

**Comune:** Loro Ciuffenna (Ar)

**Committente:** Unione dei Comuni del Pratomagno – Loro Ciuffenna

**Oggetto:** costruzione di rifugio posto in Loro Ciuffenna, in località Cima Bottigliana.

## **RELAZIONE DESCrittiva GENERALE**

Il progetto riguarda la costruzione di un fabbricato quale rifugio temporaneo per gli escursionisti nonché l'accoglienza di gruppi a scopo divulgativo e didattico.

Il corpo di fabbrica è costituito da un solo piano fuori terra ubicato in zona sismica di classe 3 e presenta le seguenti principali caratteristiche costruttive:

- fondazioni in c.a. a platea (sp. cm 25);
- struttura in elevazione costituita da pareti che formano dei telai tessuti nelle due direzioni ortogonali. Si precisa che le pareti saranno del tipo Argisol (sp. cm 25), formate da nucleo in c.a. di 14 cm ed isolante sia interno che esterno;
- copertura (a due falde) in legno con travi principali 32x32 (classe legno D50), correnti 12x12cm ad interasse di 50 cm e sovrastante tavolato in legno di sp. 3 cm.

Si precisa che lo spessore delle pareti va in deroga, come previsto dal paragrafo §7.4.6.1.4 delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni 2018” (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018) alle indicazioni date dalla normativa al secondo capoverso (spessore pareti) ma rispetta pienamente il funzionamento scatolare, lo sviluppo su un unico piano e la destinazione non abitativa, come previsto al capoverso successivo. A garanzia ulteriore della scelta progettuale, il fattore di comportamento della struttura, in entrambe le direzioni, è  $q=1$  e, sebbene l'uso sia temporaneo si è utilizzata la classe d'uso II.

Se quindi la scelta progettuale di andare in deroga deriva dalla necessità di mantenere gli spessori delle pareti più simili possibili a quelli esistenti, cercando però di migliorarne le caratteristiche termiche, si sono attuate tutte quelle “accortezze” ed indicazioni progettuali previste dalle attuali normative che garantiscono la corretta realizzazione della struttura.

Inoltre, la scelta di tale tipologia di parete permette di ridurre sensibilmente i tempi di costruzione rispetto a quelli tradizionali, agevolando così la realizzazione vista anche la posizione plani altimetrica dell'edificio in oggetto.

Le fondazioni sono state dimensionate tenendo conto della relazione geologico-tecnica fornita dal Dr. Geol. Antonio Bocci.

I carichi agenti e le azioni sismiche sono state valutate secondo la normativa vigente.

Le analisi dell'insieme strutturale e le verifiche delle aste sono state svolte tramite il programma di calcolo C.D.S. della ditta S.T.S. di Catania, ricorrendo alla impostazione del modello strutturale ed alla successiva elaborazione dei dati. L'analisi sismica è di tipo dinamica. Le verifiche sono state svolte con il metodo dello stato limite ultimo (SLV) e di esercizio (SLD).

Per quanto non descritto si fa riferimento agli elaborati grafici allegati.

**Comune:** Loro Ciuffenna (Ar)

**Committente:** Unione dei Comuni del Pratomagno – Loro Ciuffenna

**Oggetto:** costruzione di rifugio posto in Loro Ciuffenna, in località Cima Bottigliana.

**RELAZIONE AI SENSI DEL CAP. 10.2 DELLE NTC 2018**



## **Indice generale**

**TIPO ANALISI SVOLTA.....**

**ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO**

**VALIDAZIONE DEI CODICI**

**PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI**

**INFORMAZIONI SULL' ELABORAZIONE**

**GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA'**

## **Tipo Analisi svolta**

- Tipo di analisi e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per quanto riguarda le azioni simiche, tenendo conto che per la tipologia strutturale in esame possono essere significativi i modi superiori, si è optato per l'analisi modale con spettro di risposta di progetto e fattore di comportamento. La scelta e' stata anche dettata dal fatto che tale tipo di analisi e' nelle NTC2018 indicata come l' analisi di riferimento che può essere utilizzata senza limitazione di sorta. Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

- Metodo di risoluzione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastrela). Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH. Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti e' stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazione superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

- Metodo di verifica sezionale

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

Le verifiche degli elementi bidimensionali sono state effettuate direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica), le verifiche sono state effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:

## Relazione Generale

Legame parabola rettangolo per il cls

Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilita' limitata per l' acciaio

◦ Combinazioni di carico adottate

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

SLO	NO
SLD	SI
SLV	SI
SLC	NO
Combinazione Rara	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente	SI
SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2	SI
SLU terreno A2 – Approccio 1	NO

◦ Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

In particolare per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore q e le eccentricità accidentali pari al 5%. Inoltre le azioni sismiche sono state combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale.

## Relazione Generale

### Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2018
Nro Licenza	33662

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

*Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri*

*95030 Sant'Agata li Battiati (CT).*

- ***Affidabilita' dei codici utilizzati***

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneita' al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all' indirizzo:

<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>

## Relazione Generale

### **Validazione dei codici**

L' opera in esame non e' di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista

### **Presentazione sintetica dei risultati**

Una sintesi del comportamento della struttura e' consegnata nelle tabelle di sintesi dei risultati, riportate in appresso, e nelle rappresentazioni grafiche allegate in coda alla presente relazione in cui sono rappresentate le principali grandezze (deformate, sollecitazioni, etc..) per le parti piu' sollecitate della struttura in esame.

#### Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (60) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	93
Y	92
Z	0

#### Tabellina Riassuntiva degli Spostamenti SLO/SLD

Stato limite	Status Verifica
SLO	NON CALCOLATO
SLD	VERIFICATO

#### Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
<b>Travi c.a. Fondazione</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Travi c.a. Elevazione</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Pilastri in c.a.</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Shell in c.a.</b>	0 su 4	VERIFICATO
<b>Piastre in c.a.</b>	0 su 1	VERIFICATO
<b>Aste in Acciaio</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Aste in Legno</b>	0 su 3	VERIFICATO
<b>Zattera Plinti</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Pali/Micropali (Plinti)</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Micropali (Travi/Piastre)</b>	0 su 0	NON PRESENTI

#### Tabellina riassuntiva delle verifiche SLE

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
<b>Travi c.a. Fondazione</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Travi c.a. Elevazione</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Pilastri in c.a.</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Shell in c.a.</b>	0 su 4	VERIFICATO
<b>Piastre in c.a.</b>	0 su 1	VERIFICATO
<b>Aste in Acciaio</b>	0 su 0	NON PRESENTI
<b>Aste in Legno</b>	0 su 3	VERIFICATO
<b>Zattera Plinti</b>	0 su 0	NON PRESENTI

## Relazione Generale

Pali

0 su 0

NON PRESENTI

Tabellina riassuntiva della portanza

	VALORE	STATUS
Sigma Terreno Massima (kg/cmq)	.51	
Coeff. di Sicurezza Portanza Globale	1	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Scorrimento	5.1	VERIFICATO
Cedimento Elastico Massimo (cm)	1.65	
Cedimento Edometrico Massimo (cm)	.13	

### Informazioni sull' elaborazione

Il software e' dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilita' o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

### **Giudizio motivato di accettabilita'**

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglienti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, e' stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione. Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si e' potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si puo' quindi affermare che il calcolo e' andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato e' risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

*Comune: Loro Ciuffenna (Ar)*

**Committente:** Unione dei Comuni del Pratomagno – Loro Ciuffenna

**Oggetto:** costruzione di rifugio posto in Loro Ciuffenna, in località Cima Bottigliana.

## **VALUTAZIONI E PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA**

## **Indice generale**

<b>RELAZIONE GENERALE .....</b>	<b>2</b>
• <b>DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....</b>	<b>2</b>
• <b>DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO .....</b>	<b>2</b>
• <b>INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA.....</b>	<b>2</b>
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018).....	2
MISURA DELLA SICUREZZA .....	2
MODELLI DI CALCOLO .....	3
• <b>AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....</b>	<b>5</b>
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI .....	5
DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE .....	5
AZIONE SISMICA.....	6
AZIONI DOVUTE AL VENTO .....	7
AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA .....	7
NEVE .....	7
AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI .....	7
COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	7
COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....	8
• <b>TOLLERANZE .....</b>	<b>9</b>
• <b>DURABILITÀ .....</b>	<b>9</b>
• <b>PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO .....</b>	<b>9</b>

## **RELAZIONE GENERALE**

**OGGETTO: realizzazione rifugio**

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente:

### **RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI**

<b>Vita Nominale</b>	<b>50</b>
<b>Classe d'Uso</b>	<b>2</b>
<b>Categoria del Suolo</b>	<b>E</b>
<b>Categoria Topografica</b>	<b>1.2</b>
<b>Latitudine del sito oggetto di edificazione</b>	<b>43.63159</b>
<b>Longitudine del sito oggetto di edificazione</b>	<b>11.68401</b>

- DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**

Si veda la relazione generale.

- DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

Si veda la relazione geologica.

- INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA**

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;  
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

#### REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.  
UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno  
UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni  
UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

#### MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

## **Relazione Generale**

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali. Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;

la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni;

la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;

robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

### **MODELLO DI CALCOLO**

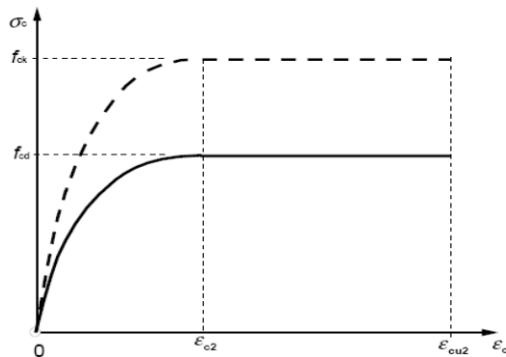
Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

**Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.**

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

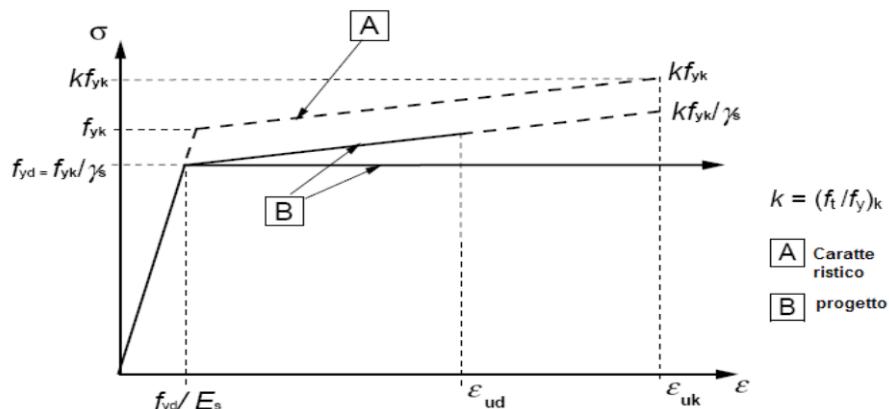
Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:

## Relazione Generale



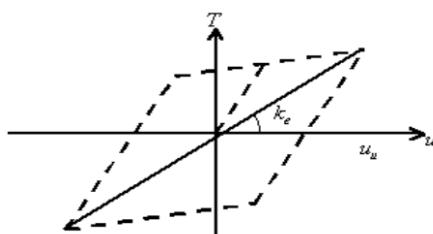
### Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

Il valore  $\varepsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



### Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
- legame elastico lineare per le sezioni in legno;
- legame elasto-viscoso per gli isolatori.



### Legame costitutivo per gli isolatori.

## **Relazione Generale**

Il modello di calcolo utilizzato risulta rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

#### • AZIONI SULLA COSTRUZIONE

AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
  - Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
  - Stato Limite di prevenzione del Colla

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite P <sub>VR</sub> :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V <sub>R</sub>
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elasticici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
  - Classe d'Uso del fabbricato;
  - Categoria del Suolo;
  - Coefficiente Topografico;
  - Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

*DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE*

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

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

## Relazione Generale

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Categ.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b> Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento.</b> Cat. C1 – Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 – Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 – Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b> Cat. D1 – Negozi Cat. D2 – Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b> Cat. E1 – Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 – Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	> 6,00 -	6,00 -	1,00* -
F – G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN, da valutarsi caso per caso	2,50 -	2 x 10,00 -	1,00** -
H	<b>Coperture e sottotetti.</b> Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 – Coperture praticabili Cat. H3 – Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 - -	1,20 Secondo categoria di appartenenza - -	1,00 - -

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

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

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati  $Q_k$  essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

### AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

**AZIONI DOVUTE AL VENTO**

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

**AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA**

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr. § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

**NEVE**

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

$C_t$  = coefficiente termico di cui al (Cfr. § 3.4.4).

**AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI**

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

**COMBINAZIONI DI CALCOLO**

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

## Relazione Generale

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella 2.5.I..

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

### COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0

## Relazione Generale

Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq$ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $>$ 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma Gi$  e  $\gamma Qj$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

### • TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991-EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro  $-5$  mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni  $\leq 150$  mm  $\pm 5$  mm

Per dimensioni  $= 400$  mm  $\pm 15$  mm

Per dimensioni  $\geq 2500$  mm  $\pm 30$  mm

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

### • DURABILITÀ

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

### • PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

## **Relazione Generale**

**Comune:** Loro Ciuffenna (Ar)

**Committente:** Unione dei Comuni del Pratomagno – Loro Ciuffenna

**Oggetto:** costruzione di rifugio posto in Loro Ciuffenna, in località Cima Bottigliana.

**RELAZIONE DI CALCOLO  
FASCICOLO CALCOLI STRUTTURE**



## RELAZIONE DI CALCOLO

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

### • NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 “*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”.

### • METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICÀ EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

### • CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

### • RELAZIONE SUI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono descritti nei tabulati riportati nel seguito per ciascuna tipologia di materiale utilizzato.

### • ANALISI SISMICA DINAMICA A MASSE CONCENTRATE

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo delle “*iterazioni nel sottospazio*”.

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (tre forze, in direzione X, Y e Z, e tre momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

I valori stampati nei tabulati finali allegati sono proprio i suddetti valori efficaci e pertanto l'equilibrio ai nodi perde di significato. I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle due direzioni di calcolo.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

### • VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono inviluppando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

### • DIMENSIONAMENTO MINIMO DELLE ARMATURE.

Per il calcolo delle armature sono stati rispettati i minimi di legge di seguito riportati:

TRAVI:

Area minima delle staffe pari a  $1.5*b$  mmq/ml, essendo b lo spessore minimo dell'anima misurato in mm, con passo non maggiore di 0,8 dell'altezza utile e con un minimo di 3 staffe al metro. In prossimità degli appoggi o di carichi concentrati per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione, il passo minimo sarà 12 volte il diametro minimo dell'armatura longitudinale. Armatura longitudinale in zona tesa  $\geq 0,15\%$  della sezione di calcestruzzo. Alle estremità è disposta una armatura inferiore minima che possa assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio.

In zona sismica, nelle zone critiche il passo staffe è non superiore al minimo di:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
- 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CDA e CDB;
- 24 volte il diametro delle armature trasversali.

Le zone critiche si estendono, per CDB e CDA, per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro. Nelle zone critiche della trave il rapporto fra l'armatura compressa e quella tesa è maggiore o uguale a 0,5.

#### PILASTRI:

Armatura longitudinale compresa fra 0,3% e 4% della sezione effettiva e non minore di  $0,10*Ned/fyd$ ;

Barre longitudinali con diametro  $\geq 12$  mm;

Diametro staffe  $\geq 6$  mm e comunque  $\geq 1/4$  del diametro max delle barre longitudinali, con interasse non maggiore di 30 cm.

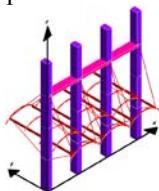
In zona sismica l'armatura longitudinale è almeno pari all'1% della sezione effettiva; il passo delle staffe di contenimento è non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CDA e CDB;
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CDA e CDB.

## • SISTEMI DI RIFERIMENTO

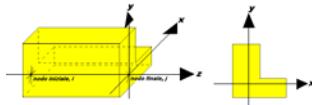
### 1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



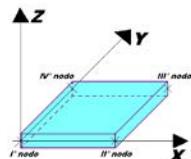
### 2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



### 3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



## • UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

## • CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

## • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

<b>Materiale N.ro</b>	: Numero identificativo del materiale in esame
<b>Densità</b>	: Peso specifico del materiale
<b>Ex * 1E3</b>	: Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo
<b>Ni.x</b>	: Coefficiente di Poisson in direzione x
<b>Alfa.x</b>	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione x
<b>Ey * 1E3</b>	: Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo
<b>Ni.y</b>	: Coefficiente di Poisson in direzione y
<b>Alfa.y</b>	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione y
<b>E11 * 1E3</b>	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna
<b>E12 * 1E3</b>	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna
<b>E13 * 1E3</b>	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna
<b>E22 * 1E3</b>	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna
<b>E23 * 1E3</b>	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna
<b>E33 * 1E3</b>	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna

## • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio shell.

<b>Sezione N.ro</b>	: Numero identificativo dell'archivio sezioni (dal numero 601 in poi)
<b>Spessore</b>	: Spessore dell'elemento
<b>Base foro</b>	: Base di un eventuale foro sull'elemento (zero nel caso in cui il foro non sia presente)
<b>Altezza foro</b>	: Altezza di un eventuale foro sull'elemento (zero nel caso in cui il foro non sia presente)
<b>Codice</b>	: Codice identificativo della posizione del foro (1 = al centro; 0 = qualunque posizione)
<b>Ascissa foro</b>	: Ascissa dello spigolo inferiore sinistro del foro
<b>Ordinata foro</b>	: Ordinata dello spigolo inferiore sinistro del foro
<b>Tipo mater.</b>	: Numero di archivio dei materiali shell
<b>Tipo elem.</b>	: Schematizzazione dell'elemento a livello di calcolo: 0 = Lastra – Piastra 1 = Lastra 2 = Piastra

## • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito il significato delle simbologie usate nelle tabelle di stampa dei dati di input dei fili fissi:

- **Filo** : Numero del filo fisso in pianta.
- **Ascissa** : Ascissa.
- **Ordinata** : Ordinata.

Si riporta di seguito il significato delle simbologie usate nelle tabelle di stampa dei dati di input delle quote di piano:

- **Quota** : Numero identificativo della quota del piano.
- **Altezza** : Altezza dallo spiccato di fondazione.
- **Tipologia** : Le tipologie previste sono due:

**0 = Piano sismico**, ovvero piano che è sede di massa, sia strutturale che portata, che deve essere considerata ai fini del calcolo sismico. Tutti i nodi a questa quota hanno gli spostamenti orizzontali legati dalla relazione di impalcato rigido.

**1 = Interpiano**, ovvero quota intermedia che ha rilevanza ai fini della geometria strutturale ma la cui massa non viene considerata a questa quota ai fini sismici. I nodi a questa quota hanno spostamenti orizzontali indipendenti.

## • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di stampa dei dati di input dei pilastri.

<b>Filo</b>	: Numero del filo fisso in pianta su cui insiste il pilastro
<b>Sez.</b>	: Numero di archivio della sezione del pilastro
<b>Tipologia</b>	: Descrive le seguenti grandezze: a) La forma attraverso le sigle 'Rett.'=rettangolare; 'a T'; 'ad I'; 'a C'; 'Circ.=circolare; 'Polig.'=poligonale b) Gli ingombri in X ed Y nel sistema di riferimento locale della sezione. Nel caso di sezioni rettangolari questi ingombri coincidono con base ed altezza
<b>Magrone</b>	: Larghezza del magrone di fondazione. Se presente individua ai fini del calcolo un'asta su suolo alla Winkler
<b>Ang.</b>	: Angolo di rotazione della sezione. L'angolo e' positivo se antiorario
<b>Codice</b>	: Individua il posizionamento del filo fisso nella sezione. Per la sezione rettangolare valgono i seguenti codici di spigolo:

2 ↗	↑ 7	↗ 3
6 ↘	+ 0	→ 8
↖ 1	↓ 5	↙ 4

Il codice zero, che è inizialmente associato al centro pilastro, permette anche degli scostamenti imposti esplicitamente del filo fisso dal centro del pilastro

<b>dx</b>	: Scostamento filo fisso - centro pilastro lungo l'asse X in pianta
<b>dy</b>	: Scostamento filo fisso - centro pilastro lungo l'asse Y in pianta
<b>Crit.N.ro</b>	: Numero identificativo del criterio di progetto associato al pilastro
<b>Tipo</b>	<i>Tipo elemento ai fini sismici:</i>
<b>Elemento</b>	Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato: - "Secondario NTC18": si intende un elemento pilastro secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui vengono applicate le verifiche di duttilità. - "NoGerarchia": si intende un elemento pilastro non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze(esempio pilastro meshato interno a pareti)

Nel caso di vincoli particolari (situazione diversa dal doppio incastro), segue un'ulteriore tabulato relativo ai vincoli, le cui sigle hanno il seguente significato:

**Codice:** Codice sintetico identificativo del tipo di vincolo secondo la codifica appresso riportata:

I = incastro; K = appoggio scorrevole; C = cerniera sferica; E = esplicito; CF = cerniera flessionale.

