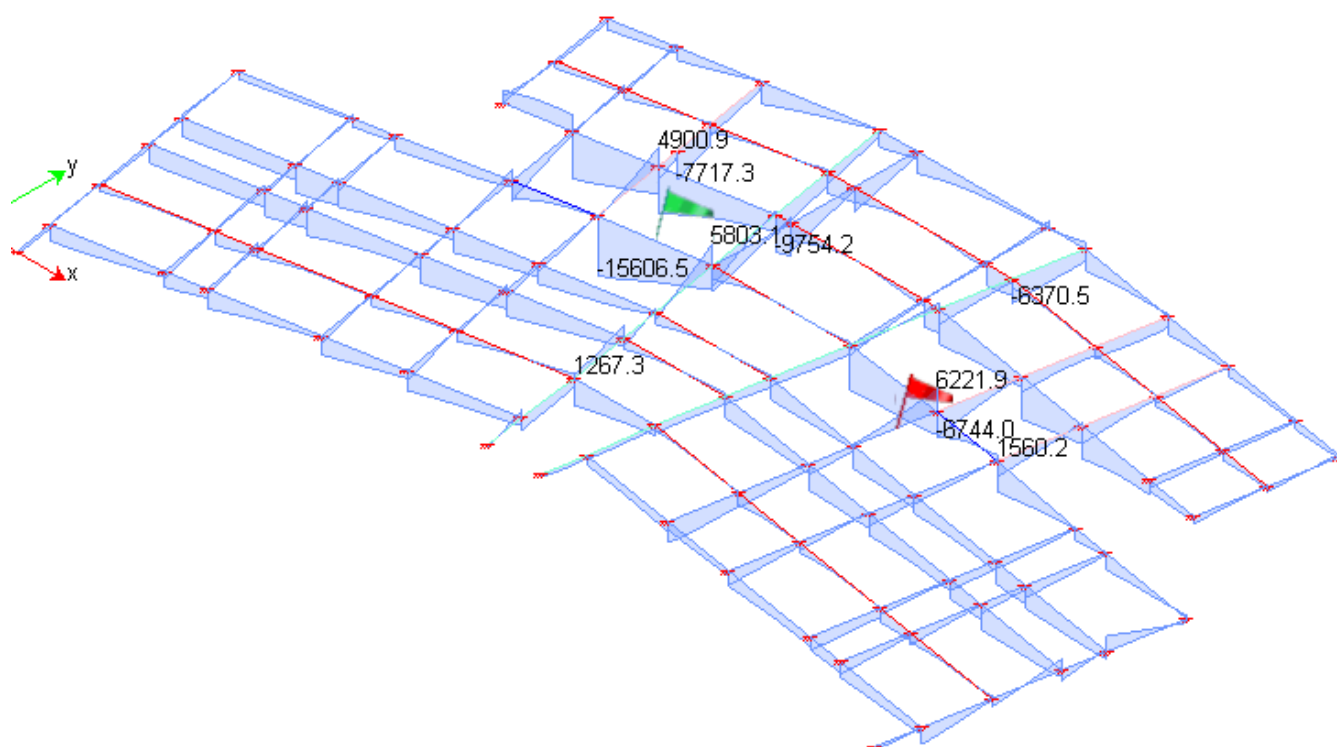
**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

**DIAGRAMMA M-COMBINAZIONE 2 -SLU**



**DIAGRAMMA T- COMBINAZIONE 11-SLV**



NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

DIAGRAMMA M- COMBINAZIONE 11-SLV

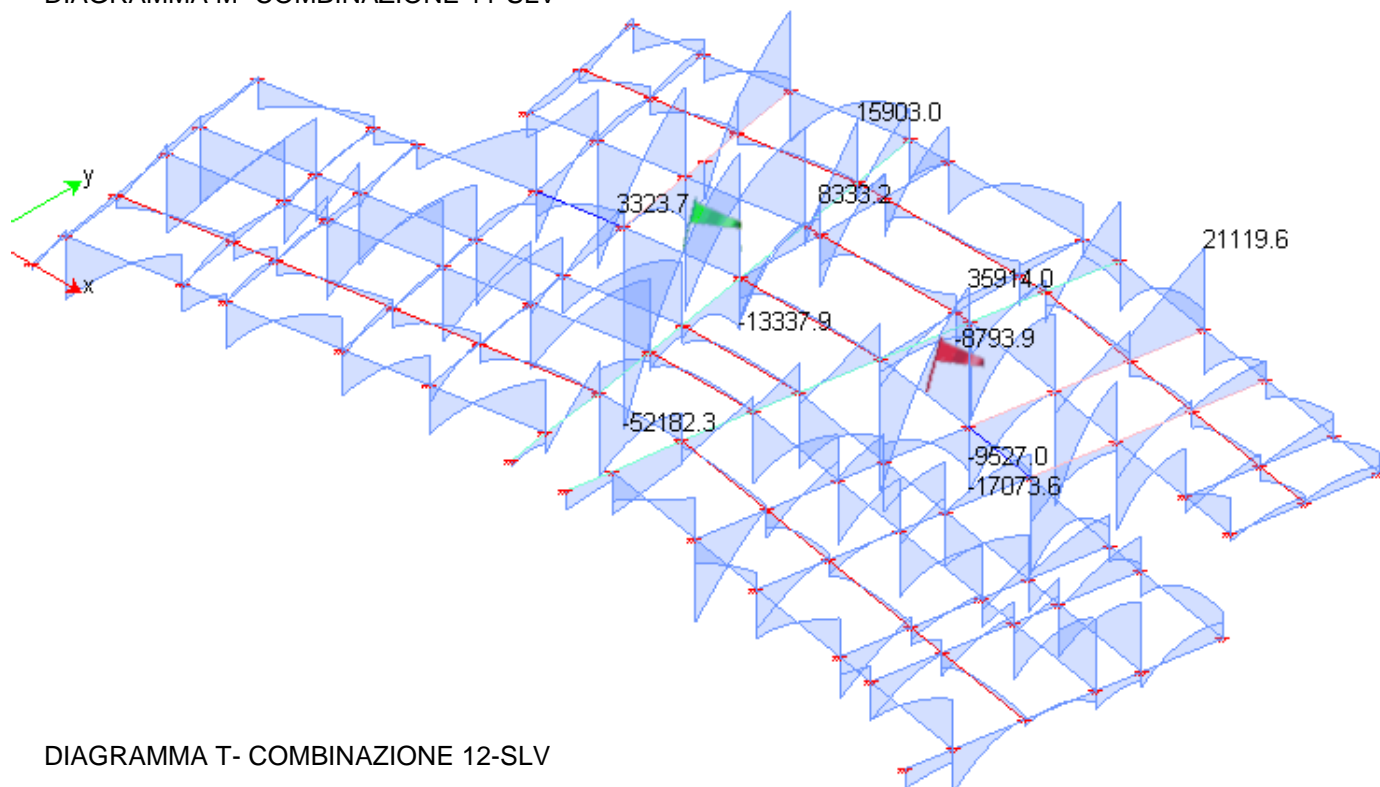
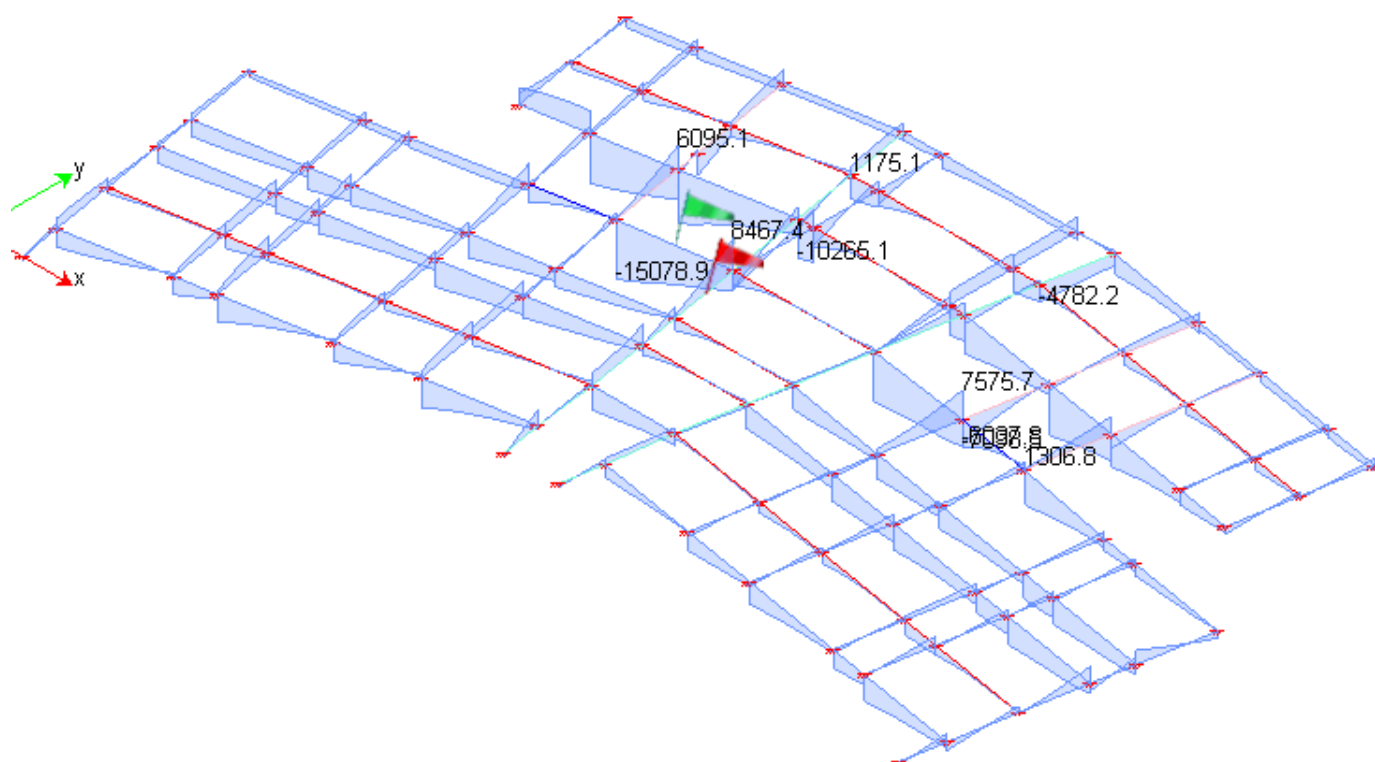


DIAGRAMMA T- COMBINAZIONE 12-SLV



NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

DIAGRAMMA M COMBINAZIONE 12-SLV

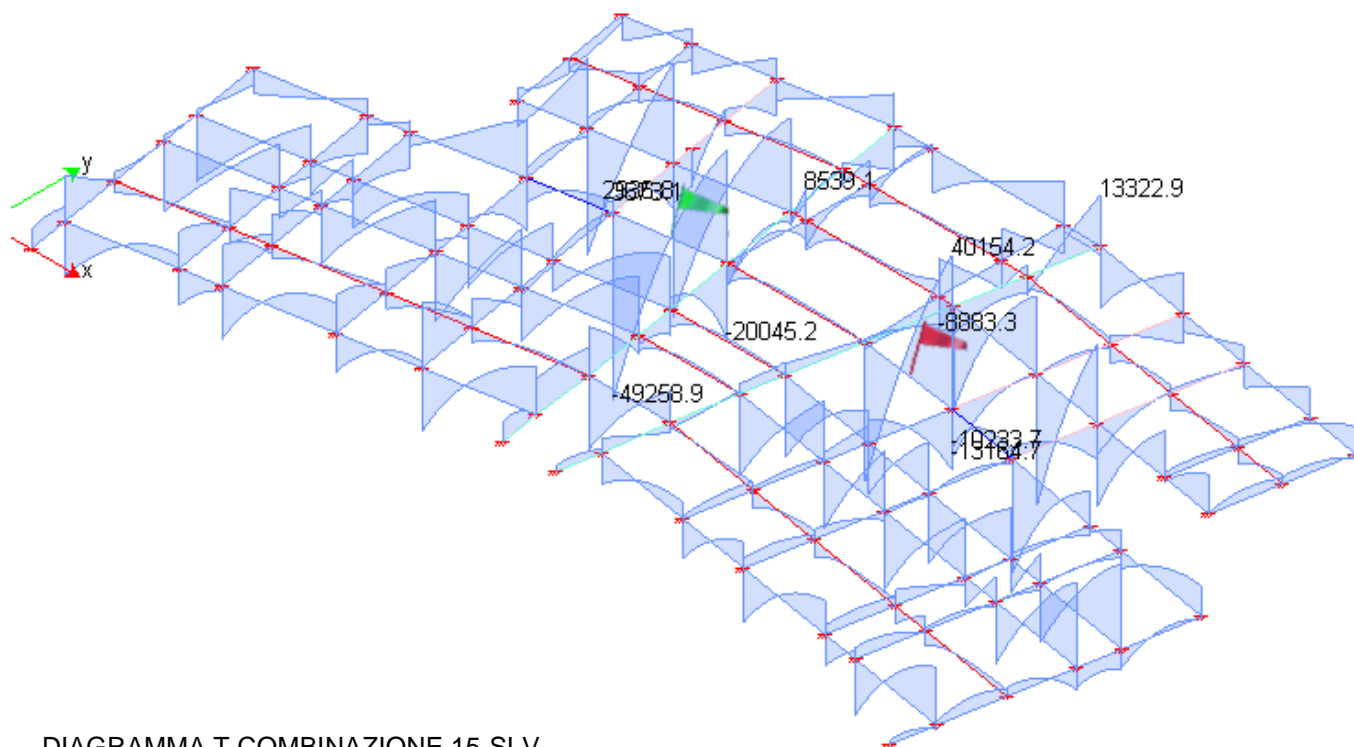
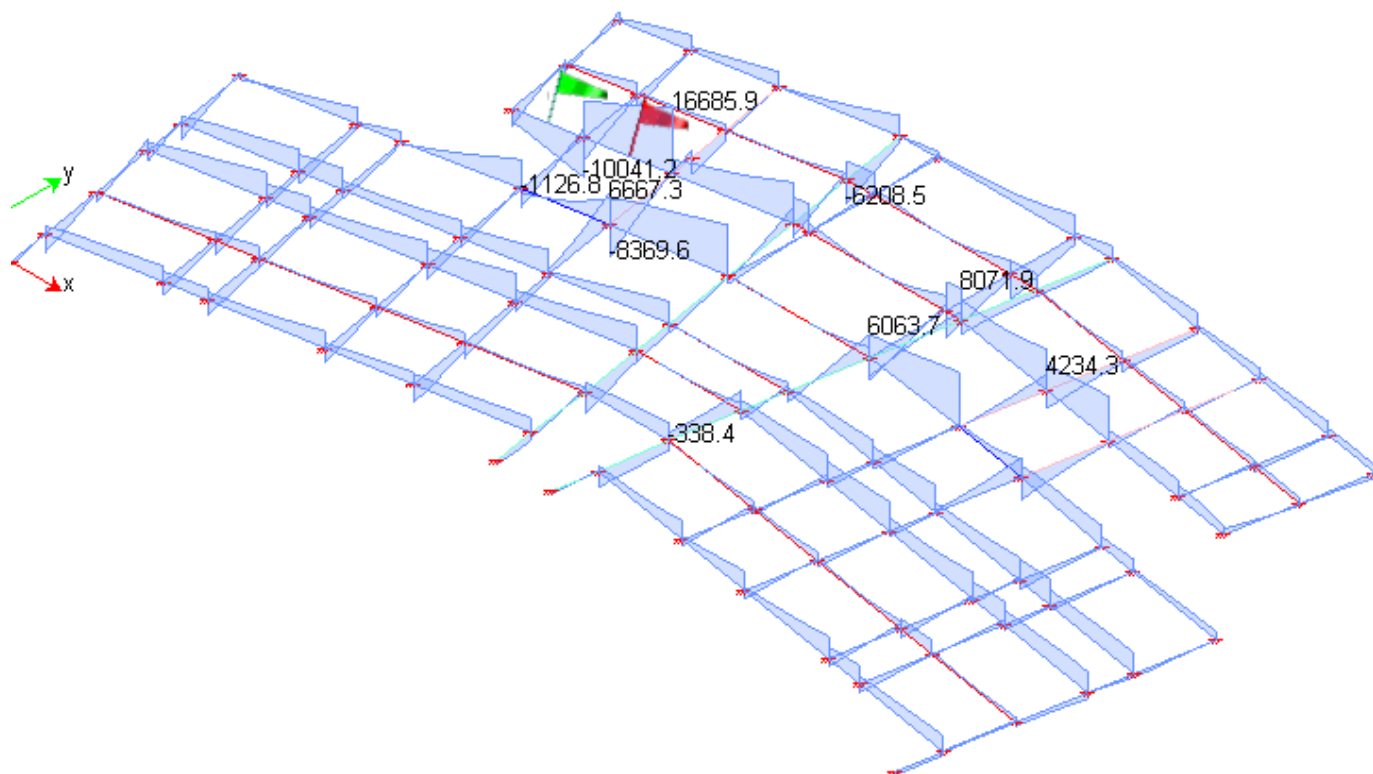