Il reale funzionamento dei vincoli (da intendersi come vincoli interni tra asta e nodo) è esplicitato dai successivi dati:

<b>Tx, Ty, Tz</b>	: Valori delle rigidezze alla traslazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare traslazione mutua tra pilastro e nodo è impedita (ovvero la traslazione assoluta del nodo e dell'estremo del pilastro è la medesima), mentre lo 0 indica che non vi è continuità tra tali elementi ai fini di tale traslazione reciproca (ovvero la traslazione assoluta del nodo e dell'estremo del pilastro sono diverse ed indipendenti). Invece un valore maggiore di zero equivale ad una sconnessione fra il nodo e l'estremo del pilastro (traslazioni assolute diverse), ma sul nodo agirà una forza, nella direzione della sconnessione inserita, di valore pari alla rigidezza per la variazione di spostamento. Se infine viene inserito un valore compreso fra -1 (incastrato) e 0 (libero) (fattore di connessione) il programma trasforma in automatico tale numero in una rigidezza esplicita. Gli assi X e Y sono quelli del riferimento locale della sezione, mentre Z è parallelo all'asse del pilastro.
<b>Rx, Ry, Rz</b>	: Valori delle rigidezze alla rotazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare rotazione mutua tra pilastro e nodo è impedita (ovvero la rotazione assoluta del nodo e dell'estremo del pilastro è la medesima), mentre lo 0 indica che non vi è continuità tra tali elementi ai fini di tale rotazione reciproca (ovvero la rotazione assoluta del nodo e dell'estremo del pilastro sono diverse ed indipendenti). Invece un valore maggiore di zero equivale ad una sconnessione fra il nodo e l'estremo dell'asta (rotazioni assolute diverse), ma sul nodo agirà un momento nella direzione della sconnessione inserita di valore pari alla rigidezza per la variazione di rotazione. Se viene inserito un valore compreso fra -1 (incastrato) e 0 (libero) (fattore di connessione) il programma trasforma in automatico tale numero in una rigidezza esplicita. Gli assi X e Y sono quelli del riferimento locale della sezione, mentre Z è parallelo all'asse del pilastro.

## SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di stampa dei dati di input delle travi:

<b>Trave</b>	: Numero identificativo della trave alla quota in esame
<b>Sez.</b>	: Numero di archivio della sezione della trave. Se il numero sezione è superiore a 600, si tratta di setto di altezza pari all'interpiano e di cui nei successivi dati viene specificato il solo spessore
<b>Base x Alt.</b>	: Ingombri in X ed Y nel sistema di riferimento locale della sezione. Nel caso di sezioni rettangolari questi ingombri coincidono con base ed altezza
<b>Magrone</b>	: Larghezza del magrone di fondazione. Se presente individua ai fini del calcolo un'asta su suolo alla Winkler
<b>Ang.</b>	: Angolo di rotazione della sezione attorno all'asse

<b>Filo in.</b>	: Numero del filo fisso iniziale della trave
<b>Filo fin.</b>	: Numero del filo fisso finale della trave
<b>Quota in.</b>	: Quota dell'estremo iniziale della trave
<b>Quota fin.</b>	: Quota dell'estremo finale della trave
<b>dx in</b>	: Scostamento in direzione X del punto iniziale dell'asse della trave dal filo fisso iniziale di riferimento
<b>dx f</b>	: Scostamento in direzione X del punto finale dell'asse della trave dal filo fisso finale di riferimento
<b>dy in</b>	: Scostamento in direzione Y del punto iniziale dell'asse della trave dal filo fisso iniziale di riferimento
<b>dy f</b>	: Scostamento in direzione Y del punto finale dell'asse della trave dal filo fisso finale di riferimento
<b>Pann.</b>	: Carico sulla trave dovuto a pannelli di solai.
<b>Tamp.</b>	: Carico sulla trave dovuto a tamponature
<b>Ball.</b>	: Carico sulla trave dovuto a ballatoi
<b>Espl.</b>	: Carico sulla trave imposto dal progettista
<b>Tot.</b>	: Totale dei carichi verticali precedenti
<b>Torc.</b>	: Momento torcente distribuito agente sulla trave imposto dal progettista
<b>Orizz.</b>	: Carico orizzontale distribuito agente sulla trave imposto dal progettista
<b>Assia.</b>	: Carico assiale distribuito agente sulla trave imposto dal progettista
<b>Ali.</b>	: Aliquota media pesata dei carichi accidentali per la determinazione della massa sismica
<b>Crit.N.ro</b>	: Numero identificativo del criterio di progetto associato alla trave
<b>Tipo</b>	<i>Tipo elemento ai fini sismici:</i>
<b>Elemento</b>	<i>Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato:</i> - "Secondario NTC18": si intende un elemento asta secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui vengono applicate le verifiche di duttilità. - "NoGerarchia": si intende un elemento asta non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze(esempio aste meshate interne a pareti o piastre o travi inclinate)

Nel caso di vincoli particolari (situazione diversa dal doppio incastro), segue un'ulteriore tabulato relativo ai vincoli, le cui sigle hanno il seguente significato:

**Codice:** Codice sintetico identificativo del tipo di vincolo secondo la codifica appresso riportata:

**I** = incastro; **K** = appoggio scorrevole; **C** = cerniera sferica; **E** = esplicito; **CF** = cerniera flessionale.

Il reale funzionamento dei vincoli (da intendersi come vincoli interni tra asta e nodo) è esplicitato dai successivi dati:

<b>Tx, Ty, Tz</b>	: Valori delle rigidezze alla traslazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare traslazione mutua tra trave e nodo è impedita (ovvero la traslazione assoluta del nodo e dell'estremo dell'asta è la medesima), mentre lo 0 indica che non vi è continuità tra tali elementi ai fini di tale traslazione reciproca (ovvero la traslazione assoluta del nodo e dell'estremo dell'asta sono diverse ed indipendenti). Invece un valore maggiore di zero equivale ad una sconnessione fra il nodo e l'estremo dell'asta (traslazioni assolute diverse), ma sul nodo agirà una forza, nella direzione della sconnessione inserita, di valore pari alla rigidezza per la variazione di spostamento. Se infine viene inserito un valore compreso fra -1 (incastrato) e 0 (libero), fattore di connessione, il programma trasforma in automatico tale numero in una rigidezza esplicita. Gli assi X e Y sono quelli del riferimento locale della sezione, mentre Z è parallelo all'asse della trave.
<b>Rx, Ry, Rz</b>	: Valori delle rigidezze alla rotazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare rotazione mutua tra trave e nodo è impedita (ovvero la rotazione assoluta del nodo e dell'estremo dell'asta è la medesima), mentre lo 0 indica che non vi è continuità tra tali elementi ai fini di tale rotazione reciproca (ovvero la rotazione assoluta del nodo e dell'estremo dell'asta sono diverse ed indipendenti). Invece un valore maggiore di zero equivale ad una sconnessione fra il nodo e l'estremo dell'asta (rotazioni assolute diverse), ma sul nodo agirà un momento, nella direzione della sconnessione inserita, di valore pari alla rigidezza per la variazione di rotazione. Se viene inserito un valore compreso fra -1 (incastrato) e 0 (libero), fattore di connessione, il programma trasforma in automatico tale numero in una rigidezza esplicita. Gli assi X e Y sono quelli del riferimento locale della sezione, mentre Z è parallelo all'asse della trave.

## • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'input piastre.

<b>Piastra N.ro</b>	: Numero identificativo della piastra in esame
<b>Filo 1</b>	: Numero del filo fisso su cui è stato posto il primo spigolo della piastra
<b>Filo 2</b>	: Numero del filo fisso su cui è stato posto il secondo spigolo della piastra
<b>Filo 3</b>	: Numero del filo fisso su cui è stato posto il terzo spigolo della piastra
<b>Filo 4</b>	: Numero del filo fisso su cui è stato posto il quarto spigolo della piastra
<b>Tipo carico</b>	: Numero di archivio delle tipologie di carico
<b>Quota filo 1</b>	: Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del primo

<b>Quota filo 2</b>	: Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del secondo filo fisso
<b>Quota filo 3</b>	: Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del terzo filo fisso
<b>Quota filo 4</b>	: Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del quarto filo fisso
<b>Tipo sezione</b>	: Numero identificativo della sezione della piastra
<b>Spessore</b>	: Spessore della piastra
<b>Kwinkler</b>	: Costante di Winkler del terreno su cui poggia la piastra (zero nel caso di piastre in elevazione)
<b>Tipo mater.</b>	: Numero di archivio dei materiali shell

ARCHIVIO MATERIALI PIASTRE: MATRICE ELASTICA													
Materiale N.ro	Densita' kg/mc	Ex*1E3 kg/cmq	Ni.x	Alfa.x (*1E5)	Ey*1E3 kg/cmq	Ni.y	Alfa.y (*1E5)	E11*1E3 kg/cmq	E12*1E3 kg/cmq	E13*1E3 kg/cmq	E22*1E3 kg/cmq	E23*1E3 kg/cmq	E33*1E3 kg/cmq
1	2500	315	0,20	1,00	315	0,20	1,00	328	66	0	328	0	131

ARCHIVIO SEZIONI SHELLS					
		Sezione N.ro	Spessore cm	Tipo Mater.	Tipo Elemento (descrizione)
		601	14	1	LASTRA-PIASTRA

ARCHIVIO TIPOLOGIE DI CARICO													
Car. N.ro	Peso Strut kg/mq	Perman. NONSTRU kg/mq	Varia bile kg/mq	Neve kg/mq	Destinaz. d'Uso	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Anal Car. N.ro	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TIPO DI CARICO			
1	300	100	200	0	Categ. A	0,7	0,5	0,3	33				
2	0	200	200	0	Categ. A	0,7	0,5	0,3					
3	30	70	10	650	Categ. A	0,7	0,5	0,3					
4	500	100	0	650	Categ. A	0,7	0,5	0,3					

DATI GENERALI DI STRUTTURA				
DATI GENERALI DI STRUTTURA				
Massima dimens. dir. X (m)		5,40		Altezza edificio (m)
Massima dimens. dir. Y (m)		7,60		Differenza temperatura(°C)
PARAMETRI SISMICI				
Vita Nominale (Anni)		50	Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est (Grd)		11,68401	Latitudine Nord (Grd)	43,63159
Categoria Suolo		E	Coeff. Condiz. Topogr.	1,20000
Sistema Costruttivo Dir.1		Utente	Sistema Costruttivo Dir.2	Utente
Regolarita' in Altezza		NO(KR=.8)	Regolarita' in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)		0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta		NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.				
Probabilita' Pvr		0,63	Periodo di Ritorno Anni	50,00
Accelerazione Ag/g		0,06	Periodo T'c (sec.)	0,27
Fo		2,57	Fv	0,86
Fattore Stratigrafia'Ss'		1,60	Periodo TB (sec.)	0,17
Periodo TC (sec.)		0,52	Periodo TD (sec.)	1,84
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.				
Probabilita' Pvr		0,10	Periodo di Ritorno Anni	475,00
Accelerazione Ag/g		0,14	Periodo T'c (sec.)	0,31
Fo		2,45	Fv	1,23
Fattore Stratigrafia'Ss'		1,60	Periodo TB (sec.)	0,19
Periodo TC (sec.)		0,57	Periodo TD (sec.)	2,16
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ESPLICITO - D I R. 1				
Fattore di struttura 'q'		1,00		
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ESPLICITO - D I R. 2				
Fattore di struttura 'q'		1,00		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI				
Acciaio per carpenteria		1,21	Verif.Instabilita' acciaio:	1,21
Acciaio per CLS armato		1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.		1,00	Legno per comb. fondament.:	1,50
Livello conoscenza		NUOVA COSTRUZIONE		
FRP Collasso Tipo 'A'		1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20

FRP Collasso Tipo 'B'  
FRP Resist. Press/Fless  
FRP Resist. Confinamento

1,25  
1,00  
1,10

FRP Delaminazione Tipo 'B'  
FRP Resist. Taglio/Torsione

1,50  
1,20

### COORDINATE E TIPOLOGIA FILI FISSI

Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m		Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m
1	0,28	6,67		2	2,37	6,67
3	4,47	6,67		4	1,32	6,67
5	1,32	0,28		6	0,28	0,28
7	2,37	0,28		8	4,47	0,28
9	-0,33	7,27		10	5,07	7,27
11	-0,33	-0,33		12	5,07	-0,33
13	3,42	6,67		14	3,42	0,28
15	0,09	6,89		16	4,68	6,89
17	4,68	0,09		18	0,09	0,09

### QUOTE PIANI SISMICI ED INTERPIANI

Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp XY	Alt.	Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp XY	Alt.
0	0,00	Piano Terra			1	3,68	Interpiano	NO	NO

### TRAVI IN ACCIAIO/LEGNO ALLA QUOTA 0 m

DATI GENERALI				QUOTE				SCOSTAMENTI				CARICHI											
Trav N.ro	Sez. N.ro	Tipo Elemento fini sismici	Ang Grd	Fil in.	Fil fin	Q.in. (m)	Q.fin (m)	Dxi cm	Dyi cm	Dzi cm	Dxf cm	Dyf cm	Dzf cm	Pann	Tamp	Ball kg / m	Espl	Tot.	Torc kg	Orizz kg / m	Assia kg / m	Ali %	Crit N.ro
1	887	Tel.SismoRes.	0	18	17	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	2208	0	0	2208	0	0	0	0	0	101
2	887	Tel.SismoRes.	0	16	17	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	2208	0	0	2208	0	0	0	0	0	101
6	887	Tel.SismoRes.	0	15	18	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	2208	0	0	2208	0	0	0	0	0	101
7	887	Tel.SismoRes.	0	15	16	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	2208	0	0	2208	0	0	0	0	0	101

### TRAVI IN ACCIAIO/LEGNO ALLA QUOTA 3,68 m

DATI GENERALI				QUOTE				SCOSTAMENTI				CARICHI												
Trav N.ro	Sez. N.ro	Tipo Elemento fini sismici	Ang Grd	Fil in.	Fil fin	Q.in. (m)	Q.fin (m)	Dxi cm	Dyi cm	Dzi cm	Dxf cm	Dyf cm	Dzf cm	Pann	Tamp	Ball kg / m	Espl	Tot.	Torc kg	Orizz kg / m	Assia kg / m	Ali %	Crit N.ro	
11	1079	Tel.SismoRes.	0	2	7	3,68	3,68	0	0	-15	0	0	-15	846	0	0	0	846	0	0	0	0	20	101
12	1079	Tel.SismoRes.	0	4	5	3,68	3,68	0	0	-15	0	0	-15	830	0	0	0	830	0	0	0	0	20	101
13	1079	Tel.SismoRes.	0	13	14	3,68	3,68	0	0	-15	0	0	-15	830	0	0	0	830	0	0	0	0	20	101

### SETTI ALLA QUOTA 3,68 m

GEOMETRIA				QUOTE				SCOSTAMENTI				CARICHI VERTICALI								PRESSIONI				RINFORZI MUR			
Sett N.ro	Sez N.r	Sp. cm	Fil in.	Fil fin	Q.in. (m)	Q.fin (m)	Dxi cm	Dyi cm	Dzi cm	Dxf cm	Dyf cm	Dzf cm	Pann	Tamp	Ball kg / m	Espl	Tot.	Torc kg	Orizz kg / m	Assia kg / m	Ali %	Psup. kg/mq	Pinf. kg/mq	Mat Nro	Ini cm	Fin. cm	
1	601	14	1	6	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	456	0	0	0	456	0	0	0	20	150	150				
2	601	14	2	13	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150				
3	601	14	3	8	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	456	0	0	0	456	0	0	0	20	150	150			
4	601	14	1	4	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			
5	601	14	6	5	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			
6	601	14	7	14	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			
7	601	14	13	3	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			
8	601	14	4	2	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			
9	601	14	5	7	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			
10	601	14	8	3,68	3,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	150			

### FORI SETTI ALLA QUOTA 3,68 m

Setto N.ro	Foro N.ro	Base f cm	Alt. f cm	Codice Posiz.Foro	Asc. f cm	Ord. f cm	Sezione Catena	Sezione Cerchiat.	Sezione Architrav	Sezione Piedritti	Mat. SubF	Crit Prog	FilOn mm	NFer Sup.	NFer Inf.	Fist mm	PSta cm
1	1	110	145	LIBERO	372	100	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna							
3	1	110	245	LIBERO	10	0	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna							
6	1	65	262	LIBERO	0	0	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna							
8	1	80	145	LIBERO	25	100	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna							
9	1	45	262	LIBERO	60	0	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna							

### RIGIDEZZE NODALI TRAVI QUOTA 3,68 m

Trave N.ro	NODO INIZIALE							NODO FINALE						
	Codice	Tx (t/m)	Ty (t/m)	Tz (t/m)	Rx (t·m)	Ry (t·m)	Rz (t·m)	Codice	Tx (t/m)	Ty (t/m)	Tz (t/m)	Rx (t·m)	Ry (t·m)	Rz (t·m)
11	CF	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	LIBERO	LIBERO	INCASTRO	CF	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	LIBERO	INCASTRO
12	CF	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	LIBERO	LIBERO	INCASTRO	CF	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	LIBERO	INCASTRO
13	CF	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	LIBERO	LIBERO	INCASTRO	CF	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	INCASTRO	LIBERO	INCASTRO

### GEOMETRIA MEGA-PIASTRE ALLA QUOTA 0 m

Mega	Tipo	Tipo	Spess.	Kwinkl.	Tipo	Vert.	X	Y
------	------	------	--------	---------	------	-------	---	---

N.ro	Carico	Sez.	cm	kg/cmc	Mat.	N.ro	(m)	(m)
1	2	1	25,0	10,0	1	1 2 3 4	-0,33 -0,33 5,07 5,07	7,27 -0,33 -0,33 7,27

#### COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso Strutturale	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	1,50	1,05	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Neve h>1000	1,05	1,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	-1,00	1,00	-1,00

#### COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Abitazioni	1,00	0,70
Var.Neve h>1000	0,70	1,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,50	0,30
Var.Neve h>1000	0,20	0,50
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00

#### COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Var.Abitazioni	0,30
Var.Neve h>1000	0,20
Sisma direz. grd 0	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00

### SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

- Filo N.ro** : Numero del filo del nodo inferiore o superiore  
**Quota inf/sup** : Quota del nodo inferiore e del nodo superiore  
**Nodo inf/sup** : Numero dei nodi inferiore e superiore per la determinazione degli spostamenti sismici relativi  
**Sisma N.ro** : Numero del sisma per cui è massimo il valore dello spostamento totale calcolato per lo S.L.D.  
**Combin N.ro** : Numero della combinazione per cui è massimo il valore dello spostamento totale calcolato per lo S.L.D.  
**Spostam. Calcolo** : valore dello spostamento totale calcolato per lo S.L.D.  
**Spostam. Limite** : valore dello spostamento limite per lo S.L.D.  
**Sisma N.ro** : Numero del sisma per cui è massimo il valore dello spostamento totale calcolato per lo S.L.O.  
**Combin N.ro** : Numero della combinazione per cui è massimo il valore dello spostamento totale calcolato per lo S.L.O.  
**Spostam. Calcolo** : valore dello spostamento totale calcolato per lo S.L.O.  
**Spostam. Limite** : valore dello spostamento limite per lo S.L.O.

### • VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

- Fili N.ro** : Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale  
**Quota** : Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale  
**Tratto** : Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave  
**Cmb N.r** : Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ( $1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$ ). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:  
**N Sd** : Sforzo normale di calcolo

<b>MxSd</b>	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
<b>MySd</b>	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
<b>VxSd</b>	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
<b>VySd</b>	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
<b>T Sd</b>	: Torsione di calcolo
<b>N Rd</b>	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
<b>MxV.Rd</b>	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
<b>MyV.Rd</b>	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
<b>VxpIRd</b>	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
<b>VypIRd</b>	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse Y locale
<b>T Rd</b>	: Torsione resistente
<b>f<sub>y</sub> rid</b>	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
<b>Rap %</b>	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
<b>Sez.N</b>	: Numero di archivio della sezione
<b>Ac</b>	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
<b>Qn</b>	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
<b>Asta</b>	: Numerazione dell'asta

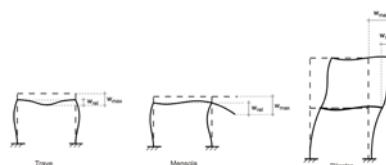
Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovraresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

<b>I</b>	: Lunghezza della trave
<b><math>\beta^*I</math></b>	: Lunghezza libera di inflessione
<b>clas.</b>	: Classe di verifica della trave
<b><math>\epsilon</math></b>	: $(235/f_y)^{(1/2)}$ . Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).
<b>Lmd</b>	: Snellezza lambda
<b>R%pf</b>	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
<b>R%ft</b>	: Rapporto di verifica per l'instabilità flesso-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
<b>Wmax</b>	: Spostamento massimo
<b>Wrel</b>	: Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
<b>Wlim</b>	: Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti  $W_{rel} \leq W_{lim}$ , essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con  $W_{max} > W_{lim}$ .

Se:

<b>Rap %</b>	: 111 La sezione non verifica per taglio elevato
<b>Rap %</b>	: 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

<b>N Rd → <math>\sigma_n</math></b>	: Tensione normale dovuta a sforzo normale
<b>MxV.Rd → <math>\sigma M_x</math></b>	: Tensione normale dovuta a momento $M_x$
<b>MyV.Rd → <math>\sigma M_y</math></b>	: Tensione normale dovuta a momento $M_y$
<b>VxplRd → <math>\tau_x</math></b>	: Tensione tangenziale dovuta a taglio $T_x$
<b>VyplRd → <math>\tau_y</math></b>	: Tensione tangenziale dovuta a taglio $T_y$
<b>T Rd → <math>\tau M_t</math></b>	: Tensione tangenziale da momento torcente
<b>fy rid → Rapp. Fless</b>	: Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno
<b>Rap % → Rapp.Taglio</b>	: Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente
<b>clas. → KcC</b>	: Coefficiente di instabilità di colonna ( $K_{crit,c}$ ) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]
<b>lmd → KcM</b>	: Coefficiente di instabilità di trave ( $K_{crit,m}$ ) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
<b>R%pf → Rx</b>	: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente $K_m$ è applicato al termine del momento $Y$
<b>R%ft → Ry</b>	: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente $K_m$ è applicato al termine del momento $X$

Gli spostamenti  $W_{max}$  e  $W_{rel}$  sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell'Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con  $U^P$  gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con  $U^Q$  quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$

#### • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa della verifica degli elementi bidimensionali allo stato limite ultimo.

<b>Quota N.ro:</b>	: Quota a cui si trova l'elemento
<b>Perim. N.ro</b>	: Numero identificativo del macroelemento il cui perimetro è stato definito prima di eseguire la verifica
<b>Nodo 3d N.ro</b>	: Numero del nodo relativo alla suddivisione del macroelemento in microelementi
<b>Nx</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale (il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
<b>Ny</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale
<b>Txy</b>	: Sforzo tagliante sul piano dell'elemento con direzione y e agente sulla faccia di normale x del sistema locale (ovvero anche, per la simmetria delle tensioni tangenziali, sforzo tagliante sul piano dell'elemento con direzione x e agente sulla faccia di normale y del sistema locale)
<b>Mx</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. Per le verifiche è accoppiato allo sforzo normale Nx. Questo momento è incrementato per tenere in conto il valore del momento torcente Mxy
<b>My</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale. Per le verifiche è accoppiato allo sforzo normale Ny. Questo momento è incrementato per tenere in conto il valore del momento torcente Mxy
<b>Mxy</b>	: Momento torcente con asse vettore x e agente sulla sezione di normale x (ovvero anche, per la simmetria delle tensioni tangenziali momento torcente con asse vettore y e agente sulla sezione di normale y)
<b><math>\epsilon_{cx} *10000</math></b>	: Deformazione del calcestruzzo nella faccia di normale x *10000 (Es. 0.35% = 35)
<b><math>\epsilon_{cy} *10000</math></b>	: Deformazione del calcestruzzo nella faccia di normale y *10000 (Es. 0.35% = 35)
<b><math>\epsilon_{fx} *10000</math></b>	: Deformazione dell'acciaio nella faccia di normale x *10000 (Es. 1% = 100)
<b><math>\epsilon_{fy} *10000</math></b>	: Deformazione dell'acciaio nella faccia di normale y *10000 (Es. 1% = 100)
<b>Ax superiore</b>	: Area totale armatura superiore diretta lungo x. Area totale è l'area della presso-flessione più l'area per il taglio riportata dopo)
<b>Ay superiore</b>	: Area totale armatura superiore diretta lungo y
<b>Ax inferiore</b>	: Area totale armatura inferiore diretta lungo x
<b>Ay inferiore</b>	: Area totale armatura inferiore diretta lungo y
<b>Atag</b>	: Area per il taglio su ciascuna faccia per le due direzioni
<b><math>\sigma_t</math></b>	: Tensione massima di contatto con il terreno
<b>Eta</b>	: Abbassamento verticale del nodo in esame
<b>Fpunz</b>	: Forza di punzonamento determinata amplificando il massimo valore della forza punzonante (ottenuta dall'inviluppo fra le varie combinazioni di carico agenti) per un coefficiente beta raccomandato nell'eurocodice 2 (figura 6.21). Per le piastre di fondazione la forza di punzonamento è stata ridotta dell'effetto favorevole della pressione del suolo
<b>FpunzLi</b>	: Resistenza al punzonamento ottenuta dall'applicazione della formula (6.47) dell'erurocodice 2, utilizzando il perimetro di base definito nelle figure 6.13 e 6.15
<b>Apunz</b>	: Armatura di punzonamento calcolata dalla formula (6.52) dell'eurocodice 2

Nel caso di stampa di riverifiche degli elementi con le armature effettivamente disposte sul disegno ferri le colonne delle ε vengono sostituite con:

<b>Molt.</b>	: Moltiplicatore delle sollecitazioni che porta a rottura la sezione, rispettivamente nelle direzioni X e Y
<b>x/d</b>	: Posizione adimensionalizzata dell'asse neutro rispettivamente nelle direzioni X e Y

#### • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche agli stati limite di esercizio degli elementi bidimensionali.

<b>Quota</b>	: Quota a cui si trova l'elemento
<b>Perim.</b>	: Numero identificativo del macro-elemento il cui perimetro è stato definito prima di eseguire la verifica
<b>Nodo</b>	: Numero del nodo relativo alla suddivisione del macro-elemento in microelementi
<b>Comb Cari</b>	: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti
<b>Fes lim</b>	: Fessura limite espressa in mm
<b>Fess.</b>	: Fessura di calcolo espressa in mm; se sull'elemento non si aprono fessure tutta la riga sarà nulla
<b>Dist mm</b>	: Distanza fra le fessure
<b>Combin</b>	: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima fessura
<b>Mf X</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
<b>N X</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale
<b>Mf Y</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
<b>N Y</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale
<b>Cos teta</b>	: Coseno dell'angolo teta tra l'armatura in direzione X e la direzione della tensione principale di trazione

<b>Sin teta</b>	: Seno dell'angolo teta
<b>Combina Carico</b>	: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls
<b>s lim</b>	: Valore della tensione limite in Kg/cm <sup>2</sup>
<b>s cal</b>	: Valore della tensione di calcolo in Kg/cm <sup>2</sup> sulla faccia di normale x
<b>Conbin</b>	: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione
<b>Mf X</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
<b>N X</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale
<b>s cal</b>	: Valore della tensione di calcolo in Kg/cm <sup>2</sup> sulla faccia di normale y
<b>Combin</b>	: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione
<b>Mf Y</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale
<b>N Y</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale

#### • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa della verifica degli elementi bidimensionali allo stato limite ultimo.

<b>Gruppo Quote</b>	: Numero identificativo del gruppo di quote definito prima di eseguire la verifica
<b>Generatrice</b>	: Numero identificativo della generatrice definita prima di eseguire la verifica
<b>Nodo 3d N.ro</b>	: Numero del nodo relativo alla suddivisione del macroelemento in microelementi
<b>Nx</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale ha l'asse x nella direzione del setto e l'asse y verticale)
<b>Ny</b>	: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale
<b>Txy</b>	: Sforzo tagliante sul piano dell'elemento con direzione y e agente sulla faccia di normale x del sistema locale. (Ovvero anche, per la simmetria delle tensioni tangenziali, sforzo tagliante sul piano dell'elemento con direzione x e agente sulla faccia di normale y del sistema locale)
<b>Mx</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. Per le verifiche è accoppiato allo sforzo normale Nx. Questo momento è incrementato per tenere in conto il valore del momento torcente Mxy
<b>My</b>	: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale. Per le verifiche è accoppiato allo sforzo normale Ny. Questo momento è incrementato per tenere in conto il valore del momento torcente Mxy
<b>Mxy</b>	: Momento torcente con asse vettore x e agente sulla sezione di normale x (ovvero anche, per la simmetria delle tensioni tangenziali, momento torcente con asse vettore y e agente sulla sezione di normale y)
<b><math>\epsilon_{ex}^*</math> 10000</b>	: Deformazione del calcestruzzo nella faccia di normale x × 10000 (Es. 0.35% = 35)
<b><math>\epsilon_{ey}^*</math> 10000</b>	: Deformazione del calcestruzzo nella faccia di normale y × 10000 (Es. 0.35% = 35)
<b><math>\epsilon_{fx}^*</math> 10000</b>	: Deformazione dell'acciaio nella faccia di normale x × 10000 (Es. 1% = 100)
<b><math>\epsilon_{fy}^*</math> 10000</b>	: Deformazione dell'acciaio nella faccia di normale x × 10000 (Es. 1% = 100)
<b>Ax superiore</b>	: Area totale armatura superiore diretta lungo x. (Area totale è l'area della presso-flessione più l'area per il taglio riportata dopo)
<b>Ay superiore</b>	: Area totale armatura superiore diretta lungo y
<b>Ax inferiore</b>	: Area totale armatura inferiore diretta lungo x
<b>Ay inferiore</b>	: Area totale armatura inferiore diretta lungo y
<b>Atag</b>	: Area per il taglio su ciascuna faccia per le due direzioni
<b><math>\sigma_t</math></b>	: Tensione massima di contatto con il terreno
<b>Eta</b>	: Abbassamento verticale del nodo in esame

Nel caso di stampa di riverifiche degli elementi con le armature effettivamente disposte sul disegno ferri le colonne delle ε vengono sostituite con:

<b>Molt.</b>	: Moltiplicatore delle sollecitazioni che porta a rottura la sezione, rispettivamente nelle direzioni X e Y
--------------	---

#### • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche agli stati limite di esercizio degli elementi bidimensionali.

<b>Gr.Q</b>	: Numero identificativo del gruppo di quote definito prima di eseguire la verifica
<b>Gen</b>	: Numero identificativo della generatrice definita prima di eseguire la verifica
<b>Nodo</b>	: Numero del nodo relativo alla suddivisione del macro-elemento in microelementi
<b>Comb. Cari</b>	: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanente
<b>Fes lim</b>	: Fessura limite espressa in mm
<b>Fess.</b>	: Fessura di calcolo espressa in mm; se sull'elemento non si aprono fessure tutta la riga

	<i>sarà nulla</i>
<b>Dist mm</b>	: <i>Distanza fra le fessure</i>
<b>Combin</b>	: <i>Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima fessura</i>
<b>Mf X</b>	: <i>Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)</i>
<b>N X</b>	: <i>Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale</i>
<b>Mf Y</b>	: <i>Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)</i>
<b>N Y</b>	: <i>Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale</i>
<b>Cos teta</b>	: <i>Coseno dell'angolo teta tra l'armatura in direzione X e la direzione della tensione principale di trazione</i>
<b>Sin teta</b>	: <i>Seno dell'angolo teta</i>
<b>Combin</b>	: <i>Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls</i>
<b>Carico</b>	
<b>s lim</b>	: <i>Valore della tensione limite in Kg/cmq</i>
<b>s cal</b>	: <i>Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq sulla faccia di normale x</i>
<b>Conbin</b>	: <i>Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione</i>
<b>Mf X</b>	: <i>Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)</i>
<b>N X</b>	: <i>Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale</i>
<b>s cal</b>	: <i>Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq sulla faccia di normale y</i>
<b>Combin</b>	: <i>Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione</i>
<b>Mf Y</b>	: <i>Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale</i>
<b>N Y</b>	: <i>Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale</i>

SPOSTAMENTI SISMICI RELATIVI													
IDENTIFICATIVO					INVILUPPO S.L.D.				INVILUPPO S.L.O.				
Filo N.ro	Quota inf. (m)	Quota sup. (m)	Nodo inf. N.ro	Nodo sup. N.ro	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Stringa di Controllo Verifica
1	0,00	0,98	5	22	1	5	0,018	2,940					VERIFICATO
1	0,98	1,96	22	23	1	4	0,024	2,940					VERIFICATO
1	1,96	2,94	23	28	1	4	0,028	2,940					VERIFICATO
2	0,00	1,00	35	46	2	9	0,257	3,00					VERIFICATO
2	1,00	2,45	46	43	2	9	0,535	4,350					VERIFICATO
2	2,45	3,68	43	41	2	7	0,693	3,690					VERIFICATO
3	0,00	0,98	47	65	2	8	0,032	2,940					VERIFICATO
3	0,98	1,96	65	66	1	4	0,040	2,940					VERIFICATO
3	1,96	2,94	66	76	2	7	0,050	2,940					VERIFICATO
4	0,00	1,10	83	100	2	9	0,205	3,310					VERIFICATO
4	1,10	2,21	100	101	2	9	0,279	3,310					VERIFICATO
4	2,21	3,31	101	84	2	7	0,414	3,310					VERIFICATO
5	0,00	1,10	85	108	2	9	0,127	3,310					VERIFICATO
5	1,10	2,21	108	109	2	9	0,276	3,310					VERIFICATO
5	2,21	3,31	109	86	2	7	0,486	3,310					VERIFICATO
6	0,00	0,98	24	13	1	4	0,020	2,940					VERIFICATO
6	0,98	1,96	13	18	1	4	0,029	2,940					VERIFICATO
6	1,96	2,94	18	34	1	3	0,036	2,940					VERIFICATO
7	2,62	3,68	93	91	2	7	0,626	3,180					VERIFICATO
8	0,00	0,98	70	54	1	4	0,040	2,940					VERIFICATO
8	0,98	1,96	54	59	1	4	0,030	2,940					VERIFICATO
8	1,96	2,94	59	82	1	4	0,023	2,940					VERIFICATO
9	0,00	0,99	6	11	1	3	0,103	2,957					VERIFICATO
9	0,99	1,89	11	14	1	3	0,210	2,721					VERIFICATO
9	1,89	2,94	14	29	1	5	0,270	3,142					VERIFICATO
10	0,00	0,99	7	12	1	5	0,152	2,974					VERIFICATO
10	0,99	1,83	12	15	1	5	0,314	2,502					VERIFICATO
10	1,83	2,94	15	30	1	5	0,471	3,344					VERIFICATO
11	0,00	2,94	8	31	1	6	0,999	8,820					VERIFICATO
12	0,00	1,00	9	26	1	4	0,117	3,000					VERIFICATO
12	1,00	2,45	26	20	1	4	0,541	4,350					VERIFICATO
12	2,45	2,94	20	32	1	6	0,164	1,470					VERIFICATO
13	0,00	1,10	44	38	2	9	0,191	3,310					VERIFICATO
13	1,10	2,21	38	40	2	9	0,250	3,310					VERIFICATO
13	2,21	3,31	40	45	2	7	0,451	3,310					VERIFICATO
14	0,00	1,10	94	88	2	9	0,164	3,310					VERIFICATO
14	1,10	2,21	88	90	2	9	0,294	3,310					VERIFICATO
14	2,21	3,31	90	95	2	9	0,441	3,310					VERIFICATO

**SPOSTAMENTI SISMICI RELATIVI**

IDENTIFICATIVO					INVILUPPO S.L.D.				INVILUPPO S.L.O.				
Filo N.ro	Quota inf. (m)	Quota sup. (m)	Nodo inf. N.ro	Nodo sup. N.ro	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Stringa di Controllo Verifica
19	0,00	2,94	10	33	1	4	0,357	8,820					VERIFICATO
20	1,00	1,73	25	16	1	4	0,306	2,175					VERIFICATO
20	1,73	2,45	16	19	1	6	0,317	2,175					VERIFICATO
21	1,00	1,73	27	17	1	4	0,179	2,175					VERIFICATO
21	1,73	2,45	17	21	1	4	0,188	2,175					VERIFICATO
22	0,00	1,06	36	37	2	9	0,243	3,172					VERIFICATO
22	1,06	2,33	37	39	2	9	0,409	3,813					VERIFICATO
22	2,33	3,50	39	42	2	7	0,605	3,500					VERIFICATO
23	0,00	0,88	48	53	1	6	0,316	2,653					VERIFICATO
23	0,88	1,67	53	56	1	6	0,385	2,348					VERIFICATO
23	1,67	2,45	56	61	1	6	0,378	2,348					VERIFICATO
23	2,45	2,94	61	78	1	6	0,237	1,470					VERIFICATO
24	0,00	2,94	49	79	1	5	1,554	8,820					VERIFICATO
25	0,00	1,00	50	74	1	3	0,381	3,000					VERIFICATO
25	1,00	2,45	74	63	1	3	0,785	4,350					VERIFICATO
25	2,45	2,94	63	80	1	5	0,229	1,470					VERIFICATO
26	0,00	2,94	51	81	1	3	0,725	8,820					VERIFICATO
27	0,00	0,82	72	52	1	6	0,199	2,450					VERIFICATO
27	0,82	1,63	52	55	1	6	0,267	2,450					VERIFICATO
27	1,63	2,45	55	60	1	4	0,201	2,450					VERIFICATO
28	1,00	1,73	73	57	1	3	0,452	2,175					VERIFICATO
28	1,73	2,45	57	62	1	5	0,417	2,175					VERIFICATO
29	1,00	1,73	75	58	1	3	0,296	2,175					VERIFICATO
29	1,73	2,45	58	64	1	3	0,274	2,175					VERIFICATO
30	0,00	0,82	71	67	2	10	0,029	2,450					VERIFICATO
30	0,82	1,63	67	68	1	4	0,038	2,450					VERIFICATO
30	1,63	2,45	68	69	2	8	0,029	2,450					VERIFICATO
32	0,00	1,31	96	87	2	9	0,289	3,930					VERIFICATO
32	1,31	2,62	87	89	2	9	0,472	3,930					VERIFICATO
34	0,00	3,50	97	99	2	7	1,241	10,485					VERIFICATO
35	1,00	2,45	104	98	2	9	0,518	4,350					VERIFICATO
36	1,00	2,45	103	102	2	9	0,435	4,350					VERIFICATO
37	0,00	1,31	110	105	2	9	0,271	3,930					VERIFICATO
37	1,31	2,62	105	106	2	7	0,511	3,930					VERIFICATO

**STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - LEGNO**

Mat. N.ro	Clas Serv	Comb N.ro	Classe durata di riferimento	Kmod	Gamma	fmd kg/cmq	fcd kg/cmq	ftd kg/cmq	fvd kg/cmq
103	2	0	Permanente	0,60	1,50	200,0	116,0	120,0	16,0
			Media Durata	0,80	1,50	266,7	154,7	160,0	21,3
			Media Durata	0,80	1,50	266,7	154,7	160,0	21,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3
			Istantaneo	1,10	1,50	366,7	212,7	220,0	29,3

**STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - LEGNO + VERIFICA S.L.E.**

VERIFICHE ASTE IN LEGNO																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Trat to	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	σn	σMx	σMy (kg/cmq)	τx	τy	τMt	Rapp. Fless	Rapp. Taglio
Sez.N. 1079	2	3,68	2	-33	0	0	0	4341	0	0	0	0	0	6	0	0,00	0,30	
Lg 32x32	qn=	-923	2	-33	6941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,48	0,00	
Asta: 5	7	3,68	2	-33	0	0	0	0	-4341	0	0	0	0	0	6	0	0,00	0,30
Instab.:l=	639,6	β*I=	447,7	-33	6941	0	KcC= 0,84	KcM= 1,00	Rx= 0,48	Ry= 0,33	Wmax/rel/lim=	21,92	21,17	31,98	mm			
Sez.N. 1079	4	3,31	2	267	0	0	0	4264	0	0	0	0	0	6	0	0,00	0,29	
Lg 32x32	qn=	-907	2	267	6819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	0,00	
Asta: 6	5	3,31	2	267	0	0	0	0	-4264	0	0	0	0	0	6	0	0,00	0,29
Instab.:l=	639,6	β*I=	447,7	267	6819	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,47	Ry= 0,33	Wmax/rel/lim=	21,53	20,82	31,98	mm			
Sez.N. 1079	13	3,31	2	-135	0	0	0	4264	0	0	0	0	0	6	0	0,00	0,29	
Lg 32x32	qn=	-907	2	-135	6819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	0,00	
Asta: 7	14	3,31	2	-135	0	0	0	0	-4264	0	0	0	0	0	6	0	0,00	0,29
Instab.:l=	639,6	β*I=	447,7	-135	6819	0	KcC= 0,84	KcM= 1,00	Rx= 0,47	Ry= 0,33	Wmax/rel/lim=	21,57	20,82	31,98	mm			

**STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - FATTORE DI COMPORTAMENTO DEGLI ELEMENTI**

IDENTIFICATIVO							DIREZIONE X		DIREZIONE Y		IDENTIFICATIVO							DIREZIONE X		DIREZIONE Y	
Asta 3D	Nodo In.	Nodo Fin.	Filo Iniz.	Filo Fin.	QuoIn (m)	QuoFi (m)	Fattore 'q' Tagl.	Fless.	Fattore 'q' Tagl.	Fless.	Asta 3D	Nodo In.	Nodo Fin.	Filo Iniz.	Filo Fin.	QuoIn (m)	QuoFi (m)	Fattore 'q' Tagl.	Fless.	Fattore 'q' Tagl.	Fless.
5 7	41 45	91 95	2 13	7 14	3,68 3,31	3,68 3,31	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00 1,00	6	84	86	4	5	3,31	3,31	1,00	1,00	1,00	1,00

S.L.U. - AZIONI S.L.V. -VERIFICA PIASTRE - QUOTA: 0 ELEMENTO: 1																					
Quo N.r.	P. Nr.	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	Mxy kgm/m	cc x *10000	cc y *10000	cf x *10000	cf y	Axs	Ays	Axi	Ayi	Atag	ct kg/cmq	eta mm	Fpunz. kg	FpnzLi kg	Apunz cmq
0 1 144	0 0	0 0	0 0	0 0	-919 0	-596 0	-92 0	2 0	17 0	15 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	0,0 0	0,2 0	0,2 0	-0,2 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0
0 1 157	0 0	0 0	0 0	0 0	364 0	261 0	-156 1	1 1	9 7	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 158	0 0	0 0	0 0	0 0	306 0	192 0	60 1	1 1	8 5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 159	0 0	0 0	0 0	0 0	370 0	272 0	-153 1	1 1	9 7	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 160	0 0	0 0	0 0	0 0	478 0	318 0	237 1	1 1	12 8	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 161	0 0	0 0	0 0	0 0	419 0	369 0	273 1	1 1	10 11	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 162	0 0	0 0	0 0	0 0	387 0	386 0	203 1	1 1	10 10	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 163	0 0	0 0	0 0	0 0	379 0	300 0	230 1	1 1	10 8	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 164	0 0	0 0	0 0	0 0	197 0	134 0	134 1	1 1	5 9	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 165	0 0	0 0	0 0	0 0	279 0	377 0	-191 1	1 1	7 10	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 166	0 0	0 0	0 0	0 0	473 0	384 0	-287 1	1 1	12 10	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 167	0 0	0 0	0 0	0 0	354 0	-303 0	-282 1	1 1	9 8	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 168	0 0	0 0	0 0	0 0	400 0	456 0	-273 1	1 1	10 12	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 169	0 0	0 0	0 0	0 0	253 0	320 0	-113 1	1 1	6 8	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 170	0 0	0 0	0 0	0 0	294 0	362 0	-246 1	1 1	8 9	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 171	0 0	0 0	0 0	0 0	492 0	441 0	-345 1	1 1	13 11	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 172	0 0	0 0	0 0	0 0	457 0	401 0	-283 1	1 1	12 10	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 173	0 0	0 0	0 0	0 0	216 0	275 0	82 1	1 1	6 7	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 174	0 0	0 0	0 0	0 0	343 0	358 0	205 1	1 1	9 9	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,5 0	-0,5 0	
0 1 175	0 0	0 0	0 0	0 0	475 0	-537 0	307 1	1 1	12 14	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,4 0	0,4 0	-0,4 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	
0 1 176	0 0	0 0	0 0	0 0	558 0	-470 0	388 2	1 1	14 12	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	2,5 2,5	0,0 0	0,5 0	0,5 0	-0,5 0	0,0 0	0,4 0	-0,4 0	