DIAGRAMMA T COMBINAZIONE 15-SLV



NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

DIAGRAMMA M COMBINAZIONE 15-SLV

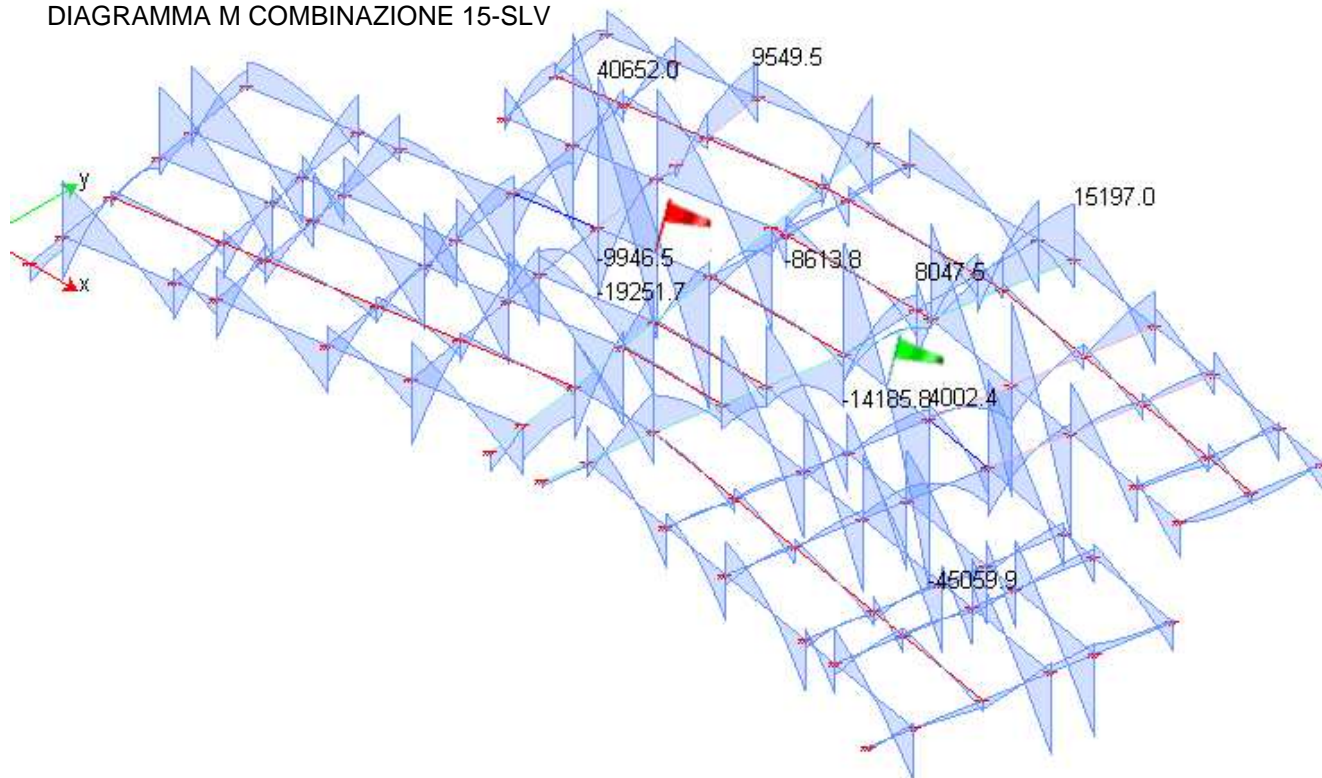
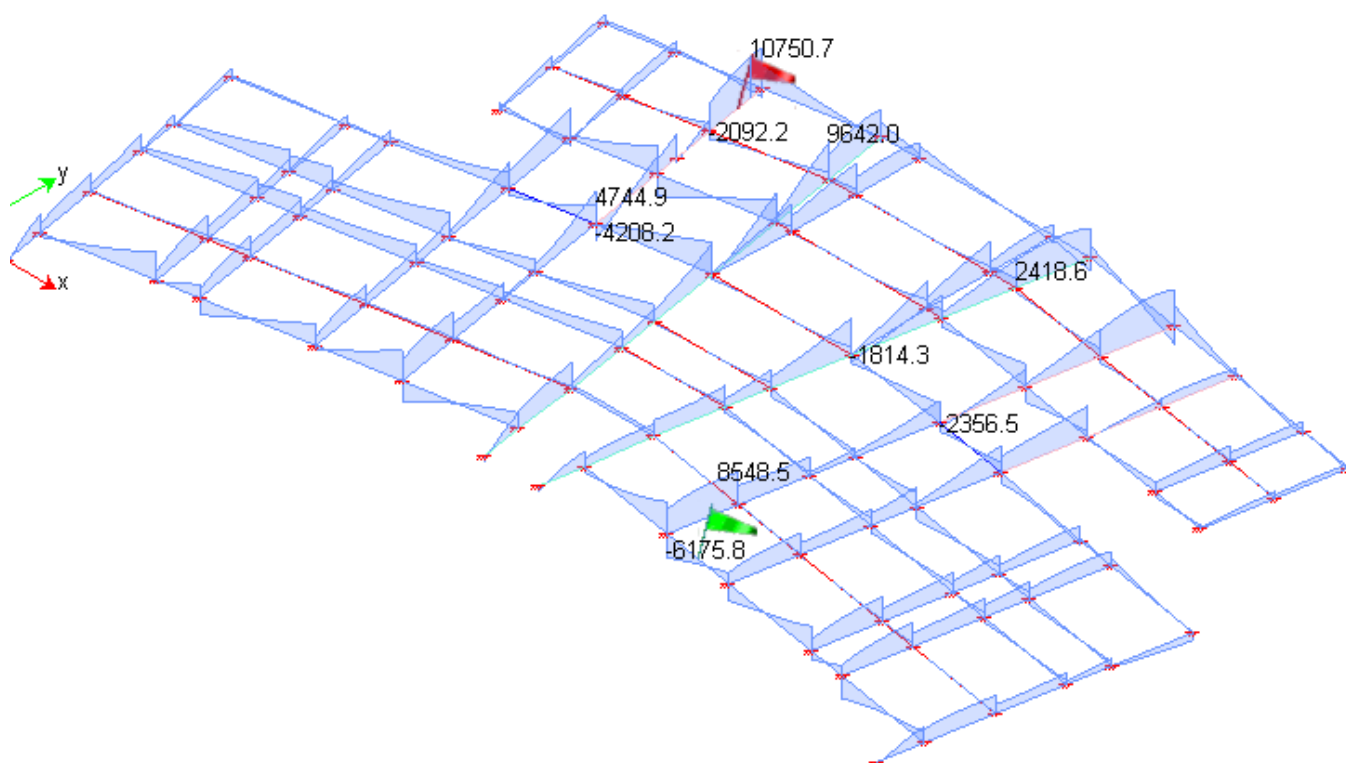


DIAGRAMMA T COMBINAZIONE 18-SLV



NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

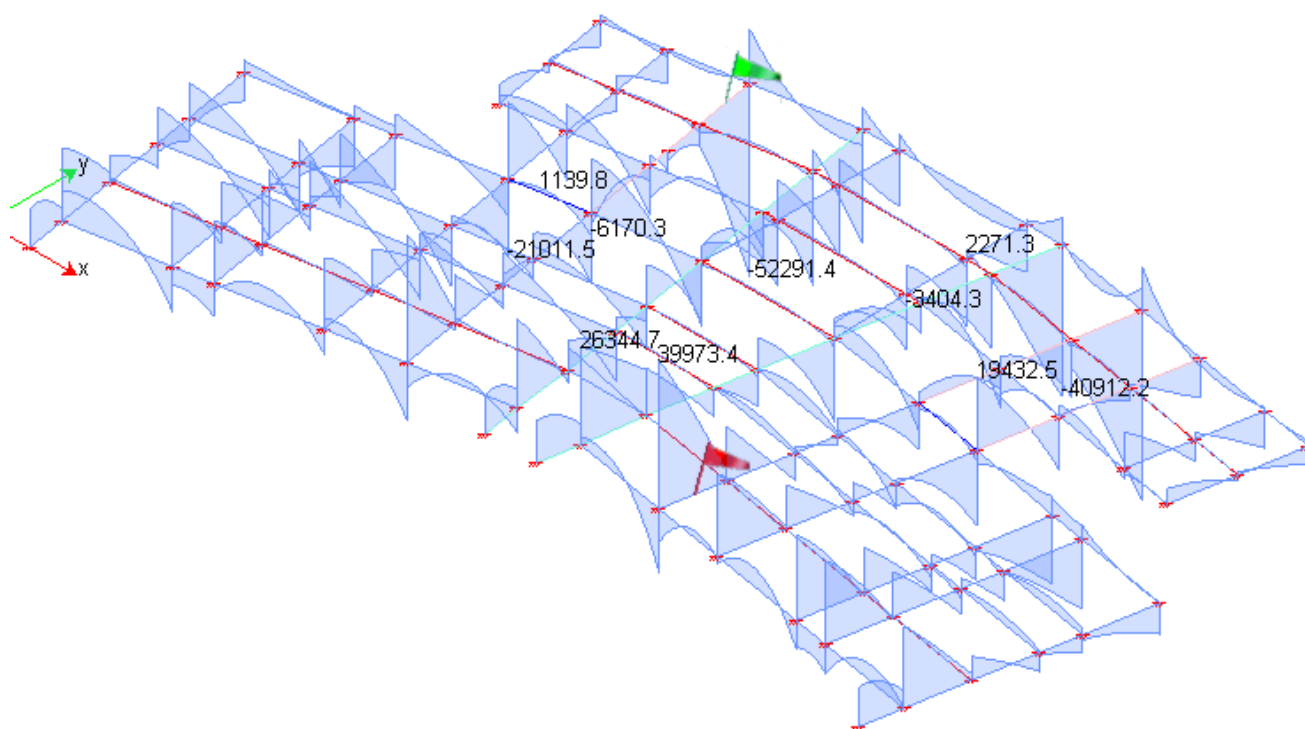
viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