S.L.E. - VERIFICA PIASTRE - QUOTA: 0 ELEMENTO: 1																							
FESSURAZIONI			TENSIONI										DIREZIONE X		DIREZIONE Y								
Quo N.r.	Per N.r.	Nodo N.ro	Comb. Cari	Fes lim	Fess mm	dis mm	Co mb	Mfx (t*m)	NX (t)	Mfy (t*m)	NY (t)	cos teta	sin teta	Combina Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)
0 1 144	Rara													RaraCls	150,0	16,5	2	-0,7	0,0	10,7	2	-0,4	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	-0,6	0,0	-0,4	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	790	2	-0,7	0,0	510	2	-0,4	0,0
	Perm	0,3	0,00	0 1	-0,6	0,0	-0,4	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PermCls	112,0	14,1	1	-0,6	0,0	8,8	1	-0,4	0,0
0 1 157	Rara													RaraCls	150,0	6,7	2	0,3	0,0	4,8	2	0,2	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	317	2	0,3	0,0	229	2	0,2	0,0
	Perm	0,3	0,00	0 1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PermCls	112,0	5,7	1	0,2	0,0	4,2	1	0,2	0,0
0 1 158	Rara													RaraCls	150,0	5,5	2	0,2	0,0	3,4	2	0,1	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	259	2	0,2	0,0	162	2	0,1	0,0
	Perm	0,3	0,00	0 1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PermCls	112,0	4,7	1	0,2	0,0	3,0	1	0,1	0,0
0 1 159	Rara													RaraCls	150,0	6,6	2	0,3	0,0	4,9	2	0,2	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	0,3	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	314	2	0,3	0,0	232	2	0,2	0,0
	Perm	0,3	0,00	0 1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PermCls	112,0	5,9	1	0,2	0,0	4,6	1	0,2	0,0
0 1 160	Rara													RaraCls	150,0	8,5	2	0,3	0,0	5,7	2	0,2	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	0,3	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	404	2	0,3	0,0	270	2	0,2	0,0
	Perm	0,3	0,00	0 1	0,3	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PermCls	112,0	7,5	1	0,3	0,0	5,4	1	0,2	0,0
0 1 161	Rara													RaraCls	150,0	7,7	2	0,3	0,0	6,7	2	0,3	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	0,3	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	365	2	0,3	0,0	320	2	0,3	0,0
	Perm	0,3	0,00	0 1	0,3	0,0	0,2	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PermCls	112,0	6,5	1	0,3	0,0	5,6	1	0,2	0,0
0 1 162	Rara													RaraCls	150,0	7,0	2	0,3	0,0	7,1	2	0,3	0,0
	Freq	0,4	0,00	0 2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	RaraFer	3600	333							

**S.L.U. - AZIONI S.L.V. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 1**

Gr.Q N.ro	Gen. N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m		Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	εc x *10000	εc y *10000	ef x *10000	ef y *10000	Ax s. cmq/m	Ay s. cmq/m	Ax i. cmq/m	Ay i. cmq/m	Atag.	ct kg/cmq	eta mm
1	1	5	290	832	360	17	54	12	0	0	2	5	1,4	1,4	1,4	1,4	0,0	0,42	-0,4
1	1	20	2602	645	1202	392	177	158	2	1	17	11	2,0	1,4	1,5	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	1	21	1690	-370	1850	396	226	175	2	2	11	10	1,6	1,4	2,1	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	1	28	3557	365	1325	-620	-284	-210	3	2	15	15	2,5	1,4	2,5	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	1	30	2407	-85	1057	-282	80	-75	1	1	10	4	2,0	1,4	1,5	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	1	31	3477	-90	368	-430	-148	113	2	1	15	7	1,9	1,4	1,4	1,4	0,0	-0,4	-0,4
1	1	32	1216	232	984	-288	149	-19	2	1	11	8	1,5	1,4	2,0	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	1	33	2497	-956	820	-203	240	74	2	2	18	9	1,4	1,4	1,4	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	1	34	2743	239	415	-225	198	62	4	2	65	11	1,4	1,4	1,4	1,4	0,1	-0,4	-0,4

**S.L.U. - AZIONI S.L.V. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 2**

Gr.Q N.ro	Gen. N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m		Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	εc x *10000	εc y *10000	ef x *10000	ef y *10000	Ax s. cmq/m	Ay s. cmq/m	Ax i. cmq/m	Ay i. cmq/m	Atag.	ct kg/cmq	eta mm
1	2	28	-1937	967	1289	593	485	317	4	3	15	17	2,0	2,0	1,5	1,5	0,2	-0,4	-0,4
1	2	43	565	-2102	1376	484	209	-33	3	1	12	4	1,5	1,4	2,0	1,4	0,2	-0,5	-0,5
1	2	45	301	-1060	577	-475	-568	-227	3	3	15	11	1,4	2,1	1,9	1,4	0,1	-0,5	-0,5
1	2	47	132	1372	836	29	21	15	0	2	2	5	1,4	1,4	1,4	1,4	0,1	0,46	-0,5
1	2	76	1066	159	630	-359	189	-153	2	1	10	10	1,9	1,4	1,4	1,4	0,1	-0,5	-0,5
1	2	84	-289	-1987	840	521	450	209	5	3	32	11	1,4	1,9	1,4	1,4	0,1	-0,5	-0,5
1	2	98	1511	540	1612	722	-271	-118	4	2	21	15	1,5	1,4	2,0	1,4	0,2	-0,5	-0,5
1	2	99	-776	15	1204	746	-328	-111	11	3	95	16	1,4	1,4	1,7	1,4	0,2	-0,5	-0,5
1	2	103	374	-2720	1469	212	-257	-143	2	2	12	5	1,4	1,4	1,4	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	2	104	3137	-996	2236	123	188	22	0	1	16	6	1,4	1,4	1,4	1,4	0,3	-0,4	-0,4

**S.L.U. - AZIONI S.L.V. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 3**

Gr.Q N.ro	Gen. N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m		Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	εc x *10000	εc y *10000	ef x *10000	ef y *10000	Ax s. cmq/m	Ay s. cmq/m	Ax i. cmq/m	Ay i. cmq/m	Atag.	ct kg/cmq	eta mm
1	3	47	2068	2280	2747	89	-40	34	0	3	11	9	1,4	1,4	1,4	1,4	0,4	0,46	-0,5
1	3	63	3367	737	1229	-665	-191	-96	3	1	13	12	3,0	1,4	2,0	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	3	69	4097	5661	7970	727	117	-217	3	6	15	19	2,9	2,0	3,9	2,0	1,0	-0,5	-0,5
1	3	76	3700	-684	3600	729	306	61	3	2	14	13	2,3	1,4	3,3	1,4	0,5	-0,5	-0,5
1	3	77	7484	-879	777	349	254	13	1	2	14	10	2,0	1,4	2,5	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	3	79	2088	-652	866	-492	-120	85	3	1	14	4	2,0	1,4	1,5	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	3	80	1858	119	973	-574	-175	168	3	1	16	9	2,0	1,4	1,5	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	3	81	3488	-1079	778	309	278	124	1	2	12	10	1,5	1,4	1,9	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	3	82	3533	587	613	379	257	49	2	2	14	15	1,4	1,4	1,9	1,4	0,1	-0,4	-0,4

**S.L.U. - AZIONI S.L.V. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 4**

Gr.Q N.ro	Gen. N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m		Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	εc x *10000	εc y *10000	ef x *10000	ef y *10000	Ax s. cmq/m	Ay s. cmq/m	Ax i. cmq/m	Ay i. cmq/m	Atag.	ct kg/cmq	eta mm
1	4	18	470	1953	1158	-545	-392	-287	3	2	13	12	2,0	2,0	1,5	1,5	0,1	-0,4	-0,4
1	4	34	-2595	1659	1162	-830	-640	-413	5	4	16	17	2,0	2,0	1,5	1,5	0,1	-0,4	-0,4
1	4	59	128	1933	777	-400	-375	307	9	2	93	11	1,4	1,9	1,4	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	4	70	215	982	1454	48	-111	46	0	1	3	8	1,4	1,4	1,4	1,4	0,2	0,44	-0,4
1	4	82	2473	2181	685	667	-566	408	4	3	28	13	1,4	2,4	1,9	2,4	0,1	-0,4	-0,4
1	4	86	-66	-2748	1103	-407	-571	216	3	9	13	78	1,5	1,4	2,0	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	4	91	-1426	-1215	706	783	-281	44	4	2	13	10	1,4	1,4	2,5	1,4	0,1	-0,4	-0,4
1	4	92	-1672	-1556	1459	693	-341	73	4	3	13	12	2,0	1,4	2,1	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	4	93	3010	-114	1595	-416	-121	24	2	1	14	6	2,0	1,4	3,0	1,4	0,2	-0,4	-0,4
1	4	107	-582	-566	2167	-507	-282	121	3	2	15	12	1,6	1,4	2,1	1,4	0,3	-0,4	-0,4

**FESSURAZIONI**

GrQ N.r	Gen. N.r	Nodo N.ro	Comb. Cari	Fes. lim	Fess. mm	dis. mm	Co. mb	Mfx (t*m)	Nx (t)	Mfy (t*m)	NY (t)	cos teta	sin teta	Combina Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co. mb	Mf (t*m)	N (t)	σ cal. Kg/cmq	Co. mb	Mf (t*m)	N (t)
1	1	5	Rara											RaraCls	150,0	1,0	2	0,0	-0,1	2,7	1	0,0	-0,1
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,000	0,000	RaraFer	3600	26	1	0,0	0,0	82	1	0,0	-0,1
			Perm	0,3	0,00	0	1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,000	0,000	PermCls	112,0	0,8	1	0,0	0,1	2,8	1	0,0	0,2
1	1	20	Rara											RaraCls	150,0	6,6	1	-0,1	2,4	5,3	1	-0,1	0,5
			Freq	0,4	0,00	0	1	-0,1	1,4	-0,1	0,4	0,000	0,000	RaraFer	3600	694	2	-0,1	2,9	263	2	-0,1	0,6
			Perm	0,3	0,00	0	1	-0,1	1,4	-0,1	0,4	0,000	0,000	PermCls	112,0	8,1	1	-0,1	1,4	5,5	1	-0,1	0,4
1	1	21	Rara											RaraCls	150,0	8,6	1	0,1	1,5	4,2	1	0,1	-0,8
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	0,9	0,1	-0,4	0,000	0,000	RaraFer	3600	565	2	0,1	1,8	60	1	0,1	-0,8
			Perm	0,3	0,00</td																		

**S.L.E. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 2**

			FESSURAZIONI										TENSIONI			DIREZIONE X				DIREZIONE Y			
GrQ N.r.	Gen N.r.	Nodo N.ro	Comb. Cari	Fes lim	Fess mm	dis mm	Co mb	MFX (t*m)	NX (t)	MFY (t*m)	NY (t)	cos teta	sin teta	Combina Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)
1	2	28	Rara											RaraCls	150,0	4,7	1	0,1	-1,1	2,3	1	0,0	-0,4
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	-0,8	0,0	-0,3	0,000	0,000	RaraFer	3600	52	1	0,1	-1,1	37	1	0,0	-0,4
1	2	43	Rara											PermCls	112,0	5,5	1	0,1	-0,8	2,6	1	0,0	-0,3
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,1	0,1	0,0	-3,4	0,000	0,000	RaraCls	150,0	10,0	2	0,1	0,1	4,1	2	0,0	-5,0
1	2	45	Rara											RaraFer	3600	342	2	0,1	0,1	33	2	0,0	-5,0
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	0,1	0,0	-2,4	0,000	0,000	PermCls	112,0	9,7	1	0,1	0,1	2,4	1	0,0	-2,4
1	2	47	Rara											RaraCls	150,0	2,1	1	0,0	0,5	4,3	2	-0,1	-3,5
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,0	0,0	-0,1	-1,2	0,000	0,000	RaraFer	3600	147	1	0,0	0,5	32	2	-0,1	-3,5
1	2	76	Rara											PermCls	112,0	2,3	1	0,0	0,7	4,2	1	-0,1	-1,2
			Freq	0,4	0,00	0	1	-0,1	0,5	0,0	-0,9	0,000	0,000	RaraCls	150,0	7,1	1	-0,1	0,4	2,1	1	0,0	-1,1
1	2	84	Rara											RaraFer	3600	287	1	-0,1	0,4	14	1	0,0	-1,1
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	-0,4	0,0	-1,7	0,000	0,000	PermCls	112,0	7,2	1	-0,1	0,5	2,3	1	0,0	-0,9
1	2	98	Rara											RaraCls	150,0	5,7	1	0,1	-0,8	3,5	2	0,0	-4,1
			Freq	0,4	0,00	0	1	-0,1	0,5	0,0	-0,9	0,000	0,000	RaraFer	3600	100	1	0,1	-0,8	28	2	0,0	-4,1
1	2	99	Rara											PermCls	112,0	5,9	1	0,1	-0,4	1,8	1	0,0	-1,7
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,2	-1,8	0,0	-0,3	0,000	0,000	RaraCls	150,0	11,4	1	0,2	1,9	1,0	1	0,0	0,8
1	2	103	Rara											RaraFer	3600	731	2	0,2	2,2	190	2	0,0	0,8
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,1	0,5	0,1	-3,0	0,000	0,000	PermCls	112,0	11,9	1	0,2	1,5	1,6	1	0,0	0,6
1	2	104	Rara											RaraCls	150,0	9,3	1	0,2	-2,1	2,3	1	0,0	-0,4
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,1	0,4	0,1	-2,5	0,000	0,000	RaraFer	3600	310	2	0,1	0,7	36	2	0,1	-3,9
1	2	104	Rara											PermCls	112,0	6,2	1	0,1	0,4	3,6	1	0,1	-2,5
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	1,6	0,0	-1,3	0,000	0,000	RaraCls	150,0	510	2	0,1	2,3	19	2	0,1	-1,7
1	2	104	Rara											RaraFer	3600	4,0	1	0,1	1,6	2,1	1	0,0	-1,3

**S.L.E. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 3**

			FESSURAZIONI										TENSIONI			DIREZIONE X				DIREZIONE Y			
GrQ N.r.	Gen N.r.	Nodo N.ro	Comb. Cari	Fes lim	Fess mm	dis mm	Co mb	MFX (t*m)	NX (t)	MFY (t*m)	NY (t)	cos teta	sin teta	Combina Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)
1	3	47	Rara											RaraCls	150,0	3,7	2	0,0	-3,6	3,4	2	0,0	-2,9
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	-1,7	0,0	-0,7	0,000	0,000	RaraFer	3600	28	2	0,0	-3,6	25	2	0,0	-2,9
1	3	63	Rara											PermCls	112,0	3,7	1	0,1	-1,7	2,4	1	0,0	-0,7
			Freq	0,4	0,00	0	2	-0,3	2,9	-0,1	0,6	0,000	0,000	RaraCls	150,0	15,8	1	-0,3	3,2	5,9	1	-0,1	0,6
1	3	69	Rara											RaraFer	3600	1122	2	-0,3	3,7	289	2	-0,1	0,5
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,4	2,0	0,1	3,2	0,000	0,000	PermCls	112,0	16,6	1	-0,3	2,4	5,9	1	-0,1	0,5
1	3	76	Rara											RaraCls	150,0	25,0	2	0,4	1,9	0,0	0	0,0	0,0
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,3	1,1	0,1	-0,1	0,000	0,000	RaraFer	3600	1100	2	0,4	1,9	716	2	0,1	4,0
1	3	76	Rara											PermCls	112,0	23,4	1	0,4	2,0	0,0	0	0,0	0,0
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,3	0,9	0,1	-0,2	0,000	0,000	RaraCls	150,0	24,2	2	0,4	1,5	7,0	2	0,1	0,0
1	3	77	Rara											RaraFer	3600	1001	2	0,4	1,5	231	2	0,1	0,0
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	3,9	0,1	-1,8	0,000	0,000	PermCls	112,0	23,5	1	0,3	0,9	6,4	1	0,1	-0,2
1	3	79	Rara											RaraCls	150,0	0,0	0	0,0	0,0	4,2	2	0,1	-2,9
			Freq	0,4	0,00	0	2	-0,2	3,4	0,0	-0,7	0,000	0,000	RaraFer	3600	942	2	0,1	5,7	30	2	0,1	-2,9
1	3	80	Rara											PermCls	112,0	0,0	0	0,0	0,0	3,9	1	0,1	-1,8
			Freq	0,4	0,00	0	2	-0,2	2,9	0,0	-0,5	0,000	0,000	RaraCls	150,0	7,0	1	-0,2	3,7	1,5	2	0,0	-1,0
1	3	81	Rara											RaraFer	3600	960	2	-0,2	4,1	11	2	0,0	-1,0
			Freq	0,4	0,00	0	1	-0,2	1,4	0,0	0,1	0,000	0,000	PermCls	112,0	9,0	1	-0,2	2,9	1,5	1	0,0	-0,5
1	3	82	Rara											RaraCls	150,0	15,0	1	-0,2	1,6	3,0	1	0,0	0,0
			Freq	0,4	0,00	0	2	-0,1	-0,2	-0,1	-1,0	0,000	0,000	RaraFer	3600	194	2	-0,1	-0,1	27	1	0,1	-1,2
1	3	82	Rara											PermCls	112,0	5,9	1	-0,1	-0,2	4,1	1	0,1	-0,8
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	0,8	0,1	0,4	0,000	0,000	RaraCls	150,0	5,7	1	0,1	1,0	5,1	1	0,1	0,5
1	4	18	Rara											RaraFer	3600	373	2	0,1	1,2	249	2	0,1	0,5
			Freq	0,4	0,00	0	1	0,1	0,6	0,1	0,3	0,000	0,000	PermCls	112,0	6,1	1	0,1	0,6	5,2	1	0,1	0,3
1	4	34	Rara											RaraCls	150,0	11,5	1	0,2	0,9	4,3	1	0,1	1,0
			Freq	0,4	0,00	0	2	-0,2	-1,2	-0,1	0,6	0,000	0,000	RaraFer									

## S.L.E. - VERIFICA SHELL C.A. - QUOTA: 1 ELEMENTO: 4

			FESSURAZIONI									TENSIONI			DIREZIONE X				DIREZIONE Y				
GrQ N.r	Gen N.r	Nodo N.ro	Comb. Cari	Fes lim	Fess mm	dis mm	Co mb	MfX (t*m)	NX (t)	MfY (t*m)	NY (t)	cos teta	sin teta	Combina Carico	$\sigma$ lim. Kg/cmq	$\sigma$ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)	$\sigma$ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)
1	4	107	Rara											RaraCls	150,0	8,7	1	0,2	-2,6	2,6	2	0,0	-2,3
			Freq	0,4	0,00	0	2	0,2	-2,3	0,0	-1,5	0,000	0,000	RaraFer	3600	70	1	0,2	-2,6	20	2	0,0	-2,3
			Perm	0,3	0,00	0	1	0,2	-1,8	0,0	-1,0	0,000	0,000	PermCls	112,0	9,7	1	0,2	-1,8	1,8	1	0,0	-1,0

**RELAZIONE GEOTECNICA**

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

• **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 “*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”.

Per il calcolo delle strutture in oggetto si adotteranno i criteri della Geotecnica e della Scienza delle Costruzioni.

• **CAPACITÀ PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI**

La verifica della capacità portante consiste nel confronto tra la pressione verticale di esercizio in fondazione e la pressione limite per il terreno, valutata secondo *Brinch-Hansen*:

$$q_{\text{lim}} = q Nq Yq iq dq bq gq sq + c Nc Yc ic dc bc gc sc + \frac{1}{2} G B' Ng Yg ig bg sg$$

dove

Caratteristiche geometriche della fondazione:

- q = carico sul piano di fondazione
- B = lato minore della fondazione
- L = lato maggiore della fondazione
- D = profondità della fondazione
- $\alpha$  = inclinazione base della fondazione
- G = peso specifico del terreno
- B' = larghezza di fondazione ridotta = B - 2 eB
- L' = lunghezza di fondazione ridotta = L - 2 eL

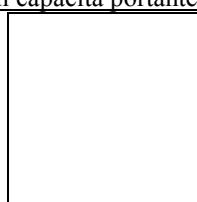
Caratteristiche di carico sulla fondazione:

- H = risultante delle forze orizzontali
- N = risultante delle forze verticali
- eB = eccentricità del carico verticale lungo B
- eL = eccentricità del carico verticale lungo L
- FhB = forza orizzontale lungo B
- FhL = forza orizzontale lungo L

Caratteristiche del terreno di fondazione:

- $\beta$  = inclinazione terreno a valle
- c = cu = coesione non drenata (condizioni U)
- $c' = c'$  = coesione drenata (condizioni D)
- $\Gamma$  = peso specifico apparente (condizioni U)
- $\Gamma' = \Gamma'$  = peso specifico sommerso (condizioni D)
- $\phi = 0$  = angolo di attrito interno (condizioni U)
- $\phi' = \phi'$  = angolo di attrito interno (condizioni D)

Fattori di capacità portante:



(Prandtl-Caquot-Meyerhof)

$$Ng = 2(Nq + 1)\tan\phi \quad (\text{Vesic})$$

$$Nc = \frac{Nq - 1}{\tan\phi} \quad \text{in condizioni D} \quad (\text{Reissner-Meyerhof})$$

$$Nc = 5,14 \quad \text{in condizioni U}$$

Indici di rigidezza (condizioni D):

$$Ir = \frac{G}{c' + q' \tan \phi'} = \text{indice di rigidezza}$$

$$q' = \text{pressione litostatica efficace alla profondità } D + \frac{B}{2}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \text{modulo elastico tangenziale}$$

$$E = \text{modulo elastico normale}$$

$$\mu = \text{coefficiente di Poisson}$$

$$Icr = \frac{1}{2} \exp \left[ \frac{3,3 - 0,45 \frac{B}{L}}{\tan(45 - \frac{\phi'}{2})} \right] = \text{indice di rigidezza critico}$$

Coefficienti di punzonamento (Vesic):

$$Yq = Yg = \exp \left[ \left( 0,6 \frac{B}{L} - 4,4 \right) \tan \phi' + \frac{3,07 \sin \phi' \log(2Ir)}{1 + \sin \phi'} \right] \text{ in condizioni drenate, per } Ir \leq Icr$$

$$Yc = Yq - \frac{1 - Yq}{Nq \times \tan \phi'}$$

Coefficienti di inclinazione del carico (Vesic):

$$ig = \left( \frac{1 - H}{N + B \times L \times c' \times \cot \text{ang} \phi'} \right)^{m+1}$$

$$iq = \left( \frac{1 - H}{N + B \times L \times c' \times \cot \phi'} \right)^m$$

$$ic = iq - \frac{1 - iq}{Nc \times \tan \phi'} \quad \text{in condizioni D}$$

$$ic = 1 - \frac{m \times H}{B \times L \times cu \times Nc} \quad \text{in condizioni U}$$

essendo:

$$m = mB \cos^2 \Theta + mL \sin^2 \Theta$$

$$mB = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{L'}{B'}} \quad mL = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} \quad \Theta = \tan^{-1} \frac{Fh \times B}{Fh \times L}$$

Coefficienti di affondamento del piano di posa (Brinch-Hansen):

$$dq = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \arctg \frac{D}{B'} \quad \text{per } D > B'$$

$$dq = 1 + 2 \frac{D}{B'} \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \quad \text{per } D \leq B'$$

$$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc \times \tan \phi} \quad \text{in condizioni D}$$

$$dc = 1 + 0,4 \arctan \frac{D}{B'} \quad \text{per } D > B' \text{ in condizioni U}$$

$$dc = 1 + 0,4 \frac{D}{B'} \quad \text{per } D \leq B' \text{ in condizioni U}$$

Coefficienti di inclinazione del piano di posa:

$$bg = \exp(-2,7 \alpha \tan \phi)$$

$$bc = bq = \exp(-2 \alpha \tan \phi) \quad \text{in condizioni D}$$

$$\begin{aligned} bc &= 1 - \frac{\alpha}{147} && \text{in condizioni U} \\ bq &= 1 && \text{in condizioni U) } \end{aligned}$$

Coefficienti di inclinazione del terreno di fondazione:

$$\begin{aligned} gc &= gq = \sqrt{1 - 0,5 \tan \beta} && \text{in condizioni D} \\ gc &= 1 - \frac{\beta}{147} && \text{in condizioni U} \\ gq &= 1 && \text{in condizioni U} \end{aligned}$$

Coefficienti di forma (De Beer):

$$\begin{aligned} sg &= 1 - 0,4 \frac{B'}{L'} \\ sq &= 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi \\ sc &= 1 + \frac{B' Nq}{L' Nc} \end{aligned}$$

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (effetto cinematico) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (effetto inerziale). Tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati Khi e Igk, il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito. L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico Khi e viene portato in conto impiegando le formule comunemente adottate per calcolare i coefficienti correttivi del carico limite in funzione dell'inclinazione, rispetto alla verticale, del carico agente sul piano di posa. Nel caso in cui sia stato attivato il flag per tener conto degli effetti cinematici il valore Igk modifica invece il solo coefficiente Ng; il fattore Ng viene infatti moltiplicato sia per il coefficiente correttivo dell'effetto inerziale, sia per il coefficiente correttivo per l'effetto cinematico.

• **CAPACITÀ PORTANTE DELLE PLATEE**

La verifica agli S.L.U. delle platee di fondazione risulta particolarmente difficoltosa poiché tali fondazioni spesso hanno forme non rettangolari e pertanto non è possibile valutarne la capacità portante attraverso le classiche formule della geotecnica.

Per potere valutare la portanza delle platee si è quindi implementato un tipo di verifica in cui la fondazione viene modellata per intero (potendo essere costituita, nella forma più generale, da travi rovesce, plinti, pali e platee).

In particolare, gli elementi strutturali vengono modellati in campo elastico lineare, mentre il terreno viene modellato come un letto di molle:  
 a) lineari elastiche e non reagenti a trazione per le platee;  
 b) molle non lineari elasto-plastiche non reagenti a trazione per le travi *Winkler* ed i plinti diretti.

Per le molle elastiche delle platee viene calcolato anche il limite elastico, al fine di bloccare il calcolo del moltiplicatore dei carichi qualora venga raggiunto tale limite.

Il legame di tipo elastico reagente a sola compressione è ottenuto utilizzando come rigidezza all'origine la costante di *Winkler* del terreno. Il modello così ottenuto è in grado di tenere in conto dell'eterogeneità del terreno in maniera puntuale. Su tale modello viene quindi condotta un'analisi non lineare a controllo di forza immettendo le forze agenti sulla fondazione.

Il calcolo viene interrotto quando le molle delle platee attingono al loro limite elastico o qualora venga raggiunto uno stato di incipiente formazione di cerniere plastiche nelle travi *Winkler*. In corrispondenza a tali eventi viene calcolato il moltiplicatore dei carichi.

• **CALCOLO DEI CEDIMENTI**

Il calcolo viene eseguito sulla base della conoscenza delle tensioni nel sottosuolo.

$$\mu = \int \frac{\sigma(z)}{E} dz$$

essendo

E = modulo elastico o edometrico

$\sigma(z)$  = tensione verticale nel sottosuolo dovuta all'incremento di carico q

La distribuzione delle tensioni verticali viene valutata secondo l'espressione di *Steinbrenner*, considerando la pressione agente uniformemente su una superficie rettangolare di dimensioni B e L:

$$\sigma(z) = \frac{q}{4\pi} \left[ \frac{2 \times M \times N \times \sqrt{V} \times (V+1)}{V(V+V1)} + \left| \arctan \frac{2 \times M \times N \times \sqrt{V}}{V-V1} \right| \right]$$

con:

M = B / z

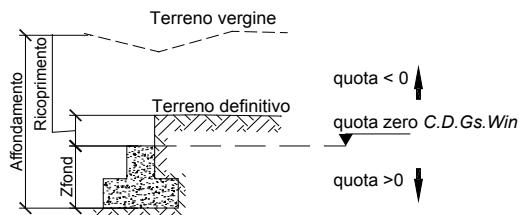
N = L / z

$$V = M^2 + N^2 + 1$$

$$V1 = (M \times N)^2$$

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa della stratigrafia del terreno sottostante i plinti.



**NOTA:** La quota zero di C.D.Gs. Win coincide con la quota numero zero dell'albero quote di C.D.S. Win ma cambia la convenzione nel segno: infatti in C. D. Gs. le quote sono positive crescenti procedendo verso il basso, mentre in C. D. S. le quote sono positive crescenti verso l'alto.

<b>Plinto</b>	: Numero di plinto
<b>Q.t.v.</b>	: quota terreno vergine
<b>Q.t.d.</b>	: quota definitiva terreno
<b>Q.falda</b>	: quota falda
<b>InclTer</b>	: inclinazione terreno
<b>Num Str</b>	: Numero dello strato a cui si riferiscono i dati che seguono
<b>Sp.str.</b>	: Spessore strato. L'ultimo strato ha spessore indefinito, pertanto il relativo dato non viene stampato
<b>Peso Sp</b>	: peso specifico
<b>Fi</b>	: angolo di attrito interno
<b>C'</b>	: coesione drenata
<b>Cu</b>	: coesione NON drenata
<b>Mod.El.</b>	: modulo elastico
<b>Poisson</b>	: coeff. Poisson
<b>Coeff. Lambe</b>	: coefficiente beta di Lambe
<b>Gr.Sovr</b>	: grado di sovraconsolidazione
<b>Mod.Ed.</b>	: modulo edometrico

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate sia nella tabella di stampa della portanza globale della fondazione, sia nella tabella della portanza di fondazione delle platee calcolata con analisi elastica del terreno:

*Tabella 1: Moltiplicatori di Collasso*

<b>Comb. Nro</b>	: Numero della combinazione
<b>Risultante</b>	: Valore della risultante delle forze trasmesse dalla fondazione per la combinazione attuale
<b>Resistenza</b>	: Valore della resistenza del terreno mobilitata in base al moltiplicatore dei carichi attuale
<b>Moltipl.Collasso</b>	: Valore del moltiplicatore dei carichi con cui è stato eseguito il calcolo. Poiche' tutti i coefficienti di sicurezza sono già stati considerati nei carichi e nelle caratteristiche dei materiali, un moltiplicatore = 1 significa che la verifica di portanza e' soddisfatta.
<b>%Pl.Molle</b>	: Percentuale delle molle in fase plastica nella combinazione attuale
<b>STATUS</b>	: Per moltiplicatori di collasso < 1 mostra NOVERIFY, altrimenti OK

*Tabella 2: Abbassamenti*

## C.D.S.

**Nodo3d** : Numero del nodo3d a cui si riferisce la molla elasto-plastica  
**SpostZ** : Abbassamento della molla elasto-plastica in corrispondenza del nodo3d  
**SpostZ/SpostEl** : Fattore di plasticizzazione della molla:

FASE ELASTICA  $\leq 1$  ; FASE PLASTICA  $> 1$

Se per alcuni nodi non e' stato possibile ottenere la caratterizzazione geotecnica, allora tali nodi vengono esclusi dal modello di calcolo e la relativa molla viene contrassegnata in stampa con la sigla 'SCARTATA'

### • SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dei sedimenti.

<b>Filo</b>	: numero del filo fisso in corrispondenza del quale viene calcolato lo stato deformativo
<b>Comb.</b>	: numero di combinazione di carico
<b>Ced.El.</b>	: cedimento elastico
<b>Ced.Ed.</b>	: cedimento edometrico

### DATI GENERALI

#### COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA

#### TABELLA M1

#### TABELLA M2

Tangente Resist. Taglio	1,00		
Peso Specifico	1,00		
Coesione Efficace (c'k)	1,00		
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,00		
Tipo Approccio	Combinazione Unica: (A1+M1+R3)		
Tipo di fondazione	Su Pali Infissi		
	COEFFICIENTE R1	COEFFICIENTE R2	
Capacita' Portante			2,30
Scorrimento			1,10
Resist. alla Base			1,15
Resist. Lat. a Compr.			1,15
Resist. Lat. a Traz.			1,25
Carichi Traversali			1,30
Fattore di correlazione CSI per il calcolo di Rk pali			1,70

### GEOMETRIA PLATEA

Shell N.ro	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Sez Nro	Shell N.ro	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Sez Nro	Shell N.ro	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Sez Nro	Shell N.ro	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Sez Nro
64	131	132	133	134	1	65	135	131	134	136	1	66	137	138	134	133	1	67	138	139	136	134	1
68	139	141	140	136	1	69	140	142	135	136	1	70	143	142	140	144	1	71	145	143	144	146	1
72	147	148	146	144	1	73	141	147	144	140	1	74	138	137	149	150	1	75	139	138	150	151	1
76	152	141	139	151	1	77	147	141	152	153	1	78	148	147	153	154	1	79	125	155	156	124	1
80	115	116	110	85	1	81	125	126	157	155	1	82	7	126	125	8	1	83	125	124	9	8	1
84	143	145	6	7	1	85	35	97	146	148	1	86	145	146	83	5	1	87	130	83	97	129	1
88	117	94	96	116	1	89	96	94	149	137	1	90	51	150	149	70	1	91	50	151	150	51	1
92	120	49	50	119	1	93	49	152	151	50	1	94	120	119	159	158	1	95	72	154	153	48	1
96	148	154	44	36	1	97	129	35	36	128	1	98	152	49	48	153	1	99	120	158	160	121	1
100	71	122	3	47	1	101	120	121	48	49	1	102	137	133	110	116	1	103	154	122	71	44	1
104	1	123	161	112	1	105	1	112	162	115	1	106	123	1	24	10	1	107	123	124	163	161	1
108	124	123	10	9	1	109	132	131	10	24	1	110	24	1	115	85	1	111	164	116	115	162	1
112	165	117	116	164	1	113	135	8	9	131	1	114	132	24	85	133	1	115	126	7	6	127	1
116	127	4	167	166	1	117	5	4	127	6	1	118	5	83	130	4	1	119	166	157	126	127	1
120	4	130	168	111	1	121	7	8	142	143	1	122	130	129	169	168	1	123	117	2	70	94	1
124	170	2	117	165	1	125	70	2	118	51	1	126	171	118	2	113	1	127	172	119	118	171	1
128	129	128	173	169	1	129	128	44	47	3	1	130	128	3	174	173	1	131	121	122	72	48	1
132	175	122	121	160	1	133	3	122	176	114	1	134	51	118	119	50	1	135	156	163	124	124	1
136	9	10	131	131	1	137	85	110	133	133	1	138	111	167	4	4	1	139	5	6	145	145	1
140	8	135	142	142	1	141	129	97	35	35	1	142	83	146	97	97	1	143	96	137	116	116	1
144	149	94	70	70	1	145	170	113	2	2	1	146	172	159	119	119	1	147	36	35	148	148	1
148	71	47	44	44	1	149	44	128	36	36	1	150	3	114	174	174	1	151	122	175	176	176	1
152	122	154	72	72	1																		

### STRATIGRAFIA PLATEA

Str. N.ro	Q.t.v. (m)	Q.t.d. (m)	Q.falda (m)	Incl Grd	Kw kg/cm <sup>2</sup>	Num Str	Sp.str. (m)	Peso Sp kg/mc	F <sup>l</sup> (Grd)	C' kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Mod.El. kg/cm <sup>2</sup>	Poisson	Gr.Sovr (%)	Mod.Ed. kg/cm <sup>2</sup>
-----------	------------	------------	-------------	----------	-----------------------	---------	-------------	---------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------	---------	-------------	----------------------------

**C.D.S.**

**STRATIGRAFIA PLATEA**

Str. N.ro	Q.t.v. (m)	Q.t.d. (m)	Q.falda (m)	Incl Grd	Kw kg/cmc	Num Str	Sp.str. (m)	Peso Sp kg/mc	F' (Grd)	C' kg/cmq	Cu kg/cmq	Mod.EI. kg/cmq	Pisson	Gr.Sovr (%)	Mod.Ed. kg/cmq
1	0,25	0,00		0	10,00	1	1,00	1600	22,00	0,10	0,00	40,00	0,20	1	509,00
						2	3,00	2200	25,26	1,36	0,00	544,00	0,20	1	6118,00
						3		2400	36,16	2,03	0,00	812,00	0,20	1	20394,00

**PORTANZA GLOBALE PIASTRE - MOLTIPLICATORI DI COLASSO - SLU**

Comb N.ro	DRENATE				NON DRENATE				RISULTATI		
	Risult (t)	Resist (t)	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Risult (t)	Resist (t)	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Moltip. Minimo	STATUS (m)	
A1 / 1	176	176	1,000	0					1,000	OK	
A1 / 2	181	181	1,000	0						OK	
A1 / 3	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 4	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 5	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 6	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 7	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 8	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 9	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 10	114	114	1,000	0						OK	

**PORTANZA GLOBALE PIASTRE - ABBASSAMENTI COMBINAZ.: A1/1**

Nodo3d N.ro	DRENATE		NON DRENATE		Nodo3d N.ro	DRENATE		NON DRENATE		Nodo3d N.ro	DRENATE		NON DRENATE	
	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl		SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl		SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl
1	-0,052	ELAST.			2	-0,060	ELAST.			3	-0,063	ELAST.		
4	-0,057	ELAST.			5	-0,055	ELAST.			6	-0,048	ELAST.		
7	-0,044	ELAST.			8	-0,043	ELAST.			9	-0,043	ELAST.		
10	-0,046	ELAST.			24	-0,050	ELAST.			35	-0,051	ELAST.		
36	-0,052	ELAST.			44	-0,054	ELAST.			47	-0,060	ELAST.		
48	-0,045	ELAST.			49	-0,044	ELAST.			50	-0,047	ELAST.		
51	-0,051	ELAST.			70	-0,057	ELAST.			71	-0,059	ELAST.		
72	-0,049	ELAST.			83	-0,052	ELAST.			85	-0,047	ELAST.		
94	-0,050	ELAST.			96	-0,048	ELAST.			97	-0,051	ELAST.		
110	-0,046	ELAST.			111	-0,060	ELAST.			112	-0,054	ELAST.		
113	-0,064	ELAST.			114	-0,068	ELAST.			115	-0,049	ELAST.		
116	-0,048	ELAST.			117	-0,052	ELAST.			118	-0,054	ELAST.		
119	-0,051	ELAST.			120	-0,048	ELAST.			121	-0,049	ELAST.		
122	-0,054	ELAST.			123	-0,048	ELAST.			124	-0,046	ELAST.		
125	-0,046	ELAST.			126	-0,047	ELAST.			127	-0,051	ELAST.		
128	-0,058	ELAST.			129	-0,055	ELAST.			130	-0,054	ELAST.		
131	-0,041	ELAST.			132	-0,046	ELAST.			133	-0,042	ELAST.		
134	-0,032	ELAST.			135	-0,037	ELAST.			136	-0,025	ELAST.		
137	-0,042	ELAST.			138	-0,030	ELAST.			139	-0,022	ELAST.		
140	-0,023	ELAST.			141	-0,020	ELAST.			142	-0,037	ELAST.		
143	-0,039	ELAST.			144	-0,028	ELAST.			145	-0,045	ELAST.		
146	-0,038	ELAST.			147	-0,025	ELAST.			148	-0,037	ELAST.		
149	-0,047	ELAST.			150	-0,038	ELAST.			151	-0,032	ELAST.		
152	-0,030	ELAST.			153	-0,034	ELAST.			154	-0,043	ELAST.		
155	-0,052	ELAST.			156	-0,052	ELAST.			157	-0,053	ELAST.		
158	-0,056	ELAST.			159	-0,057	ELAST.			160	-0,055	ELAST.		
161	-0,052	ELAST.			162	-0,052	ELAST.			163	-0,051	ELAST.		
164	-0,052	ELAST.			165	-0,054	ELAST.			166	-0,054	ELAST.		
167	-0,056	ELAST.			168	-0,059	ELAST.			169	-0,059	ELAST.		
170	-0,058	ELAST.			171	-0,061	ELAST.			172	-0,059	ELAST.		
173	-0,061	ELAST.			174	-0,064	ELAST.			175	-0,056	ELAST.		
176	-0,062	ELAST.												

**PORTANZA GLOBALE PIASTRE - MOLTIPLICATORI DI COLASSO - SLD**

Comb N.ro	DRENATE				NON DRENATE				RISULTATI		
	Risult (t)	Resist (t)	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Risult (t)	Resist (t)	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Moltip. Minimo	STATUS (m)	
A1 / 1	176	176	1,000	0					1,000	OK	
A1 / 2	181	181	1,000	0						OK	
A1 / 3	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 4	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 5	114	114	1,000	0						OK	
A1 / 6	114	114	1,000	0						OK	

**C.D.S.**

**PORTANZA GLOBALE PIASTRE - MOLTIPLICATORI DI COLASSO - SLD**

		DRENATE				NON DRENATE				RISULTATI		
Comb N.ro	Risult (t)	Resist (t)	Moltipl. Collasso	%Pl. Moll	Risult (t)	Resist (t)	Moltipl. Collasso	%Pl. Moll	Moltipl. Minimo	STATUS (m)		
A1 / 7	114	114	1,000	0								OK
A1 / 8	114	114	1,000	0								OK
A1 / 9	114	114	1,000	0								OK
A1 / 10	114	114	1,000	0								OK

**PORTANZA GLOBALE PIASTRE - ABBASSAMENTI COMBINAZ.: SLD/1**

DRENATE			NON DRENATE			DRENATE			NON DRENATE			DRENATE			NON DRENATE		
Nodo3d N.ro	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	Nodo3d N.ro	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	Nodo3d N.ro	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/SpostEl	
1	-0,052	ELAST.			2	-0,060	ELAST.			3	-0,063	ELAST.					
4	-0,057	ELAST.			5	-0,055	ELAST.			6	-0,048	ELAST.					
7	-0,044	ELAST.			8	-0,043	ELAST.			9	-0,043	ELAST.					
10	-0,046	ELAST.			24	-0,050	ELAST.			35	-0,051	ELAST.					
36	-0,052	ELAST.			44	-0,054	ELAST.			47	-0,060	ELAST.					
48	-0,045	ELAST.			49	-0,044	ELAST.			50	-0,047	ELAST.					
51	-0,051	ELAST.			70	-0,057	ELAST.			71	-0,059	ELAST.					
72	-0,049	ELAST.			83	-0,052	ELAST.			85	-0,047	ELAST.					
94	-0,050	ELAST.			96	-0,048	ELAST.			97	-0,051	ELAST.					
110	-0,046	ELAST.			111	-0,060	ELAST.			112	-0,054	ELAST.					
113	-0,064	ELAST.			114	-0,068	ELAST.			115	-0,049	ELAST.					
116	-0,048	ELAST.			117	-0,052	ELAST.			118	-0,054	ELAST.					
119	-0,051	ELAST.			120	-0,048	ELAST.			121	-0,049	ELAST.					
122	-0,054	ELAST.			123	-0,048	ELAST.			124	-0,046	ELAST.					
125	-0,046	ELAST.			126	-0,047	ELAST.			127	-0,051	ELAST.					
128	-0,058	ELAST.			129	-0,055	ELAST.			130	-0,054	ELAST.					
131	-0,041	ELAST.			132	-0,046	ELAST.			133	-0,042	ELAST.					
134	-0,032	ELAST.			135	-0,037	ELAST.			136	-0,025	ELAST.					
137	-0,042	ELAST.			138	-0,030	ELAST.			139	-0,022	ELAST.					
140	-0,023	ELAST.			141	-0,020	ELAST.			142	-0,037	ELAST.					
143	-0,039	ELAST.			144	-0,028	ELAST.			145	-0,045	ELAST.					
146	-0,038	ELAST.			147	-0,025	ELAST.			148	-0,037	ELAST.					
149	-0,047	ELAST.			150	-0,038	ELAST.			151	-0,032	ELAST.					
152	-0,030	ELAST.			153	-0,034	ELAST.			154	-0,043	ELAST.					
155	-0,052	ELAST.			156	-0,052	ELAST.			157	-0,053	ELAST.					
158	-0,056	ELAST.			159	-0,057	ELAST.			160	-0,055	ELAST.					
161	-0,052	ELAST.			162	-0,052	ELAST.			163	-0,051	ELAST.					
164	-0,052	ELAST.			165	-0,054	ELAST.			166	-0,054	ELAST.					
167	-0,056	ELAST.			168	-0,059	ELAST.			169	-0,059	ELAST.					
170	-0,058	ELAST.			171	-0,061	ELAST.			172	-0,059	ELAST.					
173	-0,061	ELAST.			174	-0,064	ELAST.			175	-0,056	ELAST.					
176	-0,062	ELAST.															