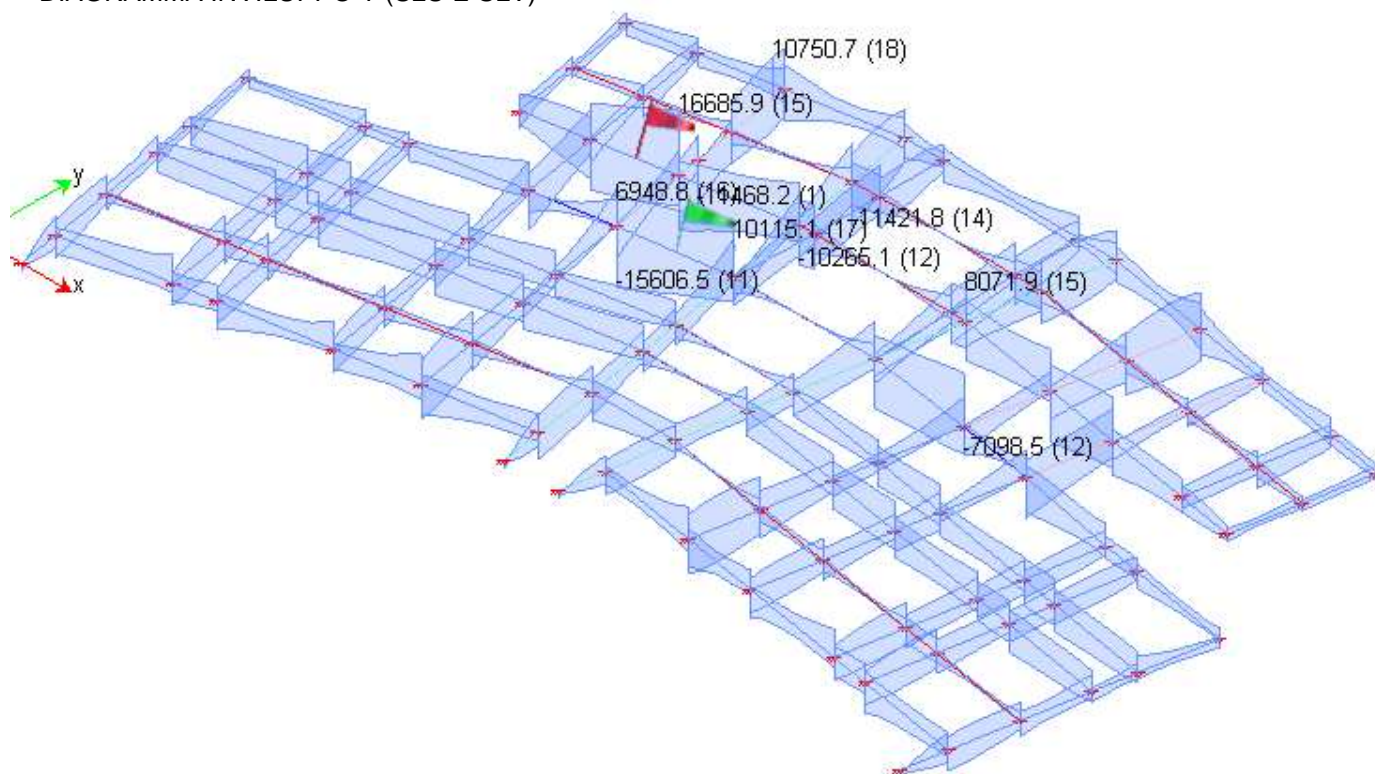
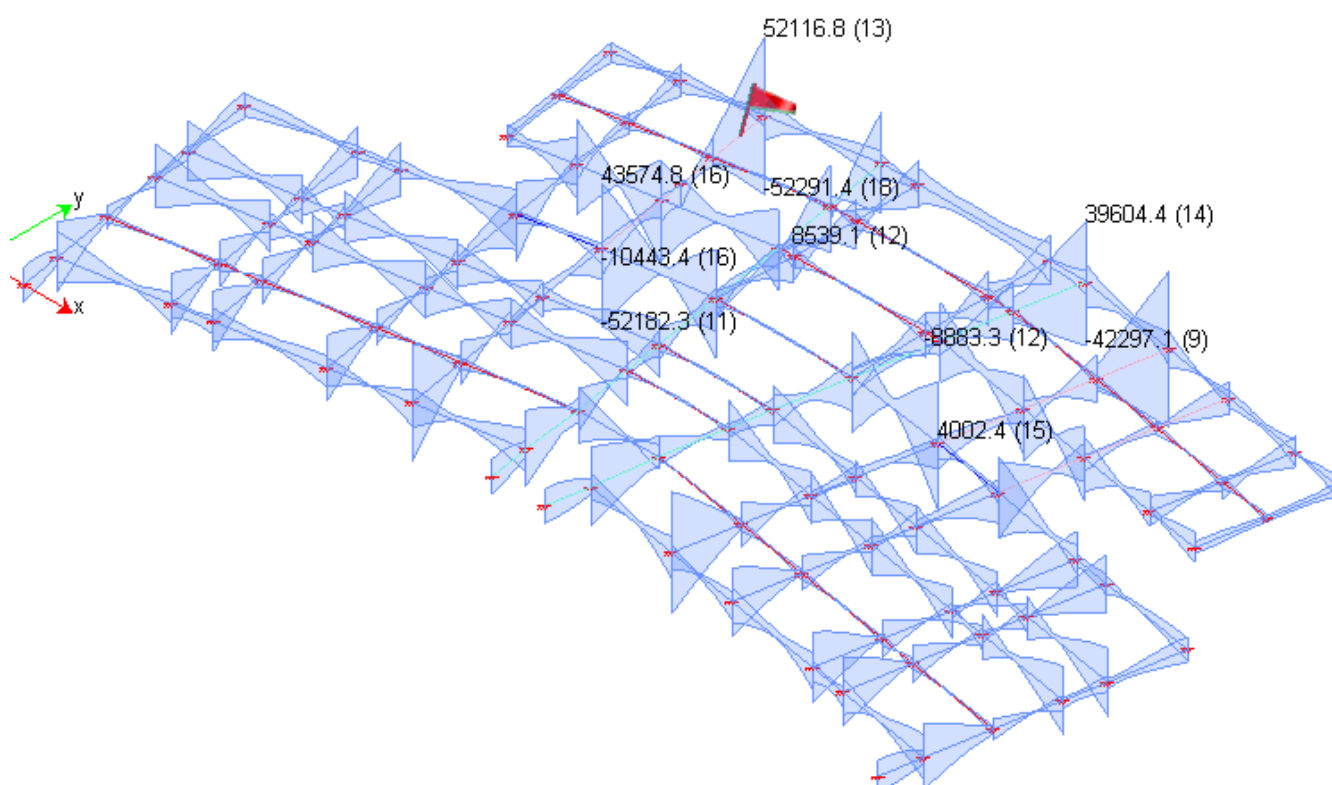
**PROGETTO ESECUTIVO**

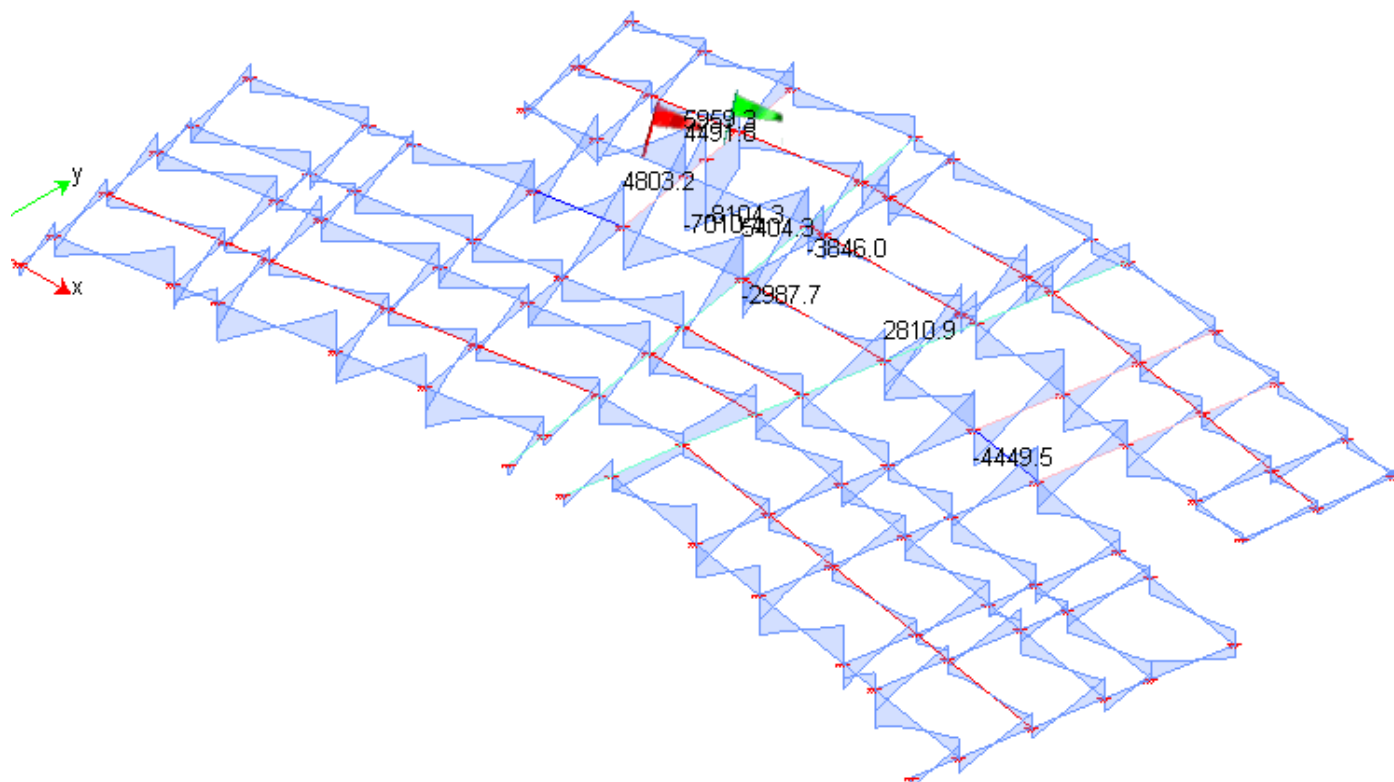
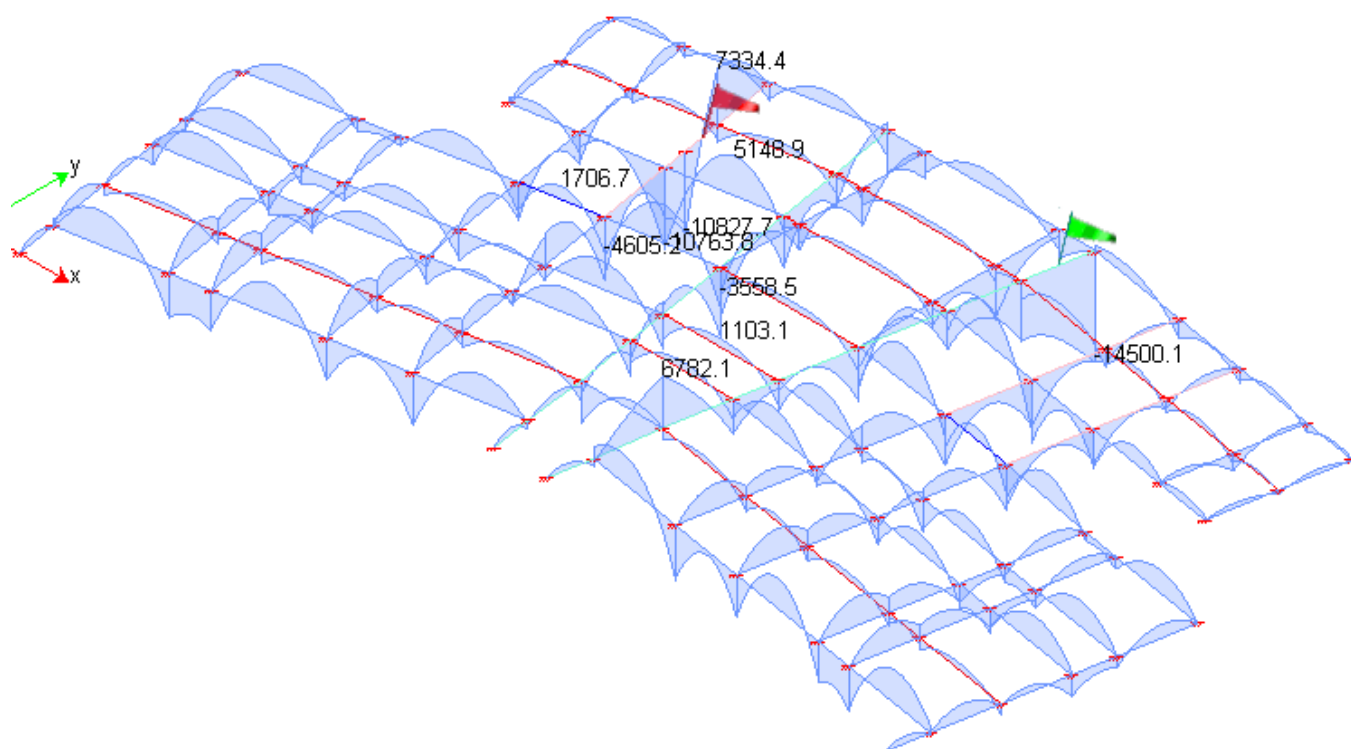
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

DIAGRAMMA M COMBINAZIONE 18-SLV



**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**
**DIAGRAMMA INVILUPPO T (SLU E SLV)**

**DIAGRAMMA INVILUPPO M (SLU E SLV)**


**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**
**DIAGRAMMA INVILUPPO T (SLE)**

**DIAGRAMMA INVILUPPO M (SLE)**


NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

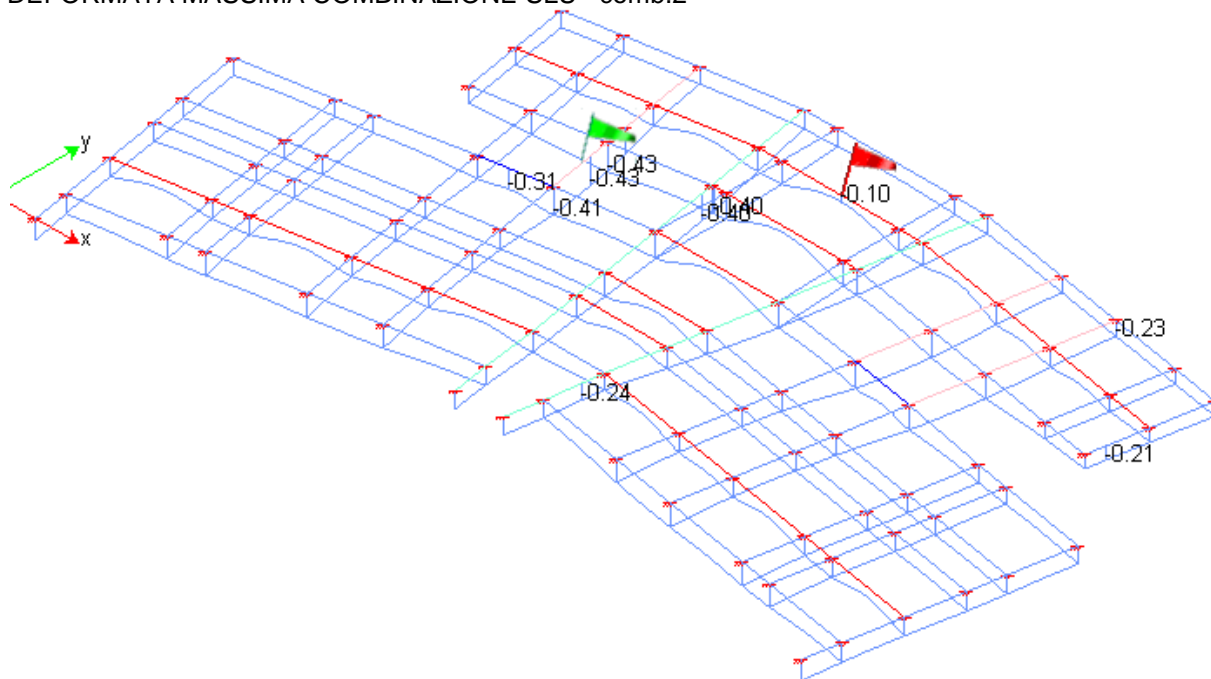
viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

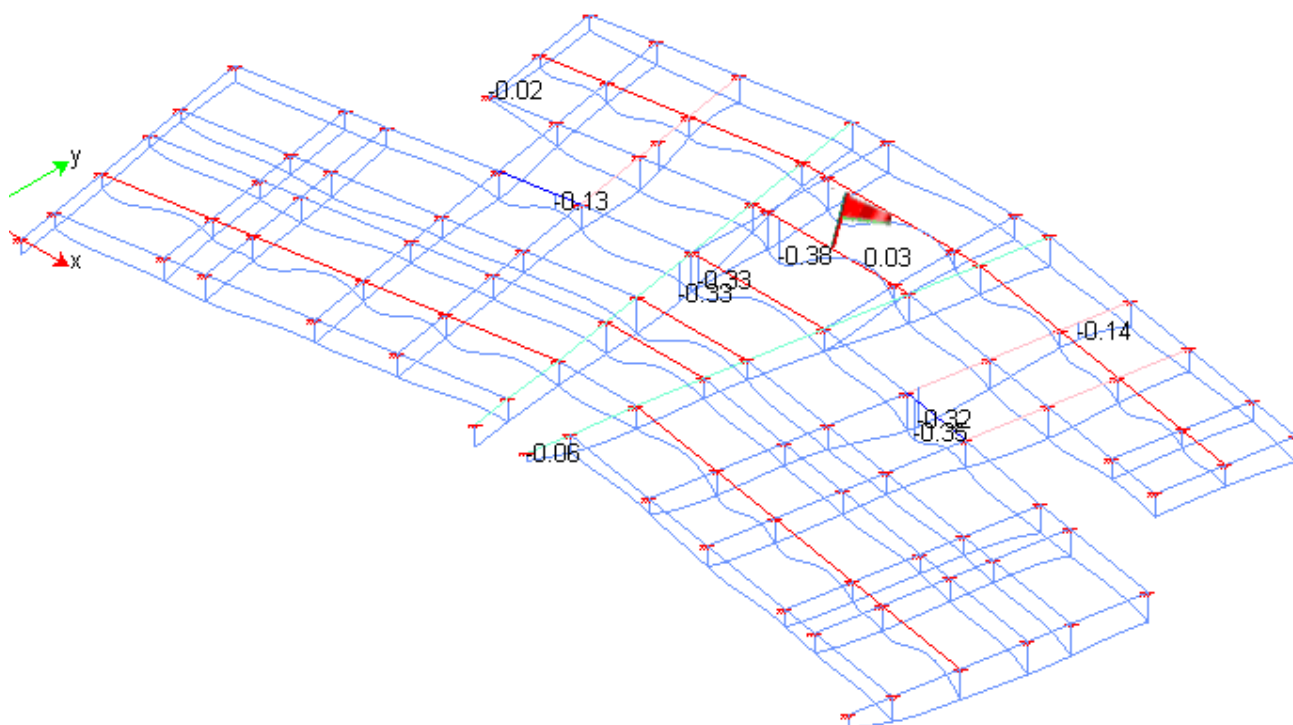
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

2.2.J.2-DEFORMATE DELLA STRUTTURA

DEFORMATA MASSIMA COMBINAZIONE SLU –comb.2



DEFORMATA MASSIMA COMBINAZIONE SLV –combinazione 11



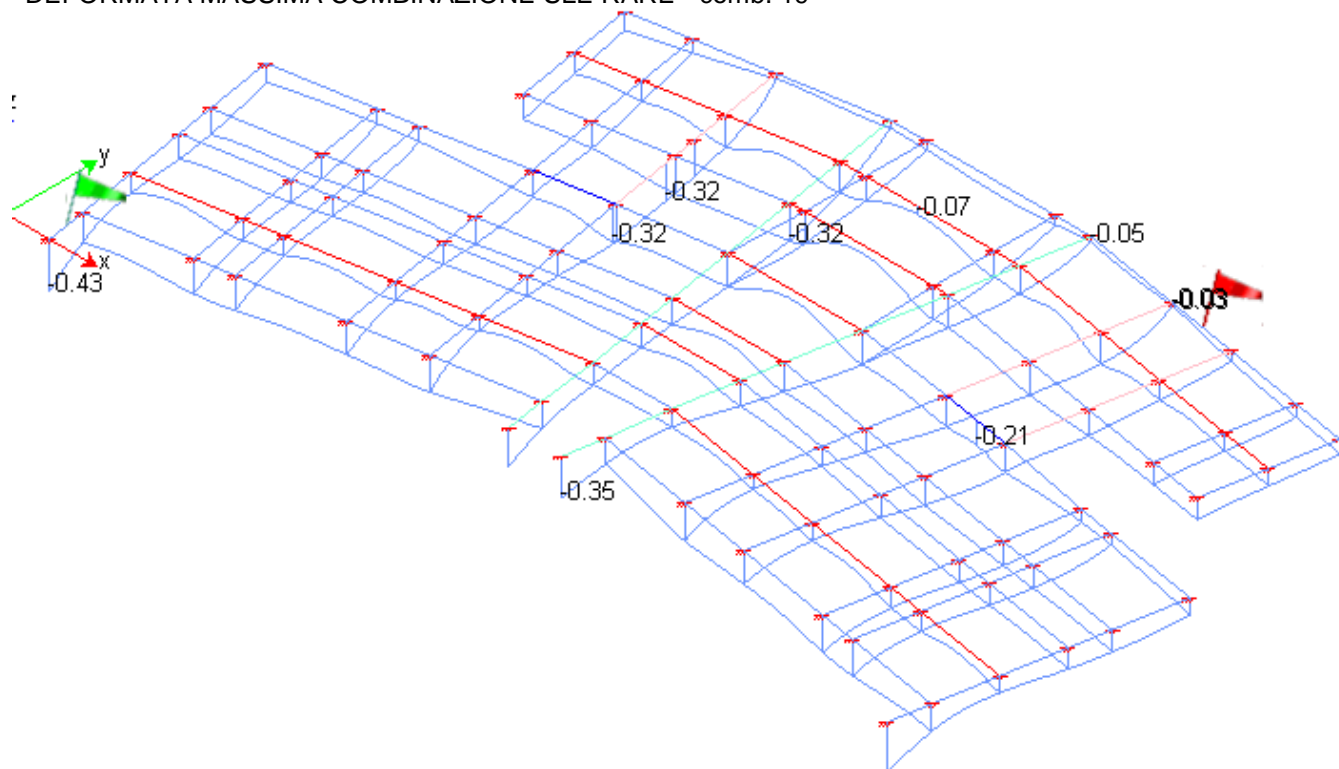
**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

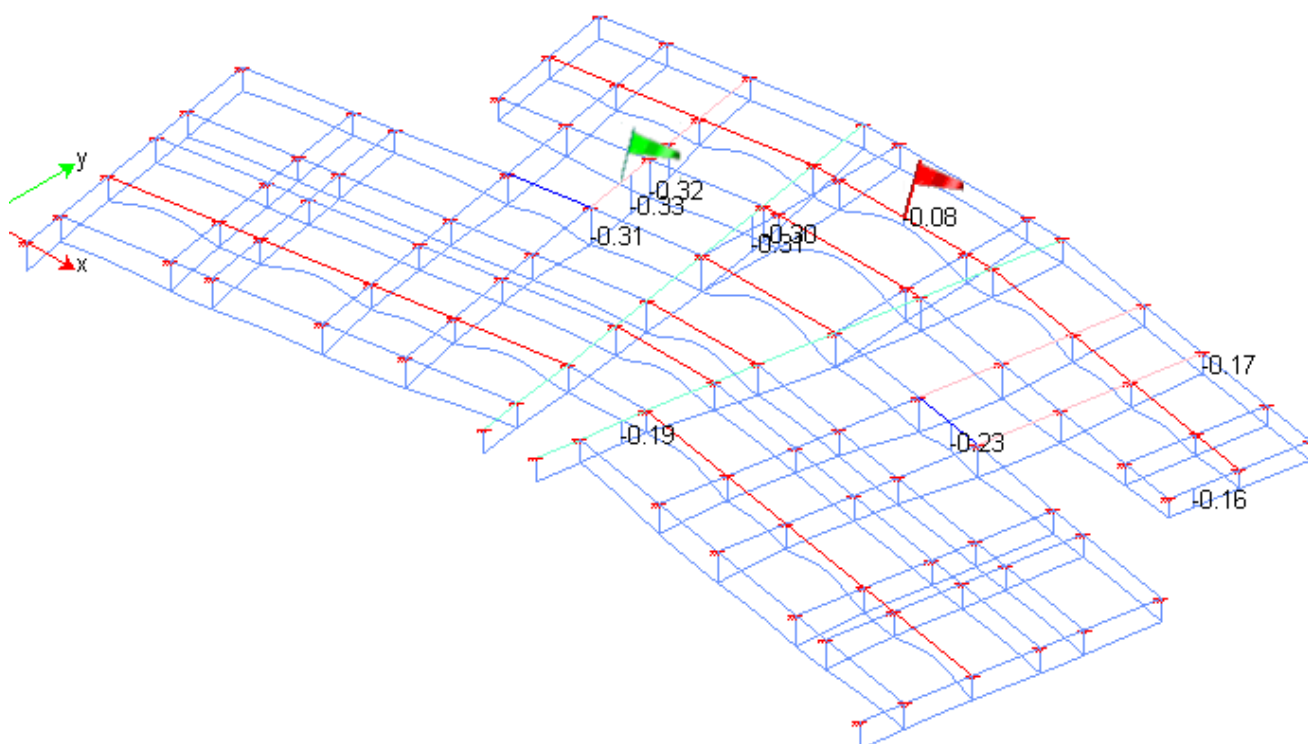
**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

**DEFORMATA MASSIMA COMBINAZIONE SLE RARE - comb. 19**



**DEFORMATA MASSIMA COMBINAZIONE SLE FREQUENTI - comb. 21**



NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

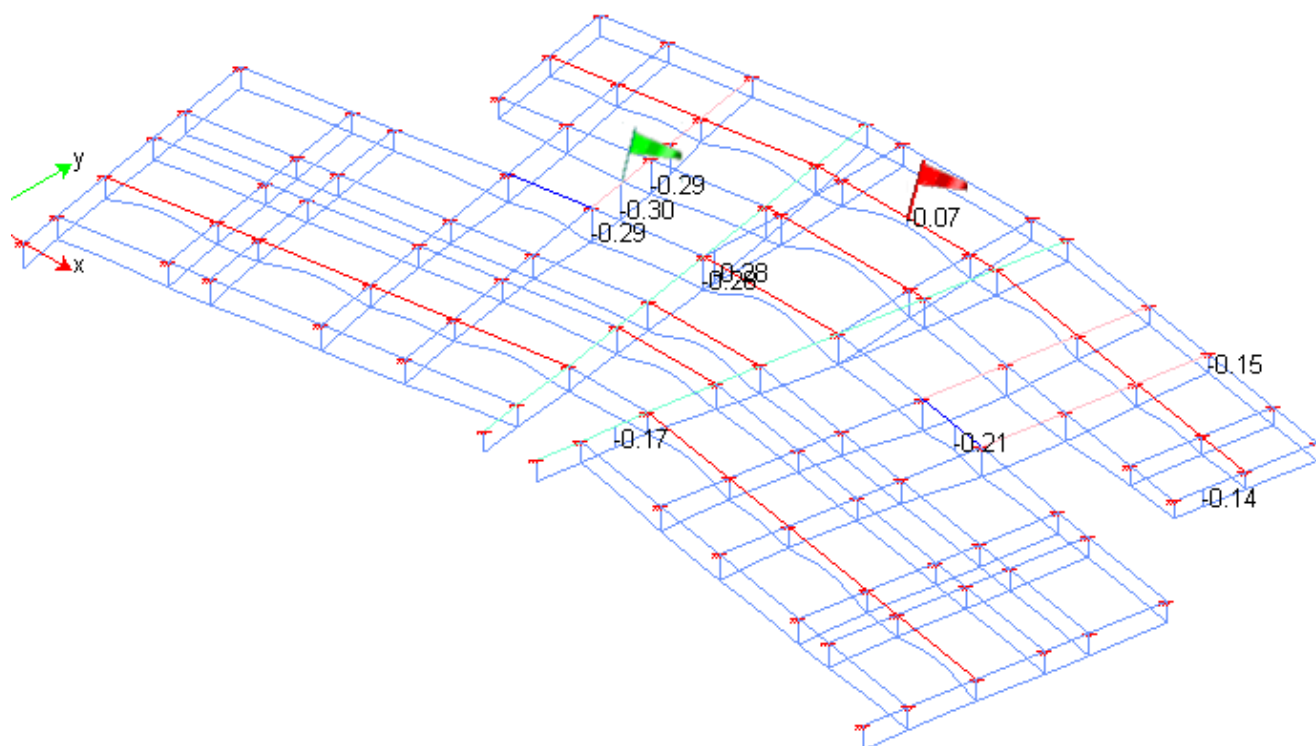
viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

DEFORMATA MASSIMA COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE- comb. 23