**CEDIMENTI ELASTICI ED EDOMETRICI**

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm	Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm	Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm	Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm
1	Rare 1	1,20	0,09	2	Rare 1	1,45	0,11	3	Rare 1	1,60	0,13	4	Rare 1	1,35	0,11
	Rare 2	1,24	0,10		Rare 2	1,50	0,12		Rare 2	1,66	0,13		Rare 2	1,40	0,11
	Freq 1	1,08	0,09		Freq 1	1,29	0,10		Freq 1	1,43	0,11		Freq 1	1,21	0,10
	Freq 2	1,12	0,09		Freq 2	1,35	0,11		Freq 2	1,49	0,12		Freq 2	1,26	0,10
	Perm 1	1,07	0,08		Perm 1	1,28	0,10		Perm 1	1,41	0,11		Perm 1	1,20	0,09
	MAX.	1,24	0,10		MAX.	1,50	0,12		MAX.	1,66	0,13		MAX.	1,40	0,11
5	Rare 1	1,23	0,10	6	Rare 1	1,09	0,09	8	Rare 1	1,24	0,10	9	Rare 1	1,33	0,10
	Rare 2	1,27	0,10		Rare 2	1,13	0,09		Rare 2	1,28	0,10		Rare 2	1,36	0,11
	Freq 1	1,10	0,09		Freq 1	0,97	0,08		Freq 1	1,11	0,09		Freq 1	1,19	0,09
	Freq 2	1,14	0,09		Freq 2	1,01	0,08		Freq 2	1,15	0,09		Freq 2	1,23	0,10
	Perm 1	1,08	0,09		Perm 1	0,96	0,08		Perm 1	1,09	0,09		Perm 1	1,17	0,09
	MAX.	1,27	0,10		MAX.	1,13	0,09		MAX.	1,28	0,10		MAX.	1,36	0,11
10	Rare 1	1,36	0,11	11	Rare 1	1,36	0,11	12	Rare 1	1,36	0,11	13	Rare 1	1,44	0,11
	Rare 2	1,40	0,11		Rare 2	1,39	0,11		Rare 2	1,39	0,11		Rare 2	1,49	0,12
	Freq 1	1,23	0,10		Freq 1	1,23	0,10		Freq 1	1,22	0,10		Freq 1	1,28	0,10
	Freq 2	1,27	0,10		Freq 2	1,27	0,10		Freq 2	1,26	0,10		Freq 2	1,34	0,11
	Perm 1	1,21	0,10		Perm 1	1,21	0,10		Perm 1	1,20	0,09		Perm 1	1,26	0,10
	MAX.	1,40	0,11		MAX.	1,39	0,11		MAX.	1,39	0,11		MAX.	1,49	0,12
14	Rare 1	1,30	0,10	15	Rare 1	1,16	0,09	16	Rare 1	1,17	0,09	17	Rare 1	1,21	0,10
	Rare 2	1,34	0,11		Rare 2	1,20	0,09		Rare 2	1,21	0,10		Rare 2	1,25	0,10
	Freq 1	1,16	0,09		Freq 1	1,04	0,08		Freq 1	1,04	0,08		Freq 1	1,08	0,08
	Freq 2	1,20	0,10		Freq 2	1,08	0,09		Freq 2	1,09	0,09		Freq 2	1,12	0,09
	Perm 1	1,14	0,09		Perm 1	1,03	0,08		Perm 1	1,03	0,08		Perm 1	1,07	0,08
	MAX.	1,34	0,11		MAX.	1,20	0,09		MAX.	1,21	0,10		MAX.	1,25	0,10
18	Rare 1	1,03	0,08	19	Rare 1	1,22	0,10	22	Rare 1	1,22	0,10	23	Rare 1	1,24	0,10

Dott. Ing. Sara D'Anna p.zza V. Veneto 15, 52025 Montevarchi tel 055980858

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2018 - Lic. Nro: 33662

**C.D.S.**

**CEDIMENTI ELASTICI ED EDOMETRICI**

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm	Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm	Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm	Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm
Rare 2	1,06	0,08		Rare 2	1,26	0,10		Rare 2	1,27	0,10		Rare 2	1,26	0,10	
Freq 1	0,91	0,07		Freq 1	1,09	0,09		Freq 1	1,09	0,09		Freq 1	1,13	0,09	
Freq 2	0,95	0,07		Freq 2	1,13	0,09		Freq 2	1,14	0,09		Freq 2	1,16	0,09	
Perm 1	0,90	0,07		Perm 1	1,08	0,09		Perm 1	1,07	0,08		Perm 1	1,12	0,09	
MAX.	1,06	0,08		MAX.	1,26	0,10		MAX.	1,27	0,10		MAX.	1,26	0,10	
24	Rare 1	1,29	0,10	25	Rare 1	1,36	0,11	26	Rare 1	1,29	0,10	27	Rare 1	1,16	0,09
Rare 2	1,32	0,10		Rare 2	1,39	0,11		Rare 2	1,33	0,10		Rare 2	1,18	0,09	
Freq 1	1,18	0,09		Freq 1	1,23	0,10		Freq 1	1,16	0,09		Freq 1	1,05	0,08	
Freq 2	1,21	0,10		Freq 2	1,27	0,10		Freq 2	1,20	0,10		Freq 2	1,08	0,09	
Perm 1	1,16	0,09		Perm 1	1,22	0,10		Perm 1	1,15	0,09		Perm 1	1,04	0,08	
MAX.	1,32	0,10		MAX.	1,39	0,11		MAX.	1,33	0,10		MAX.	1,18	0,09	
30	Rare 1	1,49	0,12	32	Rare 1	1,03	0,08	34	Rare 1	1,17	0,09	37	Rare 1	1,03	0,08
Rare 2	1,55	0,12		Rare 2	1,06	0,08		Rare 2	1,21	0,10		Rare 2	1,06	0,08	
Freq 1	1,33	0,11		Freq 1	0,92	0,07		Freq 1	1,05	0,08		Freq 1	0,92	0,07	
Freq 2	1,39	0,11		Freq 2	0,95	0,08		Freq 2	1,09	0,09		Freq 2	0,95	0,08	
Perm 1	1,32	0,10		Perm 1	0,91	0,07		Perm 1	1,03	0,08		Perm 1	0,90	0,07	
MAX.	1,55	0,12		MAX.	1,06	0,08		MAX.	1,21	0,10		MAX.	1,06	0,08	
39	Rare 1	0,68	0,05	40	Rare 1	0,63	0,05	41	Rare 1	0,73	0,06	42	Rare 1	0,78	0,06
Rare 2	0,69	0,05		Rare 2	0,64	0,05		Rare 2	0,76	0,06		Rare 2	0,81	0,06	
Freq 1	0,61	0,05		Freq 1	0,56	0,04		Freq 1	0,66	0,05		Freq 1	0,70	0,05	
Freq 2	0,63	0,05		Freq 2	0,58	0,05		Freq 2	0,68	0,05		Freq 2	0,73	0,06	
Perm 1	0,60	0,05		Perm 1	0,55	0,04		Perm 1	0,65	0,05		Perm 1	0,69	0,05	
MAX.	0,69	0,05		MAX.	0,64	0,05		MAX.	0,76	0,06		MAX.	0,81	0,06	
43	Rare 1	1,17	0,09	44	Rare 1	1,06	0,08	45	Rare 1	1,23	0,10	46	Rare 1	1,40	0,11
Rare 2	1,21	0,10		Rare 2	1,10	0,09		Rare 2	1,27	0,10		Rare 2	1,44	0,11	
Freq 1	1,04	0,08		Freq 1	0,95	0,08		Freq 1	1,10	0,09		Freq 1	1,26	0,10	
Freq 2	1,09	0,09		Freq 2	0,99	0,08		Freq 2	1,14	0,09		Freq 2	1,30	0,10	
Perm 1	1,03	0,08		Perm 1	0,94	0,07		Perm 1	1,08	0,09		Perm 1	1,24	0,10	
MAX.	1,21	0,10		MAX.	1,10	0,09		MAX.	1,27	0,10		MAX.	1,44	0,11	
47	Rare 1	1,48	0,12	48	Rare 1	1,48	0,12	49	Rare 1	1,38	0,11	50	Rare 1	1,19	0,09
Rare 2	1,51	0,12		Rare 2	1,51	0,12		Rare 2	1,40	0,11		Rare 2	1,21	0,10	
Freq 1	1,34	0,11		Freq 1	1,35	0,11		Freq 1	1,26	0,10		Freq 1	1,08	0,09	
Freq 2	1,38	0,11		Freq 2	1,39	0,11		Freq 2	1,29	0,10		Freq 2	1,11	0,09	
Perm 1	1,33	0,10		Perm 1	1,33	0,11		Perm 1	1,25	0,10		Perm 1	1,07	0,08	
MAX.	1,51	0,12		MAX.	1,51	0,12		MAX.	1,40	0,11		MAX.	1,21	0,10	
51	Rare 1	1,14	0,09	52	Rare 1	1,24	0,10	53	Rare 1	1,38	0,11	54	Rare 1	1,30	0,10
Rare 2	1,18	0,09		Rare 2	1,27	0,10		Rare 2	1,41	0,11		Rare 2	1,33	0,11	
Freq 1	1,02	0,08		Freq 1	1,12	0,09		Freq 1	1,24	0,10		Freq 1	1,17	0,09	
Freq 2	1,06	0,08		Freq 2	1,15	0,09		Freq 2	1,29	0,10		Freq 2	1,21	0,10	
Perm 1	1,01	0,08		Perm 1	1,10	0,09		Perm 1	1,23	0,10		Perm 1	1,16	0,09	
MAX.	1,18	0,09		MAX.	1,27	0,10		MAX.	1,41	0,11		MAX.	1,33	0,11	
55	Rare 1	1,21	0,10	56	Rare 1	1,51	0,12	57	Rare 1	1,47	0,12	58	Rare 1	1,39	0,11
Rare 2	1,24	0,10		Rare 2	1,57	0,12		Rare 2	1,52	0,12		Rare 2	1,44	0,11	
Freq 1	1,08	0,09		Freq 1	1,34	0,11		Freq 1	1,31	0,10		Freq 1	1,25	0,10	
Freq 2	1,12	0,09		Freq 2	1,41	0,11		Freq 2	1,37	0,11		Freq 2	1,30	0,10	
Perm 1	1,07	0,08		Perm 1	1,33	0,10		Perm 1	1,29	0,10		Perm 1	1,23	0,10	
MAX.	1,24	0,10		MAX.	1,57	0,12		MAX.	1,52	0,12		MAX.	1,44	0,11	
59	Rare 1	0,95	0,08	60	Rare 1	0,97	0,08	61	Rare 1	1,00	0,08	62	Rare 1	0,65	0,05
Rare 2	0,98	0,08		Rare 2	1,00	0,08		Rare 2	1,03	0,08		Rare 2	0,65	0,05	
Freq 1	0,85	0,07		Freq 1	0,86	0,07		Freq 1	0,89	0,07		Freq 1	0,58	0,05	
Freq 2	0,88	0,07		Freq 2	0,90	0,07		Freq 2	0,92	0,07		Freq 2	0,59	0,05	
Perm 1	0,84	0,07		Perm 1	0,85	0,07		Perm 1	0,88	0,07		Perm 1	0,56	0,04	
MAX.	0,98	0,08		MAX.	1,00	0,08		MAX.	1,03	0,08		MAX.	0,65	0,05	
63	Rare 1	0,92	0,07	64	Rare 1	0,50	0,04	65	Rare 1	0,96	0,08	66	Rare 1	0,59	0,05
Rare 2	0,94	0,07		Rare 2	0,50	0,04		Rare 2	0,99	0,08		Rare 2	0,60	0,05	
Freq 1	0,82	0,07		Freq 1	0,45	0,04		Freq 1	0,86	0,07		Freq 1	0,53	0,04	
Freq 2	0,85	0,07		Freq 2	0,45	0,04		Freq 2	0,89	0,07		Freq 2	0,54	0,04	
Perm 1	0,81	0,06		Perm 1	0,44	0,03		Perm 1	0,84	0,07		Perm 1	0,51	0,04	
MAX.	0,94	0,07		MAX.	0,50	0,04		MAX.	0,99	0,08		MAX.	0,60	0,05	
67	Rare 1	0,43	0,03	68	Rare 1	0,48	0,04	69	Rare 1	0,39	0,03	70	Rare 1	0,95	0,08
Rare 2	0,42	0,03		Rare 2	0,48	0,04		Rare 2	0,38	0,03		Rare 2	0,97	0,08	
Freq 1	0,38	0,03		Freq 1	0,43	0,03		Freq 1	0,35	0,03		Freq 1	0,86	0,07	
Freq 2	0,38	0,03		Freq 2	0,43	0,03		Freq 2	0,34	0,03		Freq 2	0,88	0,07	
Perm 1	0,37	0,03		Perm 1	0,42	0,03		Perm 1	0,34	0,03		Perm 1	0,84	0,07	
MAX.	0,43	0,03		MAX.	0,48	0,04		MAX.	0,39	0,03		MAX.	0,97	0,08	
71	Rare 1	1,00	0,08	72	Rare 1	0,57	0,05	73	Rare 1	1,07	0,08	74	Rare 1	0,80	0,06
Rare 2	1,02	0,08		Rare 2	0,57	0,05		Rare 2	1,10	0,09		Rare 2	0,81	0,06	
Freq 1	0,90	0,07		Freq 1	0,50	0,04		Freq 1	0,96	0,08		Freq 1	0,71	0,06	
Freq 2	0,92	0,07		Freq 2	0,51	0,04		Freq 2	0,99	0,08		Freq 2	0,73	0,06	
Perm 1	0,88	0,07		Perm 1	0,49	0,04		Perm 1	0,94	0,07		Perm 1	0,69	0,06	
MAX.	1,02	0,08		MAX.	0,57	0,05		MAX.	1,10	0,09		MAX.	0,81	0,06	

**C.D.S.**

**CEDIMENTI ELASTICI ED EDOMETRICI**

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm															
75	Rare 1	0,48	0,04		76	Rare 1	0,75	0,06		77	Rare 1	1,04	0,08		78	Rare 1	0,82	0,06
	Rare 2	0,47	0,04			Rare 2	0,77	0,06			Rare 2	1,07	0,08			Rare 2	0,83	0,07
	Freq 1	0,42	0,03			Freq 1	0,67	0,05			Freq 1	0,93	0,07			Freq 1	0,73	0,06
	Freq 2	0,43	0,03			Freq 2	0,69	0,05			Freq 2	0,96	0,08			Freq 2	0,75	0,06
	Perm 1	0,41	0,03			Perm 1	0,66	0,05			Perm 1	0,91	0,07			Perm 1	0,72	0,06
	MAX.	0,48	0,04			MAX.	0,77	0,06			MAX.	1,07	0,08			MAX.	0,83	0,07
79	Rare 1	0,70	0,06		80	Rare 1	0,67	0,05		81	Rare 1	0,72	0,06		82	Rare 1	0,89	0,07
	Rare 2	0,71	0,06			Rare 2	0,67	0,05			Rare 2	0,73	0,06			Rare 2	0,91	0,07
	Freq 1	0,63	0,05			Freq 1	0,60	0,05			Freq 1	0,65	0,05			Freq 1	0,80	0,06
	Freq 2	0,64	0,05			Freq 2	0,61	0,05			Freq 2	0,66	0,05			Freq 2	0,82	0,07
	Perm 1	0,62	0,05			Perm 1	0,59	0,05			Perm 1	0,63	0,05			Perm 1	0,79	0,06
	MAX.	0,71	0,06			MAX.	0,67	0,05			MAX.	0,73	0,06			MAX.	0,91	0,07
83	Rare 1	0,91	0,07		84	Rare 1	0,87	0,07		85	Rare 1	0,89	0,07		86	Rare 1	1,01	0,08
	Rare 2	0,94	0,07			Rare 2	0,89	0,07			Rare 2	0,92	0,07			Rare 2	1,03	0,08
	Freq 1	0,83	0,07			Freq 1	0,78	0,06			Freq 1	0,81	0,06			Freq 1	0,93	0,07
	Freq 2	0,86	0,07			Freq 2	0,81	0,06			Freq 2	0,84	0,07			Freq 2	0,96	0,08
	Perm 1	0,82	0,06			Perm 1	0,77	0,06			Perm 1	0,80	0,06			Perm 1	0,92	0,07
	MAX.	0,94	0,07			MAX.	0,89	0,07			MAX.	0,92	0,07			MAX.	1,03	0,08
87	Rare 1	0,99	0,08		88	Rare 1	0,95	0,08		89	Rare 1	0,74	0,06		90	Rare 1	0,77	0,06
	Rare 2	1,01	0,08			Rare 2	0,97	0,08			Rare 2	0,77	0,06			Rare 2	0,80	0,06
	Freq 1	0,91	0,07			Freq 1	0,88	0,07			Freq 1	0,66	0,05			Freq 1	0,69	0,05
	Freq 2	0,93	0,07			Freq 2	0,90	0,07			Freq 2	0,69	0,05			Freq 2	0,72	0,06
	Perm 1	0,90	0,07			Perm 1	0,87	0,07			Perm 1	0,66	0,05			Perm 1	0,68	0,05
	MAX.	1,01	0,08			MAX.	0,97	0,08			MAX.	0,77	0,06			MAX.	0,80	0,06
91	Rare 1	0,79	0,06		92	Rare 1	0,84	0,07		93	Rare 1	0,86	0,07		94	Rare 1	0,84	0,07
	Rare 2	0,81	0,06			Rare 2	0,87	0,07			Rare 2	0,89	0,07			Rare 2	0,87	0,07
	Freq 1	0,71	0,06			Freq 1	0,75	0,06			Freq 1	0,77	0,06			Freq 1	0,76	0,06
	Freq 2	0,73	0,06			Freq 2	0,78	0,06			Freq 2	0,80	0,06			Freq 2	0,79	0,06
	Perm 1	0,70	0,06			Perm 1	0,75	0,06			Perm 1	0,76	0,06			Perm 1	0,75	0,06
	MAX.	0,81	0,06			MAX.	0,87	0,07			MAX.	0,89	0,07			MAX.	0,87	0,07
95	Rare 1	0,77	0,06		96	Rare 1	0,86	0,07		97	Rare 1	0,97	0,08		98	Rare 1	0,82	0,06
	Rare 2	0,79	0,06			Rare 2	0,88	0,07			Rare 2	1,00	0,08			Rare 2	0,85	0,07
	Freq 1	0,69	0,05			Freq 1	0,77	0,06			Freq 1	0,87	0,07			Freq 1	0,73	0,06
	Freq 2	0,72	0,06			Freq 2	0,80	0,06			Freq 2	0,91	0,07			Freq 2	0,76	0,06
	Perm 1	0,69	0,05			Perm 1	0,76	0,06			Perm 1	0,86	0,07			Perm 1	0,72	0,06
	MAX.	0,79	0,06			MAX.	0,88	0,07			MAX.	1,00	0,08			MAX.	0,85	0,07
99	Rare 1	0,87	0,07		100	Rare 1	0,92	0,07		101	Rare 1	1,01	0,08		102	Rare 1	0,91	0,07
	Rare 2	0,90	0,07			Rare 2	0,94	0,07			Rare 2	1,04	0,08			Rare 2	0,94	0,07
	Freq 1	0,79	0,06			Freq 1	0,83	0,07			Freq 1	0,90	0,07			Freq 1	0,81	0,06
	Freq 2	0,82	0,06			Freq 2	0,86	0,07			Freq 2	0,94	0,07			Freq 2	0,85	0,07
	Perm 1	0,78	0,06			Perm 1	0,82	0,06			Perm 1	0,89	0,07			Perm 1	0,80	0,06
	MAX.	0,90	0,07			MAX.	0,94	0,07			MAX.	1,04	0,08			MAX.	0,94	0,07
103	Rare 1	0,89	0,07		104	Rare 1	0,85	0,07										
	Rare 2	0,90	0,07			Rare 2	0,88	0,07										
	Freq 1	0,81	0,06			Freq 1	0,77	0,06										
	Freq 2	0,83	0,07			Freq 2	0,80	0,06										
	Perm 1	0,80	0,06			Perm 1	0,76	0,06										
	MAX.	0,90	0,07			MAX.	0,88	0,07										

# Relazione Tecnica Relativa Alla Realizzazione Di Una Copertura/Solaio In Legno

IN CONFORMITA' AL D.M. 17 GENNAIO 2018

I valori di calcolo per le proprietà del materiale, a partire dai valori caratteristici, si assegnano con riferimento combinato alle classi di servizio e alle classi di durata del carico. **Il valore di calcolo  $X_d$**  di una proprietà del materiale è calcolato mediante la relazione:

$$X_d = X_k \times K_{mod} / g_M$$

dove:

$X_k$  è il valore caratteristico della proprietà del materiale;

$K_{mod}$  è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di  $k_{mod}$  che corrisponde all'azione di minor durata;

$g_M$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori per legno massiccio e legno lamellare incollato sono riportati nella tabella 4.4.III delle NTC 2018, sotto riportata.