**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**
**2.2.J.5.SINTESI DELLE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**
**SINTESI VERIFICA SULLE TRAVI DI FONDAZIONE**


Elemento	Sezione	≤70%	≤75%	≤80%	≤85%	≤90%	≤95%	≤99%	≤100%
Trave di fondazione	1 a Tr D.B. B 80 [cm] H 90 [cm] b 30 [cm] h 30 [cm] Terreno numero 1	59	8	12	16	5	7	6	0
	2 a Tr D.B. B 100 [cm] H 90 [cm] b 70 [cm] h 30 [cm] Terreno numero 1	13	1	1	0	1	0	0	0
	3 Rett. CORDOLO D.B. B 50 [cm] H 30 [cm] Terreno numero 1	18	3	3	0	1	1	0	0
	4 Rett. CORDOLO1 D.B. B 80 [cm] H 30 [cm] Terreno numero 1	0	0	1	0	0	1	0	0
	5 a Tr D.B. B 80 [cm] H 90 [cm] b 40 [cm] h 30 [cm] Terreno numero 1	3	2	0	1	0	3	1	0

NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

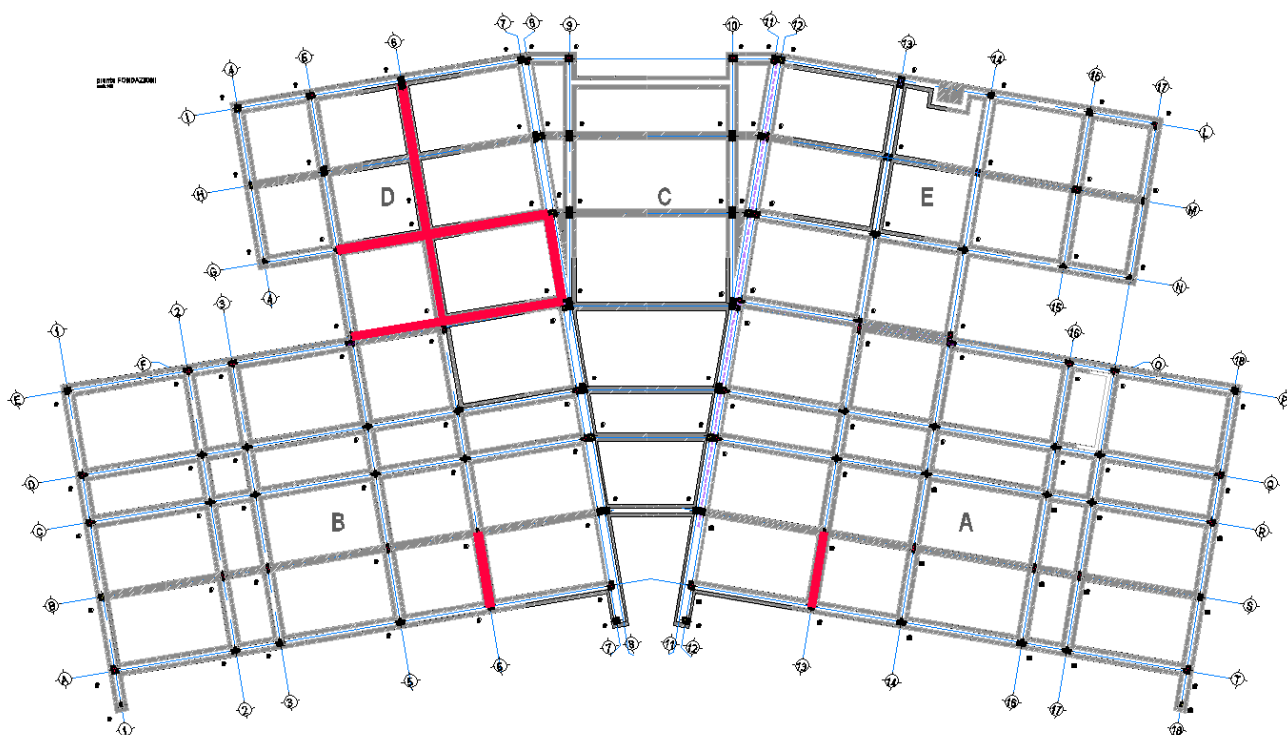
---

**Riepilogo verifiche effettuate sulle travi di fondazione:**

- verifica agli SLU e SLV – Verifica a pressoflessione deviata N/M -
- verifica agli SLU e SLV – Verifica a taglio V/T lato cls -
- verifica agli SLU e SLV – Verifica a taglio V/T acciaio -
  
- verifica agli SLE –comb. Rara - verifica delle tensioni sul calcestruzzo
- verifica agli SLE –comb. Rara - verifica delle tensioni sull'acciaio
  
- verifica agli SLE –comb. Frequenti - verifica delle tensioni sul calcestruzzo
- verifica agli SLE –comb. Rara - verifica delle tensioni sull'acciaio
  
- verifica agli SLE –comb. quasi permanenti - verifica delle tensioni sul calcestruzzo
- verifica agli SLE –comb. quasi permanenti - verifica delle tensioni sull'acciaio sul calcestruzzo
  
- verifica agli SLE –comb. Frequente e quasi permanenti-controllo apertura delle fessure secondo i criteri esplicitati nella tabella 4.1.IV NTC08

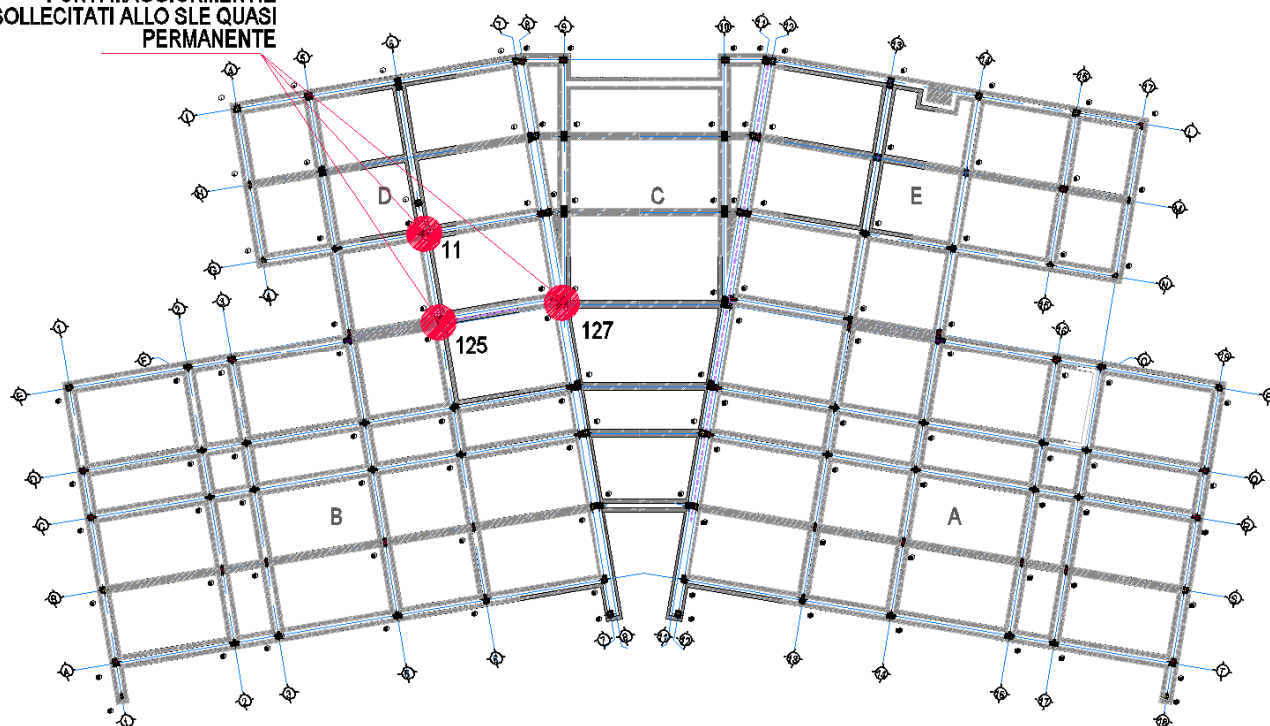
**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**
**VERIFICHE GEOTECNICHE**

La verifica allo stato limite ultimo è stata valutata nelle zone con i carichi al piede maggiori, ovvero:



Il controllo dei cedimenti nella condizione SLE quasi permanente è stata valutata nei tre nodi con le sollecitazioni maggiori, ovvero:

**PUNTI MAGGIORMENTE  
SOLLECITATI ALLO SLE QUASI  
PERMANENTE**



**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

## Verifiche dei cedimenti

### METODO DI BURLAND E BURBIDGE

Il metodo suggerito da Burland e Burbidge (1985) si basa sull'assunzione che il cedimento  $w$  di una fondazione nastriforme e superficiale, fondata su terreno a grana grossa si possa rappresentare con la seguente espressione:

$$W / ZI = q' * I_c$$

Dove  $ZI$  è lo spessore della zona di influenza, all'interno della quale si hanno le deformazioni significative, mentre  $I_c$  rappresenta un indice di compressibilità

E' stato correlato l'indice di compressibilità  $I_c$  al risultato di  $N$  prove penetrometriche dinamiche

$$I_c = 1.7 / N(1,4)$$

Mentre lo spessore della zona di influenza  $ZI$  è legato alla dimensione  $B$  della trave di fondazione e si ha:

$$ZI = B(0,7)$$

Nel caso in oggetto si ha:

-la componente verticale del carico di fondazione, valutato nella condizione SLE quasi permanente vale

$$N = 17275 \text{ Kg (nodo 125)}$$

$$N = 16771 \text{ Kg (nodo 127)}$$

$$N = 13974 \text{ Kg (nodo 11)}$$

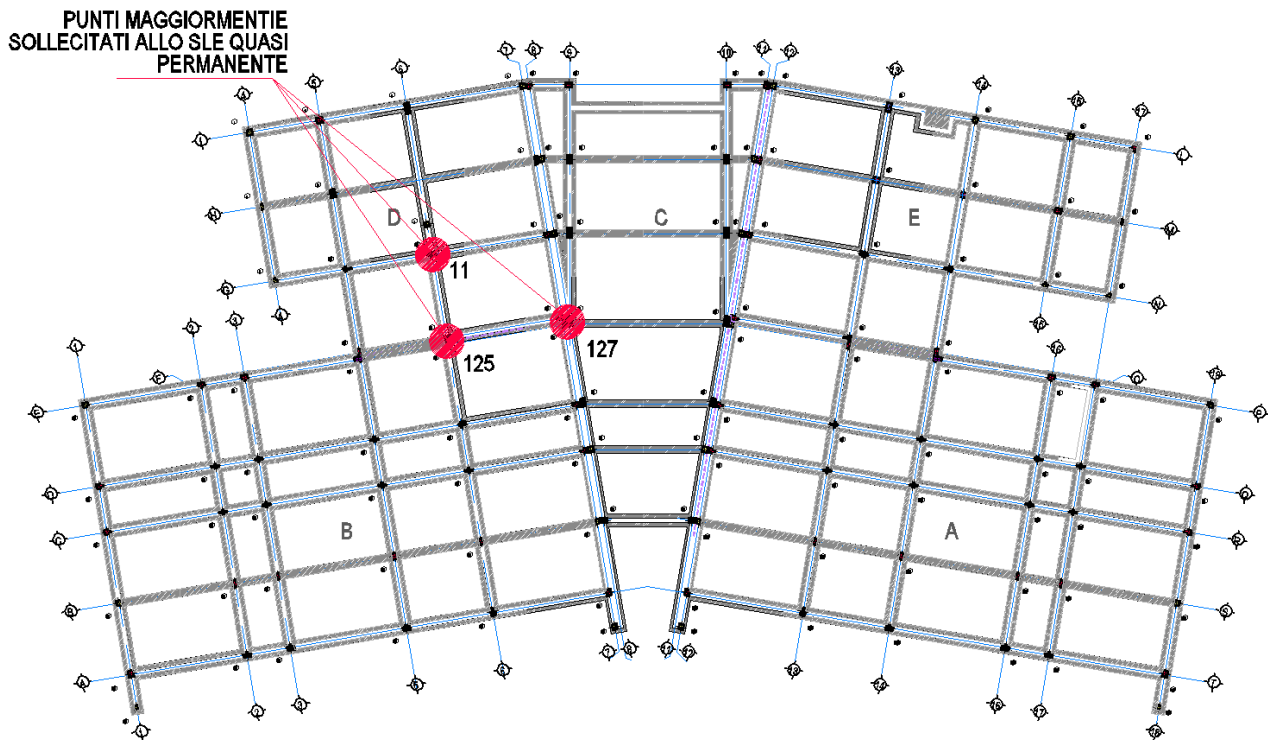
-i cedimenti previsti vengono stimati a fine costruzione e al tempo  $t=30$  anni

NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI



$B=0,8\text{m}$

Si assume una lunghezza Lunitaria, quindi  $L=1\text{m}$

$ZI = B(0,7) = 0,8 (0,7) = 0,86\text{m}$

$z. \text{effettiva} = 0,86 + 1,95 = 2,81\text{ m}$

Alla profondità  $z=2,81\text{m}$  si ha  $N_{av} = 8 \text{ colpi}/10\text{cm}$

$q = N/(0,8*1) = 17275 \text{ Kg} / (0,8*1) = 216 \text{ KPa}$

$\sigma'_{vo} = \gamma * D = 17,7*1,95 = 34,515$

$l_c = 1,71 / N_{av} (1,4) = 1,71 / 8(1,4) = 0.09$

$F_s = (1,25*L/B) / (0,25+L/B) = (1,25*1/0.8) / (0,25+L/B) = 1,56 / 1.50 = 1,04$

$F_t = (1+R_3+R \log(t/3)) = 1+0.3+0.3 * \log(30/3) = 1.5$

Si ha quindi :

-  $W_o$  (cedimento fine costruzione) =  $f_s * ((q-2/3 * \sigma'_{vo}) B(0,7) * l_c) = 1,04 * ((216 - 2/3 * 34,515)*0.86*0.09) = 15.53\text{mm}$

-  $W_{30}$  (cedimento a 30 anni) =  $W_o * f_t = 1,5 * 14\text{mm} = 23.3 \text{ mm}$

-  $W_{50}$  (cedimento a 50 anni) =  $W_o * f_t = 1,5 * 14\text{mm} = 23.3 \text{ mm}$

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

Il cedimento massimo , secondo la teoria di BURLAND E BURBIDGE si manifesta a 30 anni. Il valore può quindi ritenersi valido anche al tempo  $t = 50$  anni.

L'Eurocodice 7 e le NTC2008 richiedono che la scelta tipologica e il dimensionamento delle fondazioni siano tali da garantire, oltre ad adeguati margini di sicurezza nei confronti dei possibili stati limite ultimi, la funzionalità della sovrastruttura , limitando i cedimenti delle fondazioni entro valori accettabili.

A tale scopo richiedono che il progetto espliciti il calcolo dei cedimenti.

Al punto 6.4.2.2.delle NTC2008 si prescrive il calcolo dei cedimenti allo SLE ma non vengono forniti i valori limite per valutare la correttezza dei cedimenti calcolati.

Sono quindi stati confrontati i risultati ottenuti con i valori limite proposti da Sowers (1962) e indicati di seguito.

*Tabella 16.5 - Valori ammissibili di alcuni parametri di deformazione delle strutture secondo Sowers (1962)*

<i>Tipo di movimento</i>	<i>Fattore di limitazione</i>	<i>Valore ammissibile</i>
	Collegamento a reti di servizi	15÷30
	Accessibilità	30÷60
Cedimento massimo	Probabilità di cedimenti differenziali in:	
$\rho_{max}$ (cm)	a) murature portanti	2,5÷5
	b) strutture intelaiate	5÷10
	c) ciminiere, silos	7,5÷30

I valori ottenuti sono pienamente accettabili , anche in rapporto alla tipologia costruttiva adottata e non pregiudicano la funzionalità del manufatto.

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

## Verifica della capacità portante

*Verifiche combinazioni di carico statiche*

*Verifica in condizioni drenate*

*Dati terreno*

Terreno	strato 2
Angolo d'attrito $\varphi$	34.00 [°]
Coesione $c$	0.2 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Coesione non drenata $c_u$	0.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Carico addizionale di superficie $q$	0.0 [kg/m <sup>2</sup> ]
Profondità $D$	1.00 [m]
Peso proprio terreno $\gamma$	1770.0 [kg/m <sup>3</sup> ]

*Fattori parziale di sicurezza del terreno verifiche a scorrimento*

$\gamma R_{Scor}$	1.000
$k_1$ fattore riduzione di $\varphi$	0.667
$k_2$ fattore riduzione di $c$	0.600
$k_3$ fattore riduzione di $c_u$	0.600

*Fattori parziale di sicurezza del terreno*

$\gamma_t \gamma_\varphi$	1.000
$\gamma_c$	1.000
$\gamma_{cu}$	1.000

*Fattori parziale di sicurezza*

Verifica di capacità portante	2.300
Verifica a scorrimento	1.100

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

**Verifiche**

<i>Legenda</i>	
<i>Beq</i>	<i>Base del plinto equivalente</i>
<i>Heq</i>	<i>Altezza del plinto equivalente</i>
<i>HTrasporto</i>	<i>Quota azioni esterne rispetto alla sezione di verifica</i>
<i>Comb.</i>	<i>Combinazione di carico</i>
<i>N</i>	<i>Azione verticale</i>
<i>Mx</i>	<i>Momento flettente Mx</i>
<i>My</i>	<i>Momento flettente My</i>
<i>QEd</i>	<i>Carico verticale di progetto</i>
<i>QRd,T</i>	<i>Capacità portante Terzaghi</i>
<i>QRd,M</i>	<i>Capacità portante Mejerhoff</i>
<i>QRd,EC7</i>	<i>Capacità portante EuroCodice 7</i>
<i>QRd,V</i>	<i>Capacità portante Vesic</i>

**Sono state aggiunte alla tabella due colonne con:**

**-Qr minimo tra:**

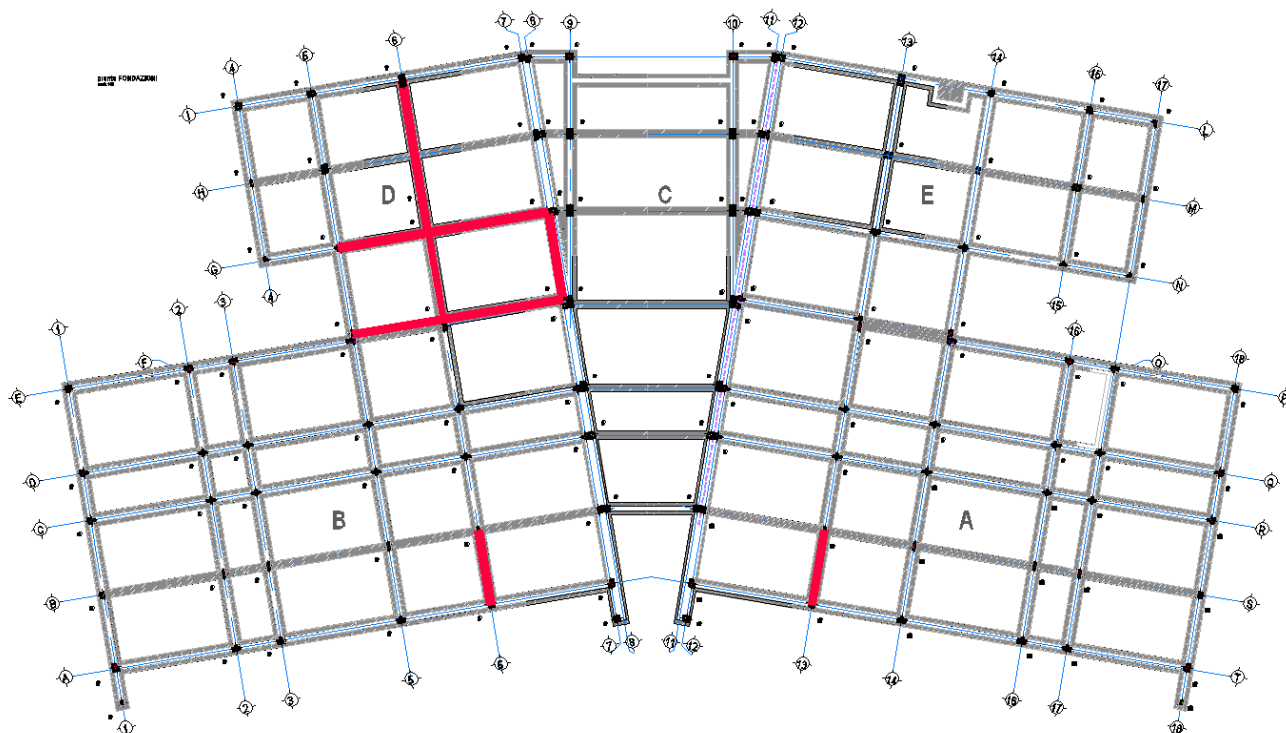
<b>QRd,T</b>
<b>QRd,M</b>
<b>QRd,EC7</b>
<b>QRd,V</b>

**-Rapporto (QR. Minimo / Qed)**

**E' stato poi evidenziato il valore minore nella colonna del rapporto (QR. Minimo / Qed)**

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

Si riportano i valori del carico limite nelle situazioni più sfavorevoli, individuate nella pianta:



Elemento	B <sub>Eq</sub>	H <sub>Eq</sub>	H <sub>Trasporto</sub>	Comb.	N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd,T</sub>	Q <sub>Rd,M</sub>	Q <sub>Rd,EC7</sub>	Q <sub>Rd,V</sub>	Q <sub>R</sub> Minore	Q <sub>R</sub> Minore/ Q <sub>ed</sub>
	[m]	[m]	[m]		[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
134,136	1	4.8	0.9	1	28756	-2117	0	28756	338807	336965	256071	305197	256071	8.90
				2	28292	-1237	0	28292	338807	340777	259147	308802	259147	9.16
				3	22046	-108	0	22046	338807	345723	263137	313480	263137	11.94
				4	20847	-763	0	20847	338807	341682	259877	309658	259877	12.47
				5	22012	1038	0	22012	338807	340334	258789	308383	258789	11.76
				6	20955	2235	0	20955	338807	332748	252669	301210	252669	12.06
				7	19619	761	0	19619	338807	341406	259654	309397	259654	13.23
				8	18741	-1259	0	18741	338807	337781	256730	305969	256730	13.70
				9	19782	-4330	0	19782	338807	318446	241130	287685	241130	12.19
				10	18493	-3457	0	18493	338807	322517	244414	291534	244414	13.22
				11	22530	26	0	22530	338807	346203	263525	313934	263525	11.70
				12	21038	-781	0	21038	338807	341617	259825	309597	259825	12.35
				13	4836	1700	0	4836	338807	301539	227489	271696	227489	47.04
				14	3475	3270	0	3475	338807	226381	166851	200620	166851	48.01
				15	1604	1365	0	1604	338807	237917	176159	211530	176159	109.81
				16	528	-1304	0	528	338807	4935	4566	4713	4566	8.66

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				17	1061	-3944	0	1061	338807	95380	95355	310430	95355	89.86
				18	301	-4224	0	30120	338807	338807	338804	338807	338804	11.25
				19	18493	-3457	0	18493	338807	322517	244414	291534	244414	13.22
				20	22032	-2455	0	22032	338807	332145	252182	300639	252182	11.45
				21	21497	-889	0	21497	338807	341078	259389	309087	259389	12.07
				22	20765	-785	0	20765	338807	341529	259754	309514	259754	12.51
				23	20301	-731	0	20301	338807	341759	259939	309731	259939	12.80
130,134	1	4.8	0.9	1	32848	-1068	0	32848	338807	342202	260297	321750	260297	7.92
				2	31109	-930	0	31109	338807	342538	260567	322079	260567	8.38
				3	22604	-230	0	22604	338807	345051	262595	324540	262595	11.62
				4	22729	-490	0	22729	338807	343603	261426	323121	261426	11.50
				5	21341	-389	0	21341	338807	344024	261766	323534	261766	12.27
				6	19581	-738	0	19581	338807	341545	259766	321106	259766	13.27
				7	20337	-1059	0	20337	338807	339712	258287	319311	258287	12.70
				8	21510	-980	0	21510	338807	340543	258958	320125	258958	12.04
				9	24674	-186	0	24674	338807	345390	262868	324871	262868	10.65
				10	23331	-700	0	23331	338807	342525	260557	322066	260557	11.17
				11	22827	-129	0	22827	338807	345629	263061	325105	263061	11.52
				12	22977	-440	0	22977	338807	343908	261673	323420	261673	11.39
				13	3309	-333	0	3309	338807	333518	253290	313246	253290	76.56
				14	1093	-831	0	1093	338807	249343	185377	230824	185377	169.67
				15	1877	-1216	0	1877	338807	263754	197004	244936	197004	104.98
				16	3446	-1071	0	3446	338807	306746	231690	287032	231690	67.23
				17	6316	-503	0	6316	338807	336204	255457	315876	255457	40.45
				18	5903	-653	0	5903	338807	332242	252260	311997	252260	42.74
				19	23331	-700	0	23331	338807	342525	260557	322066	260557	11.17
				20	25420	-513	0	25420	338807	343774	261565	323289	261565	10.29
				21	23513	-664	0	23513	338807	342746	260735	322283	260735	11.09
				22	22584	-622	0	22584	338807	342840	260811	322374	260811	11.55
				23	22047	-622	0	22047	338807	342751	260740	322288	260740	11.83
128,126	0.8	7.71	0.9	1	42081	428	0	42081	421427	426216	309322	375049	309322	7.35
				2	40759	-172	0	40759	421427	426834	309784	375603	309784	7.60
				3	28302	440	0	28302	421427	425655	308904	374546	308904	10.91
				4	28493	950	0	28493	421427	423810	307527	372892	307527	10.79
				5	28653	-603	0	28653	421427	425086	308479	374036	308479	10.77
				6	28761	-1571	0	28761	421427	421596	305875	370908	305875	10.64
				7	29855	-893	0	29855	421427	424164	307791	373209	307791	10.31

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				8	30037	-391	0	30037	421427	425920	309102	374784	309102	10.29
				9	29230	1043	0	29230	421427	423564	307343	372672	307343	10.51
				10	29718	660	0	29718	421427	424966	308389	373928	308389	10.38
				11	28036	589	0	28036	421427	425090	308482	374039	308482	11.00
				12	28202	1238	0	28202	421427	422712	306707	371908	306707	10.88
				13	6161	-1572	0	6161	421427	400760	290324	352232	290324	47.12
				14	6436	-2667	0	6436	421427	384203	277968	337391	277968	43.19
				15	7699	-1981	0	7699	421427	400528	290151	352024	290151	37.68
				16	7853	-1341	0	7853	421427	409522	296864	360086	296864	37.80
				17	6654	564	0	6654	421427	418467	303539	368103	303539	45.62
				18	7307	22	0	7307	421427	426956	309875	375712	309875	42.41
				19	29718	660	0	29718	421427	424966	308389	373928	308389	10.38
				20	31591	457	0	31591	421427	425769	308989	374649	308989	9.78
				21	30710	64	0	30710	421427	427058	309951	375804	309951	10.09
				22	29660	107	0	29660	421427	426897	309831	375659	309831	10.45
				23	29183	26	0	29183	421427	427181	310042	375913	310042	10.62
126,124	0.8	5.6	0.9	1	30822	496	0	30822	306290	316218	227230	276453	227230	7.37
				2	29911	615	0	29911	306290	315753	226884	276037	226884	7.59
				3	22157	-42	0	22157	306290	317694	228332	277777	228332	10.31
				4	22181	42	0	22181	306290	317692	228330	277774	228330	10.29
				5	21558	85	0	21558	306290	317479	228171	277584	228171	10.58
				6	21089	262	0	21089	306290	316598	227514	276794	227514	10.79
				7	20523	590	0	20523	306290	314904	226250	275276	226250	11.02
				8	20545	674	0	20545	306290	314480	225933	274896	225933	11.00
				9	21632	363	0	21632	306290	316146	227177	276389	227177	10.50
				10	21144	554	0	21144	306290	315166	226445	275510	226445	10.71
				11	22420	-121	0	22420	306290	317332	228062	277452	228062	10.17
				12	22488	-75	0	22488	306290	317543	228219	277641	228219	10.15
				13	5914	79	0	5914	306290	316506	227445	276711	227445	38.46
				14	5274	309	0	5274	306290	311794	223928	272488	223928	42.46
				15	4553	664	0	4553	306290	302728	217163	264362	217163	47.70
				16	4618	710	0	4618	306290	301904	216548	263623	216548	46.90
				17	6133	224	0	6133	306290	314090	225642	274546	225642	36.79
				18	5469	478	0	5469	306290	308811	221702	269814	221702	40.54
				19	21144	554	0	21144	306290	315166	226445	275510	226445	10.71
				20	23103	301	0	23103	306290	316533	227466	276736	227466	9.85
				21	22497	379	0	22497	306290	316141	227173	276384	227173	10.10