Tipo legno	Colonna A	Colonna B
legno massiccio	<b>1,50</b>	<b>1,45</b>
legno lamellare incollato	<b>1,45</b>	<b>1,35</b>

Avendo scelto produzioni normali per i materiali (colonna A) il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale vale;

**legno massiccio                   $g_M = 1,50$**

**legno lamellare incollato     $g_M = 1,45$**

Si riportano per comodità alcuni valori e definizioni riportate dalle NTC 2018

## Classi di durata del carico

Permanente	durata del carico più di 10 anni
Lunga durata	durata del carico 6 mesi - 10 anni
Media durata	durata del carico 1 settimana - 6 mesi
Breve durata	durata del carico meno di 1 settimana
Istantaneo	-----

## Classe di servizio 1

E' caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane

all'anno.

### Classe di servizio 2

E' caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.

### Classe di servizio 3

E' caratterizzata da un'umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

#### valori di $K_{mod}$ per legno massiccio e legno lamellare incollato

Classe di servizio	Permanente	Lunga	Media	Breve	istantanea
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

#### STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le deformazioni di una struttura, dovute agli effetti delle azioni applicate, degli stati di coazione e delle variazioni di umidità devono essere contenute entro limiti accettabili, sia in relazione ai danni che possono essere indotti ai materiali di rivestimento, ai pavimenti, alle tramezzature e, più in generale, alle finiture, sia in relazione ai requisiti estetici e sia alla funzionalità dell'opera.

Considerando il particolare comportamento reologico del legno e dei materiali derivati dal legno, si devono valutare sia la deformazione istantanea sia la deformazione a lungo termine. La deformazione istantanea si calcola usando i valori medi dei moduli elastici per le membrature. La deformazione a lungo termine può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore  $1/(1+k_{def})$ . Il coefficiente  $k_{def}$  tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità e dell'umidità del materiale.

#### valori di $K_{def}$ per legno massiccio e legno lamellare incollato

Materiale	Classe di servizio 1	Classe di servizio 2	Classe di servizio 3
legno massiccio	0,60	0,80	2,00
legno lamellare incollato	0,60	0,80	2,00

#### STATI LIMITE ULTIMI

#### Verifiche di resistenza

Le tensioni interne si possono calcolare nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e di una relazione lineare tra tensioni e deformazioni fino alla rottura. Le seguenti prescrizioni si riferiscono alla verifica di resistenza di elementi strutturali in legno massiccio o di prodotti derivati dal legno aventi direzione della fibratura coincidente sostanzialmente con il proprio asse longitudinale e sezione trasversale costante, soggetti a sforzi agenti prevalentemente lungo uno o più assi principali dell'elemento stesso.

#### Verifica a Flessione

Devono essere soddisfatte entrambe le condizioni seguenti:

$$\mathbf{s}_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \mathbf{s}_{m,z,d} / f_{m,z,d} \leq 1$$

$$K_m \mathbf{s}_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \mathbf{s}_{m,z,d} / f_{m,z,d} \leq 1$$

dove:

$\mathbf{s}_{m,y,d}$  e  $\mathbf{s}_{m,z,d}$  sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione.

$f_{m,y,d}$  e  $f_{m,z,d}$  sono le corrispondenti resistenze di calcolo a flessione. Nella elaborazione dei calcoli sviluppati in avanti non si terrà conto dell'eventuale aumento di resistenza in funzione delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente  $k_h$ .

I valori da adottare per il coefficiente  $k_m$ , che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, sono:

- $k_m = 0,7$  per sezioni trasversali rettangolari;
- $k_m = 1,0$  per altre sezioni trasversali.

### Verifica a Taglio

Deve essere soddisfatta la condizione:

$$t_d \leq f_{v,d}$$

dove:

$t_d$  è la tensione massima tangenziale di calcolo, valutata secondo la teoria di Jourawski;  
 $f_{v,d}$  è la corrispondente resistenza di calcolo a taglio.

La tensione tangenziale massima assoluta si ottiene come radice quadrata delle somme dei quadrati delle tensioni parziali ottenute in direzione y e z.

$$t_d = (t_y^2 + t_z^2)^{0.5}$$

Strutturalmente il solaio è costituito da:

### Travi principali

luce trave:	675,00 cm
interasse:	140,00 cm

Base	32,00	cm
Altezza	32,00	cm
Area	1024,00	cm <sup>2</sup>
Inerzia rispetto all'asse y	87381,33	cm <sup>4</sup>
Inerzia rispetto all'asse z	87381,33	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza a flessione lungo l'asse y	5461,33	cm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza a flessione lungo l'asse z	5461,33	cm <sup>3</sup>

### Travicelli secondari

interasse:	50,00 cm
------------	----------

Base	12,00	cm
Altezza	12,00	cm
Area	144,00	cm <sup>2</sup>
Inerzia rispetto all'asse y	1728,00	cm <sup>4</sup>
Inerzia rispetto all'asse z	1728,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza a flessione lungo l'asse y	288,00	cm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza a flessione lungo l'asse z	288,00	cm <sup>3</sup>

### Tavolato

Base	30,00	cm
Altezza	3,00	cm
Area	90,00	cm <sup>2</sup>
Inerzia rispetto all'asse y	67,50	cm <sup>4</sup>
Inerzia rispetto all'asse z	6750,00	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza a flessione lungo l'asse y	45,00	cm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza a flessione lungo l'asse z	450,00	cm <sup>3</sup>

## Caratteristiche Meccaniche e di Resistenza dei Materiali

Le classi di resistenza e i profili caratteristici del legno lamellare sono conformi alla norma UNI EN 14080: 2013, mentre quelle del legno massiccio alla norma UNI EN 338: 2016.

### Travi principali

**Classe di resistenza D50**

Grandezza	u. m.	valore
Resistenza caratteristica a flessione $f_{m,k}$	MPa	50
Resistenza a trazione parallela alla fibratura $f_{t,0,k}$	MPa	30
Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura $f_{t,90,k}$	MPa	0,6
Resistenza a compressione parallela alla fibratura $f_{c,0,k}$	MPa	30
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura $f_{c,90,k}$	MPa	6,2
Resistenza caratteristica a taglio $f_{v,k}$	MPa	4,5
Modulo elastico medio parallelo alle fibre $E_{mean}$	MPa	14000
Modulo elastico caratteristico $E_{0,05}$	MPa	11800
Modulo di taglio medio $G_{g,mean}$	MPa	880

**Peso specifico del legno della trave principale 550 daN/m<sup>3</sup>**

### Travicelli secondari

**Classe di resistenza D50**

Grandezza	u. m.	valore
Resistenza caratteristica a flessione $f_{m,k}$	MPa	50
Resistenza a trazione parallela alla fibratura $f_{t,0,k}$	MPa	30
Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura $f_{t,90,k}$	MPa	0,6
Resistenza a compressione parallela alla fibratura $f_{c,0,k}$	MPa	30
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura $f_{c,90,k}$	MPa	6,2
Resistenza caratteristica a taglio $f_{v,k}$	MPa	4,5
Modulo elastico medio parallelo alle fibre $E_{mean}$	MPa	14000
Modulo elastico caratteristico $E_{0,05}$	MPa	11800
Modulo di taglio medio $G_{g,mean}$	MPa	880

**Peso specifico del legno della trave secondaria 510 daN/m<sup>3</sup>**

### Tavolato

**Classe di resistenza D30**

Grandezza	u. m.	valore
Resistenza caratteristica a flessione $f_{m,k}$	MPa	30
Resistenza a trazione parallela alla fibratura $f_{t,0,k}$	MPa	18
Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura $f_{t,90,k}$	MPa	0,6
Resistenza a compressione parallela alla fibratura $f_{c,0,k}$	MPa	24
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura $f_{c,90,k}$	MPa	5,2
Resistenza caratteristica a taglio $f_{v,k}$	MPa	3,9
Modulo elastico medio parallelo alle fibre $E_{mean}$	MPa	11000
Modulo elastico caratteristico $E_{0,05}$	MPa	9200
Modulo di taglio medio $G_{g,mean}$	MPa	690

**Peso specifico del legno del tavolato 500 daN/m<sup>3</sup>**

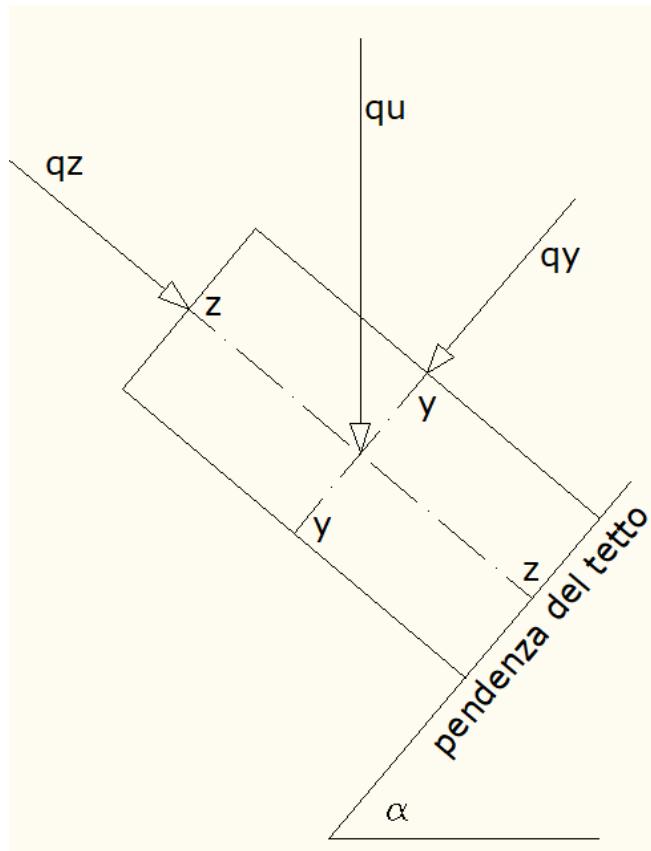
Pendenza del tetto:

$22^\circ$

Altezza del sito sul livello del mare:

1400 m.

Il sistema degli assi di riferimento adottati, della sezione trasversale, è riportato nella seguente figura.



## ANALISI DEI CARICHI

### Carichi permanenti strutturali

Peso proprio trave principale: 56,32 daN/m

Peso proprio trave secondaria: 7,34 daN/m

Peso proprio tavolato: 4,50 daN/m

$$q_1 = 69,92 \text{ daN/m}^2$$

### Sovraccarichi permanenti

Copertura con tegole: 70,00 daN/m<sup>2</sup>

Manto impermeabilizzante: 6,00 daN/m<sup>2</sup>

Isolante termico: 10,00 daN/m<sup>2</sup>

$$q_2 = 86,0 \text{ daN/m}^2$$

### Azioni Variabili

#### Cat. H - Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione:

(tabella 3.1.II delle NTC 2018)

verticale uniformemente distribuito	$q_k$	50 daN/m <sup>2</sup>
verticale concentrato	$Q_k$	120 daN
orizzontale lineare	$H_k$	100 daN/m

## CARICO NEVE

Il calcolo del carico provocato dalla neve sulla copertura è valutato utilizzando la procedura descritta nel paragrafo 3.4 delle NTC 2018.

Esso è valutato mediante la seguente formula:

$$q_s = m_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t$$

dove:

- $q_{sk}$**  è il valore del carico della neve al suolo  
 **$m_i$**  è il coefficiente di forma della copertura  
 **$C_E$**  è il coefficiente di esposizione  
 **$C_t$**  è il coefficiente termico

### Valore caratteristico del carico neve al suolo.

Per la ZONA II: Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Barletta-Andria-Trani, benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona - si ha:

$$\begin{aligned} q_{sk} &= 1,00 \text{ kN/m}^2 && \text{per } a_s \leq 200 \text{ m} \\ q_{sk} &= 0,85 \times [1 + (a_s / 481)^2] \text{ kN/m}^2 && \text{per } a_s > 200 \text{ m} \end{aligned}$$

Per un'altitudine sul livello del mare pari a: 1400 m si ha:

$$q_{sk} = 0,85 \times [1 + (1400 / 481)^2] \text{ kN/m}^2 = 8,05 \text{ kN/m}^2 = 805 \text{ daN/m}^2$$

### Coefficiente di Esposizione e termico.

L'edificio è costruito in zona: NORMALE: Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi. Quindi si ha:  $C_E = 1$

Essendo la copertura isolata termicamente, non si ha riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della neve causata dalle perdite di calore. Quindi si ha:  $C_t = 1$

### Coefficiente di Forma.

Il coefficiente di forma dipende dalla pendenza del tetto. Per:  $a = 22^\circ$  risulta  $m_i = 0,8$

Il carico dovuto alla neve, per la struttura in esame, vale:

$$q_s = 0,8 \times 8,05 \text{ daN/m}^2 \times 1 \times 1 = 644,10 \text{ daN/m}^2$$

## CARICO VENTO

L'azione del vento è calcolata come previsto dal paragrafo 3.3 delle NTC 2018 e secondo le istruzioni della circolare del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 2/2/2009 n. 617.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove:

$q_r$  è la pressione cinetica di riferimento;

$c_e$  è il coefficiente di esposizione;

$c_p$  è il coefficiente di pressione;

$c_d$  è il coefficiente dinamico.

La velocità di riferimento  $v_b$  è data dall'espressione:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b0} && \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_b &= v_{b0} \times (1 + k_s(a_s/a_0 - 1)) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned}$$

dove:

$v_{b0}$ ,  $k_s$ ,  $a_0$  sono parametri dati dalle NTC (tabella 3.3.I) e legati alla zona in cui sorge la costruzione.

In zona 3 si hanno i seguenti valori:

$$v_{b0} = 27 \text{ m/sec} \quad a_0 = 500 \text{ m} \quad k_s = 0.37$$

Quindi per un'altitudine sul livello del mare pari a 1400 m si ha:

$$v_b = 44,982 \text{ m/sec}$$

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  vale quindi

$$q_r = 0,5 \times r \times v_r^2 = 0,5 \times 1,25 \times 44,982^2 = 1260 \text{ N/m}^2 = 126 \text{ daN/m}^2$$

### Classe di esposizione

**Fascia di appartenenza:** Oltre 40 km dalla costa

### Classe di rugosità del terreno

#### Rugosità: D

- Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa);
- Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa);
- Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,...)

### Categoria di Esposizione: III

A questa classe di esposizione competono:

$$k_r = 0,2 \quad z_0 = 0,1 \text{ m} \quad z_{\min} = 5 \text{ m}$$

Il coefficiente di esposizione è dato dall'espressione

$$c_e(z) = k_r^2 \times c_t \times \ln(z/z_0) \times [7 + c_t \times \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Essendo l'altezza della costruzione, 3 m, inferiore a  $z_{\min}$

$$c_e(z) = k_r^2 \times c_t \times \ln(z_{\min}/z_0) \times [7 + c_t \times \ln(z_{\min}/z_0)]$$

$$c_e(z) = 0,2^2 \times 1 \times \ln(5/0,1) \times [7 + 1 \times \ln(5/0,1)] = 1,71$$

avendo posto il coefficiente di topografia  $C_t = 1$

### **Pressioni Interne**

La costruzione è stata assunta come stagna, quindi  $c_{pi} = 0$

### **Pressioni Esterne**

Nel tetto in legno composto da più falde, le strutture portanti delle diverse falde sono indipendenti una dall'altra e possono quindi essere calcolati separatamente. Per la determinazione del carico massimo del vento si considerano solo le configurazioni che danno carichi positivi. Infatti, la pressione negativa è un carico di segno opposto a quello degli altri carichi e tende ad alleggerirne gli effetti. In questo caso andrà, invece, attentamente preso in considerazione l'equilibrio del manto di copertura che tende ad essere sollevato. Da queste considerazioni risulta prevalente la direzione del vento che investe direttamente la falda (falda sopravento), con valore del coefficiente di forma, determinato secondo il punto G.2.3.2, tabella G.III (coefficienti di pressione per coperture a semplice falda: vento perpendicolare) del CNR-DT 207/2008: Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

L'inclinazione della falda pari a  $22^\circ$  :

$$c_{pe} = 0,6 \times a/75 = 0,176$$

Quindi il carico del vento sulla copertura sopravento vale

$$q = 126^2 \times 1 \times 1 \times 1,71 \times 0,176 = 38 \text{ daN/m}^2$$

VERIFICA TRAVE PRINCIPALE

Il peso della struttura portante del tetto (secondaria e tavolato) che grava sulla trave principale vale a metro quadrato, tenendo conto dell'interasse della struttura principale:

Interasse struttura principale  $i_p = 1,40 \text{ m}$

Peso Proprio trave principale  $q_{tr} = 56,320 \text{ daN/m}$

Terzere	$q_{se}$	=	$(b \times h \times g_{se}) / i_{se}$	=	$(0,12 \times 0,12 \times 510,00) / 0,50$	=	14,69	daN/m <sup>2</sup>
Tavolato	$q_{tv}$	=	$(h \times 1,00 \times g_{tv})$	=	$0,03 \times 1,00 \times 500,00$	=	15,00	daN/m <sup>2</sup>
					Total $q_1$	=	29,69	daN/m <sup>2</sup>

Carico perm. strutturale	$G_{k1}$	=	$q_{tr} + (q_1 \times i_{tr}) / \cos(a)$	=	$56,32 + (29,69 \times 1,40) / 0,93$	=	101,01	daN/m
Carico perm. non strutturale	$G_{k2}$	=	$(q_2 \times i_{tr}) / \cos(a)$	=	$86,00 \times 1,40 / 0,93$	=	129,46	daN/m
Sovraccarico d'uso	$Q_{k1}$	=	$(q_k \times i_{tr})$	=	$50,00 \times 1,40$	=	70,00	daN/m
Carico neve	$Q_{k2}$	=	$(q_s \times i)$	=	$644,10 \times 1,40$	=	901,74	daN/m
Carico vento	$Q_{k3}$	=	$(q_{wl} \times i_{tr}) / \cos^2(a)$	=	$38,00 \times 1,40 / 0,93^2$	=	61,51	daN/m

Ai fini della verifica le azioni di calcolo agli stati limite ultimi i carichi gravitazionali si ricavano dalla seguente espressione:

$$F_d = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k1} + g_{q2} \times [\sum (Q_{k2} \times Y_{02})]$$

dove:

- $G_k$  = Valore caratteristico dei carichi permanenti
- $Q_{k1}$  = Valore della azione variabile predominante
- $Q_{ki}$  = Valore delle azioni variabili
- $Y_{2i}$  = Valore dei coefficienti di combinazione

dove:

- |          |  |   |      |
|----------|--|---|------|
| $g_g$    | = Coefficiente di maggiorazione per carichi permanenti | = | 1,30 |
| $g_{qi}$ | = Coefficiente di maggiorazione per carichi variabili  | = | 1,50 |

Il coefficiente di combinazione, che tiene in conto della probabilità che tutti i carichi agiscano contemporaneamente è fornito dalla tabella 2.5.I delle NTC.

Categoria	$Y_{0j}$	$Y_{1j}$	$Y_{2j}$
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Categoria H - Coperture	0,0	0,0	0,0

## CARICO COMPLESSIVO SULLA TRAVE

Nel caso specifico abbiamo carichi di diversa durata, pertanto dobbiamo fare riferimento a quello con la durata più breve per la determinazione della classe di durata. Sono infatti le sollecitazioni più elevate a causare il danneggiamento e quindi la rottura del materiale: queste sollecitazioni estreme sono presenti soltanto durante l'azione contemporanea di tutti i carichi previsti dalla combinazione considerata, che si verifica soltanto durante un lasso di tempo pari alla durata dell'azione di più breve durata fra quelle contenute nella combinazione considerata. La durata del carico influenza anche la resistenza del materiale per cui, a priori, non è possibile stabilire qual'è la situazione di carico più onerosa. Nelle calcolazioni seguenti il coefficiente di maggiorazione dei carichi permanenti non strutturali è assunto pari a 1,5.