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				22	21698	314	0	21698	306290	316387	227357	276605	227357	10.48
				23	21346	318	0	21346	306290	316343	227324	276565	227324	10.65
125,11	0.8	5.6	0.9	1	33406	859	0	33406	306291	315221	226486	275559	226486	6.78
				2	31798	542	0	31798	306291	316118	227156	276364	227156	7.14
				3	23019	416	0	23019	306291	316013	227077	276269	227077	9.86
				4	23286	714	0	23286	306291	314706	226102	275098	226102	9.71
				5	22509	-186	0	22509	306291	317031	227837	277182	227837	10.12
				6	22345	-395	0	22345	306291	316053	227107	276305	227107	10.16
				7	22450	-313	0	22450	306291	316443	227398	276655	227398	10.13
				8	22716	-15	0	22716	306291	317821	228427	277890	228427	10.06
				9	23397	806	0	23397	306291	314312	225808	274745	225808	9.65
				10	23226	587	0	23226	306291	315264	226519	275598	226519	9.75
				11	23123	508	0	23123	306291	315609	226776	275907	226776	9.81
				12	23431	894	0	23431	306291	313927	225521	274400	225521	9.62
				13	6795	-339	0	6795	306291	312704	224608	273304	224608	33.05
				14	6556	-630	0	6556	306291	307911	221031	269008	221031	33.71
				15	6624	-539	0	6624	306291	309431	222165	270370	222165	33.54
				16	6932	-153	0	6932	306291	315593	226764	275893	226764	32.71
				17	7823	947	0	7823	306291	305305	219086	266671	219086	28.01
				18	7577	647	0	7577	306291	309013	221853	269996	221853	29.28
				19	23226	587	0	23226	306291	315264	226519	275598	226519	9.75
				20	24924	571	0	24924	306291	315509	226701	275818	226701	9.10
				21	24247	388	0	24247	306291	316227	227237	276461	227237	9.37
				22	23384	275	0	23384	306291	316667	227565	276856	227565	9.73
				23	22868	200	0	22868	306291	316980	227799	277136	227799	9.96
11,7	0.8	1.83	0.9	1	10986	-55	0	10986	100092	121473	81891	101896	81891	7.45
				2	10306	-63	0	10306	100092	121365	81811	101799	81811	7.94
				3	7367	-65	0	7367	100092	121085	81602	101548	81602	11.08
				4	7679	-40	0	7679	100092	121450	81874	101875	81874	10.66
				5	6863	-90	0	6863	100092	120631	81263	101141	81263	11.84
				6	6748	-88	0	6748	100092	120644	81273	101153	81273	12.04
				7	6968	-57	0	6968	100092	121150	81650	101606	81650	11.72
				8	7279	-32	0	7279	100092	121533	81936	101950	81936	11.26
				9	7903	-9	0	7903	100092	121874	82190	102255	82190	10.40
				10	7783	-7	0	7783	100092	121904	82213	102282	82213	10.56
				11	7404	-70	0	7404	100092	121007	81543	101478	81543	11.01
				12	7803	-38	0	7803	100092	121496	81908	101916	81908	10.50

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				13	1625	-100	0	1625	100092	115599	77508	96631	77508	47.69
				14	1462	-97	0	1462	100092	115120	77150	96201	77150	52.76
				15	1727	-55	0	1727	100092	118716	79834	99425	79834	46.22
				16	2126	-22	0	2126	100092	120941	81494	101419	81494	38.33
				17	2956	10	0	2956	100092	121654	82026	102058	82026	27.75
				18	2788	13	0	2788	100092	121510	81919	101929	81919	29.38
				19	7783	-7	0	7783	100092	121904	82213	102282	82213	10.56
				20	8177	-40	0	8177	100092	121483	81899	101905	81899	10.02
				21	7847	-48	0	7847	100092	121358	81806	101793	81806	10.43
				22	7523	-48	0	7523	100092	121333	81787	101770	81787	10.87
				23	7323	-49	0	7323	100092	121308	81768	101748	81768	11.17
7,132	0.8	2.97	0.9	1	16253	-627	0	16253	162444	177222	123497	151866	123497	7.60
				2	15230	-563	0	15230	162444	177388	123621	152014	123621	8.12
				3	10637	-461	0	10637	162444	176728	123128	151423	123128	11.58
				4	11475	-373	0	11475	162444	177853	123968	152431	123968	10.80
				5	9529	-526	0	9529	162444	175492	122206	150315	122206	12.82
				6	9424	-495	0	9424	162444	175773	122416	150567	122416	12.99
				7	10263	-355	0	10263	162444	177639	123808	152239	123808	12.06
				8	11100	-267	0	11100	162444	178733	124625	153220	124625	11.23
				9	12321	-234	0	12321	162444	179263	125021	153696	125021	10.15
				10	12209	-202	0	12209	162444	179517	125210	153923	125210	10.26
				11	10575	-503	0	10575	162444	176292	122803	151032	122803	11.61
				12	11690	-374	0	11690	162444	177911	124011	152483	124011	10.61
				13	862	-582	0	862	162444	111109	74157	92606	74157	86.03
				14	711	-538	0	711	162444	102602	67808	84981	67808	95.41
				15	1819	-335	0	1819	162444	162108	112217	138318	112217	61.68
				16	2934	-206	0	2934	162444	173944	121051	148928	121051	41.26
				17	4577	-152	0	4577	162444	177790	123921	152375	123921	27.07
				18	4419	-107	0	4419	162444	178718	124613	153207	124613	28.20
				19	12209	-202	0	12209	162444	179517	125210	153923	125210	10.26
				20	12143	-446	0	12143	162444	177417	123643	152041	123643	10.18
				21	11603	-424	0	11603	162444	177434	123655	152055	123655	10.66
				22	11153	-386	0	11153	162444	177634	123805	152235	123805	11.10
				23	10869	-364	0	10869	162444	177752	123893	152341	123893	11.40
123,125	0.8	5.6	0.9	1	31104	-1181	0	31104	306290	313943	225533	274414	225533	7.25
				2	29765	-1188	0	29765	306290	313741	225382	274233	225382	7.57
				3	20006	-1195	0	20006	306290	311681	223844	272387	223844	11.19

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				4	20045	-1440	0	20045	306290	310426	222908	271262	222908	11.12
				5	21046	-578	0	21046	306290	315037	226349	275395	226349	10.76
				6	21997	-284	0	21997	306290	316547	227476	276748	227476	10.34
				7	23108	-245	0	23108	306290	316787	227655	276963	227655	9.85
				8	23147	-490	0	23147	306290	315692	226838	275982	226838	9.80
				9	21177	-1392	0	21177	306290	311058	223380	271829	223380	10.55
				10	22108	-1107	0	22108	306290	312686	224594	273287	224594	10.16
				11	19484	-1309	0	19484	306290	310908	223268	271694	223268	11.46
				12	19576	-1567	0	19576	306290	309570	222269	270494	222269	11.35
				13	5367	-547	0	5367	306290	307297	220573	268457	220573	41.10
				14	6616	-181	0	6616	306290	315045	226355	275402	226355	34.22
				15	8134	-74	0	8134	306290	316946	227774	277106	227774	28.00
				16	8226	-332	0	8226	306290	313695	225348	274192	225348	27.40
				17	5672	-1407	0	5672	306290	292101	209231	254836	209231	36.89
				18	6900	-1050	0	6900	306290	302074	216675	263776	216675	31.40
				19	22108	-1107	0	22108	306290	312686	224594	273287	224594	10.16
				20	23328	-827	0	23328	306290	314207	225729	274651	225729	9.68
				21	22720	-904	0	22720	306290	313753	225391	274244	225391	9.92
				22	22007	-860	0	22007	306290	313827	225446	274311	225446	10.24
				23	21576	-843	0	21576	306290	313832	225450	274315	225450	10.45
111,105	0.8	4.6	0.9	1	23815	-1220	0	23815	251596	260603	185725	226604	185725	7.80
				2	21861	-901	0	21861	251596	261644	186501	227536	186501	8.53
				3	15184	718	0	15184	251596	261011	186029	226969	186029	12.25
				4	15008	-514	0	15008	251596	262367	187041	228185	187041	12.46
				5	15556	1782	0	15556	251596	254024	180815	220706	180815	11.62
				6	15704	1458	0	15704	251596	256282	182500	222731	182500	11.62
				7	15661	-352	0	15661	251596	263597	187959	229287	187959	12.00
				8	15485	-1584	0	15485	251596	255297	181765	221848	181765	11.74
				9	14971	-2327	0	14971	251596	249779	177646	216901	177646	11.87
				10	15114	-2648	0	15114	251596	247723	176112	215059	176112	11.65
				11	15171	1099	0	15171	251596	258403	184082	224631	184082	12.13
				12	14894	-521	0	14894	251596	262295	186988	228120	186988	12.55
				13	2904	2601	0	2904	251596	172847	120232	147944	120232	41.40
				14	3091	2165	0	3091	251596	193144	135380	166138	135380	43.80
				15	2974	-227	0	2974	251596	258014	183792	224283	183792	61.81
				16	2698	-1846	0	2698	251596	194826	136635	167645	136635	50.65
				17	1983	-2796	0	1983	251596	119385	80333	100024	80333	40.51

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				18	2164	-3229	0	2164	251596	110861	73971	92384	73971	34.18
				19	15114	-2648	0	15114	251596	247723	176112	215059	176112	11.65
				20	17928	-867	0	17928	251596	260904	185949	226873	185949	10.37
				21	16625	-654	0	16625	251596	261840	186648	227712	186648	11.23
				22	15853	-520	0	15853	251596	262522	187157	228324	187157	11.81
				23	15335	-433	0	15335	251596	262994	187509	228747	187509	12.23
44,38	0.8	4.6	0.9	1	23997	-1319	0	23997	251597	260219	185438	226259	185438	7.73
				2	22009	-974	0	22009	251597	261333	186270	227258	186270	8.46
				3	15568	-151	0	15568	251597	264922	188948	230475	188948	12.14
				4	15401	-1383	0	15401	251597	256601	182738	223016	182738	11.87
				5	15709	1488	0	15709	251597	256089	182356	222558	182356	11.61
				6	15662	1658	0	15662	251597	254931	181492	221519	181492	11.59
				7	15414	425	0	15414	251597	263062	187560	228807	187560	12.17
				8	15247	-806	0	15247	251597	260435	185600	226453	185600	12.17
				9	15152	-2618	0	15152	251597	247977	176302	215286	176302	11.64
				10	15106	-2445	0	15106	251597	249112	177149	216303	177149	11.73
				11	15631	-47	0	15631	251597	265619	189468	231100	189468	12.12
				12	15377	-1671	0	15377	251597	254637	181272	221256	181272	11.79
				13	3058	2231	0	3058	251597	190116	133120	163423	133120	43.53
				14	2999	2456	0	2999	251597	180813	126177	155085	126177	42.08
				15	2636	830	0	2636	251597	233193	165268	202035	165268	62.71
				16	2381	-794	0	2381	251597	231285	163844	200324	163844	68.80
				17	2210	-3183	0	2210	251597	116259	78000	97222	78000	35.29
				18	2152	-2955	0	2152	251597	123252	83219	103490	83219	38.67
				19	15106	-2445	0	15106	251597	249112	177149	216303	177149	11.73
				20	18058	-939	0	18058	251597	260529	185669	226537	185669	10.28
				21	16727	-713	0	16727	251597	261502	186395	227409	186395	11.14
				22	15936	-572	0	15936	251597	262201	186917	228036	186917	11.73
				23	15408	-479	0	15408	251597	262702	187291	228484	187291	12.16
10,11	0.8	5.6	0.9	1	32321	-2036	0	32321	306290	311344	223593	272085	223593	6.92
				2	30507	-1812	0	30507	306290	311716	223871	272418	223871	7.34
				3	21312	-1452	0	21312	306290	310810	223194	271606	223194	10.47
				4	21258	-2017	0	21258	306290	308031	221121	269115	221121	10.40
				5	21759	-384	0	21759	306290	316057	227110	276309	227110	10.44
				6	22111	-36	0	22111	306290	317723	228353	277802	228353	10.33
				7	22411	-283	0	22411	306290	316580	227500	276778	227500	10.15
				8	22357	-847	0	22357	306290	313952	225539	274422	225539	10.09

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				9	21579	-2266	0	21579	306290	306977	220334	268170	220334	10.21
				10	21909	-1915	0	21909	306290	308805	221698	269808	221698	10.12
				11	21195	-1555	0	21195	306290	310267	222789	271119	222789	10.51
				12	21102	-2266	0	21102	306290	306730	220149	267949	220149	10.43
				13	6166	-161	0	6166	306290	315176	226453	275519	226453	36.73
				14	6600	293	0	6600	306290	313283	225040	273822	225040	34.10
				15	6949	-2	0	6949	306290	317855	228452	277921	228452	32.88
				16	6856	-714	0	6856	306290	307072	220404	268255	220404	32.15
				17	5855	-2533	0	5855	306290	272943	194934	237664	194934	33.29
				18	6267	-2076	0	6267	306290	283460	202783	247091	202783	32.36
				19	21909	-1915	0	21909	306290	308805	221698	269808	221698	10.12
				20	24116	-1432	0	24116	306290	311719	223872	272420	223872	9.28
				21	23250	-1361	0	23250	306290	311805	223937	272498	223937	9.63
				22	22373	-1227	0	22373	306290	312190	224224	272843	224224	10.02
				23	21834	-1150	0	21834	306290	312418	224394	273047	224394	10.28
11,129	0.8	7.7	0.9	1	44789	1417	0	44789	421151	423724	307462	372815	307462	6.86
				2	42397	1241	0	42397	421151	423968	307645	373034	307645	7.26
				3	30054	3555	0	30054	421151	414718	300741	364743	300741	10.01
				4	31684	3415	0	31684	421151	415809	301556	365721	301556	9.52
				5	27874	1750	0	27874	421151	420488	305047	369914	305047	10.94
				6	27393	556	0	27393	421151	424901	308341	373871	308341	11.26
				7	29254	-2066	0	29254	421151	419671	304438	369182	304438	10.41
				8	30883	-2209	0	30883	421151	419578	304369	369099	304369	9.86
				9	33306	1278	0	33306	421151	423025	306941	372189	306941	9.22
				10	33066	-408	0	33066	421151	425728	308959	374612	308959	9.34
				11	29936	4671	0	29936	421151	410797	297815	361228	297815	9.95
				12	32066	4441	0	32066	421151	412618	299174	362860	299174	9.33
				13	4833	3133	0	4833	421151	359653	259646	315385	259646	53.72
				14	4272	1298	0	4272	421151	395436	286351	347460	286351	67.03
				15	6625	-2179	0	6625	421151	392829	284406	345123	284406	42.93
				16	8755	-2412	0	8755	421151	398377	288546	350095	288546	32.96
				17	11932	2364	0	11932	421151	406424	294551	357308	294551	24.69
				18	11615	32	0	11615	421151	426728	309705	375508	309705	26.66
				19	33066	-408	0	33066	421151	425728	308959	374612	308959	9.34
				20	33518	825	0	33518	421151	424452	308006	373468	308006	9.19
				21	32327	917	0	32327	421151	424062	307715	373118	307715	9.52
				22	31179	754	0	31179	421151	424498	308040	373509	308040	9.88

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**
**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**
**PROGETTO ESECUTIVO**
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				23	30469	673	0	30469	421151	424717	308203	373705	308203	10.12
132,3	0.8	4.8	0.9	1	22746	-739	0	22746	262534	272946	194936	237667	194936	8.57
				2	21436	-717	0	21436	262534	272847	194862	237578	194862	9.09
				3	15475	464	0	15475	262534	273208	195132	237902	195132	12.61
				4	15855	-1157	0	15855	262534	268734	191793	233892	191793	12.10
				5	14935	2265	0	14935	262534	260561	185693	226566	185693	12.43
				6	14859	2187	0	14859	262534	261026	186040	226983	186040	12.52
				7	15192	202	0	15192	262534	274942	196426	239456	196426	12.93
				8	15571	-1420	0	15571	262534	266843	190382	232197	190382	12.23
				9	16198	-3141	0	16198	262534	256166	182413	222626	182413	11.26
				10	16115	-3219	0	16115	262534	255563	181963	222086	181963	11.29
				11	15408	754	0	15408	262534	271239	193662	236137	193662	12.57
				12	16012	-1375	0	16012	262534	267395	190793	232691	190793	11.92
				13	1177	2969	0	1177	262534	5602	5164	5134	5134	4.36
				14	1073	2869	0	1073	262534	6819	5426	4019	4019	3.75
				15	1635	265	0	1635	262534	259450	184864	225570	184864	113.10
				16	2237	-1864	0	2237	262534	189714	132819	163062	132819	59.37
				17	3183	-4132	0	3183	262534	141418	96776	119773	96776	30.41
				18	3074	-4230	0	3074	262534	133343	90750	112535	90750	29.52
				19	16115	-3219	0	16115	262534	255563	181963	222086	181963	11.29
				20	17140	-512	0	17140	262534	273218	195140	237911	195140	11.38
				21	16361	-542	0	16361	262534	272881	194888	237609	194888	11.91
				22	15856	-499	0	15856	262534	273052	195016	237762	195016	12.30
				23	15524	-478	0	15524	262534	273122	195068	237825	195068	12.57
127,129	1	5.8	0.9	1	42578	230	0	42578	409395	409403	314514	373700	314514	7.39
				2	40335	52	0	40335	409395	409928	314938	374197	314938	7.81
				3	29337	-1589	0	29337	409395	403187	309500	367822	309500	10.55
				4	30324	-1171	0	30324	409395	405170	311099	369697	311099	10.26
				5	27657	-1169	0	27657	409395	404705	310724	369257	310724	11.23
				6	26450	-349	0	26450	409395	408409	313713	372761	313713	11.86
				7	27830	1004	0	27830	409395	405492	311359	370002	311359	11.19
				8	28818	1425	0	28818	409395	403786	309983	368388	309983	10.76
				9	30950	232	0	30950	409395	409134	314298	373446	314298	10.15
				10	30498	1009	0	30498	409395	405873	311667	370362	311667	10.22
				11	29469	-2183	0	29469	409395	400648	307451	365421	307451	10.43
				12	30716	-1582	0	30716	409395	403524	309771	368141	309771	10.08
				13	5720	-1613	0	5720	409395	374140	286065	340354	286065	50.01

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

				14	4355	-493	0	4355	409395	395666	303432	360710	303432	69.68
				15	5855	1426	0	5855	409395	379045	290021	344991	290021	49.54
				16	7102	2031	0	7102	409395	373641	285661	339881	285661	40.22
				17	9877	395	0	9877	409395	404992	310956	369530	310956	31.48
				18	9269	1477	0	9269	409395	389778	298681	355142	298681	32.22
				19	30498	1009	0	30498	409395	405873	311667	370362	311667	10.22
				20	32019	129	0	32019	409395	409577	314655	373865	314655	9.83
				21	30767	23	0	30767	409395	409995	314992	374260	314992	10.24
				22	29732	-40	0	29732	409395	409921	314932	374190	314932	10.59
				23	29078	-81	0	29078	409395	409734	314781	374013	314781	10.83
125,127	0.8	7.71	0.9	1	43628	-272	0	43628	421427	426626	309628	375416	309628	7.10
				2	41822	-4	0	41822	421427	427263	310104	375988	310104	7.41
				3	30838	919	0	30838	421427	424178	307801	373222	307801	9.98
				4	31326	499	0	31326	421427	425620	308878	374515	308878	9.86
				5	29808	932	0	29808	421427	424023	307686	373084	307686	10.32
				6	29075	1082	0	29075	421427	423406	307225	372530	307225	10.57
				7	29523	-443	0	29523	421427	425714	308948	374599	308948	10.46
				8	30009	-861	0	30009	421427	424291	307886	373324	307886	10.26
				9	31432	-465	0	31432	421427	425736	308964	374619	308964	9.83
				10	31038	-874	0	31038	421427	424346	307927	373373	307927	9.92
				11	31045	1215	0	31045	421427	423207	307077	372352	307077	9.89
				12	31612	686	0	31612	421427	425017	308428	373974	308428	9.76
				13	7419	2168	0	7419	421427	396899	287443	348771	287443	38.74
				14	6538	2172	0	6538	421427	392741	284340	345044	284340	43.49
				15	6905	352	0	6905	421427	421979	306161	371251	306161	44.34
				16	7470	-175	0	7470	421427	424837	308293	373813	308293	41.27
				17	9305	409	0	9305	421427	422707	306703	371903	306703	32.96
				18	8763	-144	0	8763	421427	425561	308834	374462	308834	35.24
				19	31038	-874	0	31038	421427	424346	307927	373373	307927	9.92
				20	32790	-348	0	32790	421427	426170	309288	375008	309288	9.43
				21	31938	1	0	31938	421427	427270	310109	375994	310109	9.71
				22	30996	1	0	30996	421427	427270	310109	375993	310109	10.00
				23	30424	29	0	30424	421427	427176	310039	375909	310039	10.19

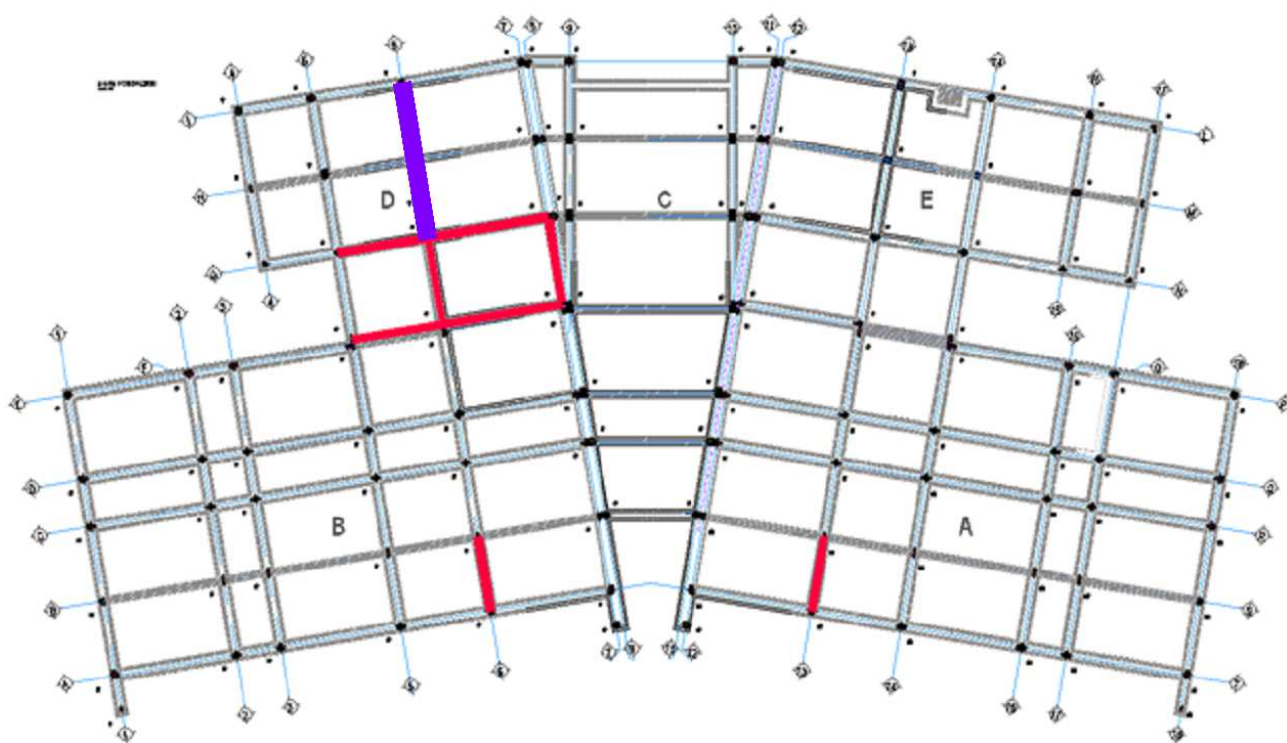
NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE

viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

Il valore minore del rapporto (QR. Minimo / Q<sub>ed</sub>) è in corrispondenza delle combinazioni 13 e 14 per l'elemento 132,3 ed è pari a 3.75. Si evidenzia l'elemento che presenta i valori peggiori.



**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI

---

## 2.2.k- Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo

### PROGRAMMA DI CALCOLO USATO

WinStrand

Structural Analysis & Design

Ditta produttrice	ENEXSYS S.r.L. Via Tizzano 46/2 Casalecchio di Reno (Bologna)
Sigla	WinStrand 2002 - WinStrand 2003
Piattaforma Software	Windows 95ä , Windows NT 4.0ä e successive
Documentazione in uso	Manuale teorico - Manuale d'uso
Campo di applicazione	Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

### Modellazione Strutturale con Elementi Finiti Tipo

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastri).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

### Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

### Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione LDLT.
- Analisi Statica:
- modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
- ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica: Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori vengono trovati utilizzando il SubSpace Iteration:

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE****viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)****PROGETTO ESECUTIVO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

- Via statica equivalente.
- Modale con il metodo dello spettro di risposta.

*Affidabilità dei Codici di calcolo WinStrand*

Ditta produttrice: En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Campo di applicazione: analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Il cap. 10 del Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 14 Gennaio 2008 fornisce le istruzioni relative alla Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo, cui il progettista delle strutture deve attenersi nella redazione degli elaborati progettuali.

Il punto 10.2 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo specifica:

Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

Nella fase di stesura della relazione di calcolo, utilizzando i tabulati provenienti da codici di calcolo, è demandato al progettista il compito di analisi preliminare della documentazione:

Il progettista dovrà esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Il presente documento è reperibile dal forum InForma e sul sito del produttore: <http://www.enexsys.com>. Esso costituisce assieme alle stampe degli esempi documento di validazione dei software prodotti dalla En.Ex.sys srl.

**Benchmark**

Il controllo della affidabilità delle analisi numeriche è stato condotto su una serie di esempi di letteratura la cui soluzione sia esprimibile in forma chiusa, allo scopo di verificare l'affidabilità del software.

Gli esempi condotti, corredati della fonte di riferimento, dei risultati numerici e dei file dati permettono la riproduzione integrale degli stessi da parte degli utenti

**NUOVA SCUOLA DELL'INFANZIA A SEI SEZIONI in località CASTELLO di SERRAVALLE**

**viale G. Verdi - COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE BLOCCO F-FONDAZIONI**

---

### 2.2.I- Caratteristiche delle strutture di fondazione

Le fondazioni sono costituite da travi rovesce di fondazione, in calcestruzzo armato, con calcestruzzo di classe C25/30 ed acciaio B450 C e di sezione:

-sezione a T rovescia con B=80cm, H=100cm, h=30cm, b=70cm

-sezione a T rovescia con B=80cm, H=100cm, h=30cm, b=45cm

-trave di collegamento a sezione rettangolare con B=50cm e H.=30cm

-trave di collegamento a sezione rettangolare con B=80cm e H.=30cm

Il piano di appoggio è circa a -1.22m dal piano finito interno.

Le fondazioni sono state calcolate e progettate per restare in ambito elastico e per sviluppare una pressione omogenea sul terreno.

Nel progetto delle fondazioni è stato applicato l' approccio 2 combinazione A1+M1+R3.

Il terreno di sedime è stato assunto di categoria C con suolo topografica T1.