### Calcolo delle azioni

Combinazione I)

Durata del carico: Permanente

$$F_{dl,1} = 1,30 \times G_{k1} + 1,50 \times G_{k2}$$

$$F_{dl,1} = 1,30 \times 101,01 + 1,50 \times 129,46 = 325,50 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{F_{dl,1} = 325,50 \text{ daN/m}}$$

Condizione II)

Durata del carico: breve (con carico d'esercizio dominate, neve e vento)

$$F_{dII,1} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k1} + g_{q2} (Q_{k2} \times Y_{02} + Q_{k3} \times Y_{03})$$
$$F_{dII,1} = 1.30 \times 101,010 + 1.50 \times 129,458 + 1.50 \times 70,000 + 1.50 \times 901,740 \times 0,7 + 1.50 \times 61,510 \times 0,6 = 1432,686 \text{ daN/m}$$

Durata del carico: breve (con carico neve dominate, e vento)

$$F_{dII,2} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k2} + g_{q2} (Q_{k1} \times Y_{01} + Q_{k3} \times Y_{03})$$
$$F_{dII,2} = 1.30 \times 101,010 + 1.50 \times 129,458 + 1.50 \times 901,740 + 1.50 \times 61,510 \times 0,6 = 1733,469 \text{ daN/m}$$

$$\mathbf{F_{dII} = 1733,469 \text{ daN/m}}$$

Durata del carico: Istantanea (con carico vento dominate, e neve)

$$F_{dII,3} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k3} + g_{q2} (Q_{k2} \times Y_{02} + Q_{k1} \times Y_{01})$$
$$F_{dII,3} = 1.30 \times 101,010 + 1.50 \times 129,458 + 1.50 \times 61,510 + 1.5 \times 0,7 \times 901,740 = 1364,592 \text{ daN/m}$$

$$\mathbf{F_{dIII} = 1364,592 \text{ daN/m}}$$

## VERIFICA DELLA TRAVE PRINCIPALE INFLESSA ALLO SLU

Le caratteristiche di resistenza della trave sono:

Luce della campata 675,000 cm

$$W_y = 5461 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 5461 \text{ cm}^3$$

Resistenza caratteristica a flessione  $f_{m,k} = 500 \text{ daN/cm}^2$

### Classe di durata del carico: Permanente

Valore del carico = 325,500 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 0,6$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 200 \text{ daN/cm}^2$

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$Q_y = 121,932 \text{ daN/m}$$

$$Q_z = 301,799 \text{ daN/m}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 171.884 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 69.444 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$\text{La tensione provocata da } Q_y \text{ vale: } s_{m,y,d} = M_y / W_z = 31,47 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{La tensione provocata da } Q_z \text{ vale: } s_{m,z,d} = M_z / W_y = 12,72 \text{ daN/cm}^2$$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$31,47 / 200 + 0,7 \times 12,72 / 200 = 0,2 < 1$$

$$0,7 \times 31,47 / 200 + 12,72 / 200 = 0,17 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## Classe di durata del carico: Breve durata

Valore del carico = 1733,469 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 0,9$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 300$  daN/cm<sup>2</sup>

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$Q_y = 649,354 \text{ daN/m}$$

$$Q_z = 1607,250 \text{ daN/m}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 915.379 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 369.828 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

La tensione provocata da  $Q_y$  vale:  $s_{m,y,d} = M_y / W_z = 167,61$  daN/cm<sup>2</sup>

La tensione provocata da  $Q_z$  vale:  $s_{m,z,d} = M_z / W_y = 67,72$  daN/cm<sup>2</sup>

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$167,61 / 300 + 0,7 \times 67,72 / 300 = 0,72 < 1$$

$$0,7 \times 167,61 / 300 + 67,72 / 300 = 0,62 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

### **Classe di durata del carico: Istantanea**

Valore del carico = 1364,592 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 1,1$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 366,67 \text{ daN/cm}^2$

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$Q_y = 511,174 \text{ daN/m}$$

$$Q_z = 1265,232 \text{ daN/m}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 720,589 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 291,129 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

La tensione provocata da  $Q_y$  vale:  $s_{m,y,d} = M_y / W_z = 131,94 \text{ daN/cm}^2$

La tensione provocata da  $Q_z$  vale:  $s_{m,z,d} = M_z / W_y = 53,31 \text{ daN/cm}^2$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$131,94 / 366,67 + 0,7 \times 53,31 / 366,67 = 0,46 < 1$$

$$0,7 \times 131,94 / 366,67 + 53,31 / 366,67 = 0,4 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## **VERIFICA A TAGLIO**

Il taglio massimo, lungo l'asse principale della sezione y, si ottiene sotto la seconda combinazione dei carichi che fornisce:

$$F_d = 1733,469 \text{ daN}$$

$$\begin{aligned} V_y &= Q_y \times L/2 = 2191,571 \text{ daN} \\ V_z &= Q_z \times L/2 = 5424,470 \text{ daN} \end{aligned}$$

Si calcolano le tensioni massime sollecitanti indotte dalle due componenti del taglio

$$\begin{aligned} t_y &= 1,5 \times V_y / (b \times h) = 3,210 \text{ daN} \\ t_z &= 1,5 \times V_z / (b \times h) = 7,946 \text{ daN} \end{aligned}$$

Resistenza caratteristica a taglio  $f_{v,k} = 45,000 \text{ daN/cm}^2$

Valore di calcolo della resistenza a taglio  $f_{v,d} = f_{v,k} \times k_{mod}/1,5 = 33 \text{ daN/cm}^2$

La tensione tangenziale massima assoluta si ottiene come radice quadrata delle somme dei quadrati delle tensioni parziali ottenute in direzione y e z.

$$t_d = (t_y^2 + t_z^2)^{0.5} = (3,210^2 + 7,946^2)^{0.5} = 8,570 \text{ daN/cm}^2$$

Per la verifica deve risultare:

$$t_d/f_{v,d} \leq 1 = 8,570/33,000 = 0,260$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## VERIFICA AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO SLE

Il calcolo della freccia massima è effettuato con la formula:

$$u = (5/384 \times q \times l^4) / (EI)$$

valida per travi semplicemente appoggiate. Allo stato limite di esercizio si controlla che l'abbassamento della trave sia minore di valori ritenuti ammissibili. Il primo passo si effettua controllando che l'abbassamento istantaneo sotto la combinazione dei carichi rara sia minore o uguale a  $l/300$ . Il secondo controllo verifica che l'abbassamento massimo finale (a lungo termine) indotto dalla combinazione dei carichi quasi permanente sia minore di  $l/200$ .

La procedura di calcolo adottata è quella semplificata e segue i seguenti passi:

- 1) Si calcola la deformazione istantanea  $W_{ist}$  sulla base della combinazione di carico cosiddetta rara:

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} \times Y_{21} + Q_{k2} \times Y_{22} + Q_{k3} \times Y_{23}$$

- 2) Si calcola la deformazione differita, pari alla deformazione istantanea  $W'_{ist}$  calcolata sulla base delle combinazioni di carico quasi permanenti, moltiplicata per il coefficiente  $k_{def}$  che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo dovuto a viscosità ed umidità.

La deformazione complessiva è pari alla somma delle due aliquote:

$$W_{fin} = W_{ist} + k_{def} \times W'_{ist}$$

### **Combinazioni di carico**

Combinazione del carico: Quasi Permanente

Valori dei coefficienti di combinazione del carico:

variabile	$Y_{21}$	0 0
neve per h > 1000 m s.l.m.	$Y_{22}$	0,2
vento	$Y_{23}$	00

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} \times Y_{21} + Q_{k2} \times Y_{22} + Q_{k3} \times Y_{23}$$

$$F_{qp} = 101,010 + 129,458 + 0,2 \times 901,740 = 410,816 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{F_{qp} = 410,816 \text{ daN/m}}$$

Condizione del carico: Rara)

I coefficienti di combinazione valgono:

Valore dei coefficienti di combinazione del carico:

variabile	$Y_{01}$	0 0
neve per h > 1000 m s.l.m.	$Y_{02}$	0,7
vento	$Y_{03}$	00,6

I coefficienti di combinazione valgono:

$$F_{rara,1} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Y_{02} \times Q_{k2} + Y_{03} \times Q_{k3}$$

$$F_{rara,1} = 101,010 + 129,458 + 70,000 + 0,7 \times 901,740 + 0,6 \times 61,510 = 968,592 \text{ daN}$$

Combinazione II) Carico neve dominante

$$F_{rara,2} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k2} + Y_{01} \times Q_{k1} + Y_{03} \times Q_{k3}$$

$$F_{rara,2} = 101,010 + 129,458 + 901,7400 \times 70,000 + 0,6 \times 61,510 = 1169,114 \text{ daN}$$

Combinazione III) Carico vento dominante

$$F_{rara,3} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k3} + Y_{12} \times Q_{k2} + Y_{21} \times Q_{k1}$$

$$F_{rara,3} = 101,010 + 129,458 + 61,510 + 0 \times 70,000 + 0,7 \times 901,740 = 923,196 \text{ daN}$$

$$\mathbf{F_{rara}= 1169,114 daN/m}$$

### Dati della sezione

Momento d'inerzia rispetto asse y:  $I_y = 87.381 \text{ cm}^4$

Momento d'inerzia rispetto asse z:  $I_z = 87.381 \text{ cm}^4$

Modulo elastico medio:  $E = 140.000 \text{ daN/cm}^2$

### Calcolo delle deformazioni

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di **carico cosiddetta rara**, vale:

Valore del carico lungo l'asse y:  $Q_y = 437,948 \text{ daN/m}$

Valore del carico lungo l'asse z:  $Q_z = 1083,988 \text{ daN/m}$

Valore della deformazione lungo l'asse y:  $W_{rara,y} = 0,968 \text{ cm}$

Valore della deformazione lungo l'asse z:  $W_{rara,z} = 2,395 \text{ cm}$

$$W_{ist, rara} = (W_{rara,y}^2 + W_{rara,z}^2)^{0.5} = (0,968^2 + 2,395^2)^{0.5} = 2,583 \text{ cm}$$

Il valore della freccia di confronto è di 2,250 cm. Risultando  $W_{ist} < 1/300$  la trave si ritiene verificata.

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di **carico quasi permanente**, vale:

Valore del carico lungo l'asse y:  $Q_y = 153,891 \text{ daN/m}$

Valore del carico lungo l'asse z:  $Q_z = 380,903 \text{ daN/m}$

Valore della deformazione lungo l'asse y:  $W_{rara,y} = 0,340 \text{ cm}$

Valore della deformazione lungo l'asse z:  $W_{rara,z} = 0,842 \text{ cm}$

$$W'_{ist, qp} = (W_{qp,y}^2 + W_{qp,z}^2)^{0.5} = (0,340^2 + 0,842^2)^{0.5} = 0,908 \text{ cm}$$

### Calcolo deformazione finale

La deformazione finale vale:

$$W_{fin} = W_{ist,rara} + k_{def} \times W'_{ist, qp}$$

$$W_{fin} = 2,583 + 0,8 \times 0,908 = \text{cm } 3,3094$$

Il valore della freccia di confronto risulta di 3,3750 cm. Risultando  $W_{fin} < l/200$  la trave si ritiene verificata.

**VERIFICA TRAVE SECONDARIA**

I carichi gravanti sulla struttura secondaria per ogni metro quadrato, compreso il peso proprio, valgono:

Carico permanente strutturale	$q_1$	=	29,690	daN/m
Carico permanente non strutturale	$q_2$	=	86,000	daN/m
Sovraccarico d'uso	$q_k$	=	50,000	daN/m
Carico neve	$q_s$	=	644,100	daN/m
Carico vento	$q_n$	=	38,000	daN/m

I carichi gravanti ortogonalmente sulla singola trave secondaria, per metro di lunghezza, tenendo conto dell'interasse sono:

**Interasse:** 0,50 m

Carico permanente strutturale	$G_{k1}$	=	$q_1 \times i_{ts} / \cos(a)$	=	$29,69 \times 0,50 \times 0,93$	=	13,805	daN/m
Carico permanente non strutturale	$G_{k2}$	=	$q_2 \times i_{ts} / \cos(a)$	=	$86,00 \times 0,50 \times 0,93$	=	39,990	daN/m
Sovraccarico d'uso	$Q_{k1}$	=	$q_k \times i_{ts} / \cos^2(a)$	=	$50,00 \times 0,50 \times 0,93$	=	21,623	daN/m
Carico neve	$Q_{k2}$	=	$q_s \times i_{ts} / \cos^2(a)$	=	$644,10 \times 0,50 \times 0,9$	=	278,541	daN/m
Carico vento	$Q_{k3}$	=	$q_n \times i$	=	$38,00 \times 0,50$	=	19,000	daN/m

Lo schema strutturale dell'orditura secondaria è quello di trave continua su più appoggi, tutti equidistanti tra di loro. Si considera sia in mezzeria che agli appoggi, operando in sicurezza, il valore massimo di momento come trave semplicemente appoggiata.

Ai fini della verifica le azioni di calcolo agli stati limite ultimi i carichi gravitazionali si ricavano dalla seguente espressione:

$$F_d = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k1} + g_{q2} \times [\sum(Q_{k2} \times Y_{02})]$$

dove:

- $G_k$  = Valore caratteristico dei carichi permanenti
- $Q_{k1}$  = Valore della azione variabile predominante
- $Q_{ki}$  = Valore delle azioni variabili
- $Y_{2i}$  = Valore dei coefficienti di combinazione

dove:

- |          |  |   |      |
|----------|--|---|------|
| $g_g$    | = Coefficiente di maggiorazione per carichi permanenti | = | 1,30 |
| $g_{qi}$ | = Coefficiente di maggiorazione per carichi variabili  | = | 1,50 |

Il coefficiente di combinazione, che tiene in conto della probabilità che tutti i carichi agiscano contemporaneamente è fornito dalla tabella 2.5.I delle NTC.

Categoria	$Y_{0j}$	$Y_{1j}$	$Y_{2j}$
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Categoria H - Coperture	0,0	0,0	0,0

## CARICO COMPLESSIVO SULLA TRAVE

Nel caso specifico abbiamo carichi di diversa durata, pertanto dobbiamo fare riferimento a quello con la durata più breve per la determinazione della classe di durata. Sono infatti le sollecitazioni più elevate a causare il danneggiamento e quindi la rottura del materiale: queste sollecitazioni estreme sono presenti soltanto durante l'azione contemporanea di tutti i carichi previsti dalla combinazione considerata, che si verifica soltanto durante un lasso di tempo pari alla durata dell'azione di più breve durata fra quelle contenute nella combinazione considerata. La durata del carico influenza anche la resistenza del materiale per cui, a priori, non è possibile stabilire qual'è la situazione di carico più onerosa. Nelle calcolazioni seguenti il coefficiente di maggiorazione dei carichi permanenti non strutturali è assunto pari a 1,5.

### Calcolo delle azioni

Combinazione I)

Durata del carico: Permanente

$$F_{dl,1} = 1,30 \times G_{k1} + 1,50 \times G_{k2}$$

$$F_{dl,1} = 1,30 \times 13,80 + 1,50 \times 39,99 = 77,93 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{F_{dl,1} = 77,93 \text{ daN/m}}$$

Condizione II)

Durata del carico: breve (con carico d'esercizio dominate, neve e vento)

$$F_{dII,1} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k1} + g_{q2} (Q_{k2} \times Y_{02} + Q_{k3} \times Y_{03})$$
$$F_{dII,1} = 1.30 \times 13,805 + 1.50 \times 39,990 + 1.50 \times 21,623 + 1.50 \times 278,541 \times 0,7 + 1.50 \times 19,000 \times 0,6 = 419,933 \text{ daN/m}$$

Durata del carico: breve (con carico neve dominate, e vento)

$$F_{dII,2} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k2} + g_{q2} (Q_{k1} \times Y_{01} + Q_{k3} \times Y_{03})$$
$$F_{dII,2} = 1.30 \times 13,805 + 1.50 \times 39,990 + 1.50 \times 278,541 + 1.50 \times 19,000 \times 0,6 = 512,843 \text{ daN/m}$$

$$\mathbf{F_{dII} = 512,843 \text{ daN/m}}$$

Durata del carico: Istantanea (con carico vento dominate, e neve)

$$F_{dII,3} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k3} + g_{q2} (Q_{k2} \times Y_{02} + Q_{k1} \times Y_{01})$$
$$F_{dII,3} = 1.30 \times 13,805 + 1.50 \times 39,990 + 1.50 \times 19,000 + 1,5 \times 0,7 \times 278,541 = 398,899 \text{ daN/m}$$

$$\mathbf{F_{dIII} = 398,899 \text{ daN/m}}$$

## VERIFICA DELLA TRAVE SECONDARIA INFLESSA ALLO SLU

Le caratteristiche di resistenza della trave sono:

Luce della campata 150,538 cm

$$W_y = 288 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 450 \text{ cm}^3$$

Resistenza caratteristica a flessione  $f_{m,k} = 500 \text{ daN/cm}^2$

### Classe di durata del carico: Permanente

Valore del carico = 77,931 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 0,6$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times k_{mod} / 1,5 = 200 \text{ daN/cm}^2$

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$Q_y = 29,193 \text{ daN/m}$$

$$Q_z = 72,257 \text{ daN/m}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 2.047 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 827 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

La tensione provocata da  $Q_y$  vale:  $s_{m,y,d} = M_y / W_z = 7,11 \text{ daN/cm}^2$

La tensione provocata da  $Q_z$  vale:  $s_{m,z,d} = M_z / W_y = 1,84 \text{ daN/cm}^2$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$7,11 / 200 + 0,7 \times 1,84 / 200 = 0,04 < 1$$

$$0,7 \times 7,11 / 200 + 1,84 / 200 = 0,03 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## Classe di durata del carico: Breve durata

Valore del carico = 512,843 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 0,9$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 300$  daN/cm<sup>2</sup>

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$\begin{aligned} Q_y &= 192,110 \quad \text{daN/m} \\ Q_z &= 475,501 \quad \text{daN/m} \end{aligned}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 13.470 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 5.442 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$\text{La tensione provocata da } Q_y \text{ vale: } s_{m,y,d} = M_y / W_z = 46,77 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{La tensione provocata da } Q_z \text{ vale: } s_{m,z,d} = M_z / W_y = 12,09 \text{ daN/cm}^2$$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$46,77 / 300 + 0,7 \times 12,09 / 300 = 0,18 < 1$$

$$0,7 \times 46,77 / 300 + 12,09 / 300 = 0,15 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

### **Classe di durata del carico: Istantanea**

Valore del carico = 398,899 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 1,1$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 366,67 \text{ daN/cm}^2$

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$\begin{aligned} Q_y &= 149,427 \text{ daN/m} \\ Q_z &= 369,855 \text{ daN/m} \end{aligned}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 10.477 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 4.233 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$\text{La tensione provocata da } Q_y \text{ vale: } s_{m,y,d} = M_y / W_z = 36,38 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{La tensione provocata da } Q_z \text{ vale: } s_{m,z,d} = M_z / W_y = 9,41 \text{ daN/cm}^2$$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$36,38 / 366,67 + 0,7 \times 9,41 / 366,67 = 0,12 < 1$$

$$0,7 \times 36,38 / 366,67 + 9,41 / 366,67 = 0,1 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## **VERIFICA A TAGLIO**

Il taglio massimo, lungo l'asse principale della sezione y, si ottiene sotto la seconda combinazione dei carichi che fornisce:

$$F_d = 512,843 \text{ daN}$$

$$V_y = Q_y \times L/2 = 144,599 \text{ daN}$$

$$V_z = Q_z \times L/2 = 357,904 \text{ daN}$$

Si calcolano le tensioni massime sollecitanti indotte dalle due componenti del taglio

$$t_y = 1,5 \times V_y / (b \times h) = 1,506 \text{ daN}$$

$$t_z = 1,5 \times V_z / (b \times h) = 3,728 \text{ daN}$$

$$\text{Resistenza caratteristica a taglio } f_{v,k} = 45,000 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Valore di calcolo della resistenza a taglio } f_{v,d} = f_{v,k} \times k_{\text{mod}} / 1,5 = 33 \text{ daN/cm}^2$$

La tensione tangenziale massima assoluta si ottiene come radice quadrata delle somme dei quadrati delle tensioni parziali ottenute in direzione y e z.

$$t_d = (t_y^2 + t_z^2)^{0.5} = (1,506^2 + 3,728^2)^{0.5} = 4,021 \text{ daN/cm}^2$$

Per la verifica deve risultare:

$$t_d / f_{v,d} \leq 1 = 4,021 / 33,000 = 0,122$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## VERIFICA AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO SLE

Il calcolo della freccia massima è effettuato con la formula:

$$u = (5/384 \times q \times l^4) / (EI)$$

valida per travi semplicemente appoggiate. Allo stato limite di esercizio si controlla che l'abbassamento della trave sia minore di valori ritenuti ammissibili. Il primo passo si effettua controllando che l'abbassamento istantaneo sotto la combinazione dei carichi rara sia minore o uguale a  $l/300$ . Il secondo controllo verifica che l'abbassamento massimo finale (a lungo termine) indotto dalla combinazione dei carichi quasi permanente sia minore di  $l/200$ .

La procedura di calcolo adottata è quella semplificata e segue i seguenti passi:

- 1) Si calcola la deformazione istantanea  $W_{ist}$  sulla base della combinazione di carico cosiddetta rara:

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} \times Y_{21} + Q_{k2} \times Y_{22} + Q_{k3} \times Y_{23}$$

- 2) Si calcola la deformazione differita, pari alla deformazione istantanea  $W'_{ist}$  calcolata sulla base delle combinazioni di carico quasi permanenti, moltiplicata per il coefficiente  $k_{def}$  che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo dovuto a viscosità ed umidità.

La deformazione complessiva è pari alla somma delle due aliquote:

$$W_{fin} = W_{ist} + k_{def} \times W'_{ist}$$

### **Combinazioni di carico**

Combinazione del carico: Quasi Permanente

Valori dei coefficienti di combinazione del carico:

variabile	$Y_{21}$	0 0
neve per h > 1000 m s.l.m.	$Y_{22}$	0,2
vento	$Y_{23}$	00

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} \times Y_{21} + Q_{k2} \times Y_{22} + Q_{k3} \times Y_{23}$$

$$F_{qp} = 13,805 + 39,990 + 0,2 \times 278,541 = 109,503 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{F_{qp} = 109,503 \text{ daN/m}}$$

Condizione del carico: Rara)

I coefficienti di combinazione valgono:

Valore dei coefficienti di combinazione del carico:

variabile	$Y_{01}$	0 0
neve per h > 1000 m s.l.m.	$Y_{02}$	0,7
vento	$Y_{03}$	00,6

I coefficienti di combinazione valgono:

$$F_{rara,1} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Y_{02} \times Q_{k2} + Y_{03} \times Q_{k3}$$

$$F_{rara,1} = 13,805 + 39,990 + 21,623 + 0,7 \times 278,541 + 0,6 \times 19,000 = 281,797 \text{ daN}$$

Combinazione II) Carico neve dominante

$$F_{rara,2} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k2} + Y_{01} \times Q_{k1} + Y_{03} \times Q_{k3}$$

$$F_{rara,2} = 13,805 + 39,990 + 278,541 \times 21,623 + 0,6 \times 19,000 = 343,736 \text{ daN}$$

Combinazione III) Carico vento dominante

$$F_{rara,3} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k3} + Y_{12} \times Q_{k2} + Y_{21} \times Q_{k1}$$

$$F_{rara,3} = 13,805 + 39,990 + 19,000 + 0 \times 21,623 + 0,7 \times 278,541 = 267,774 \text{ daN}$$

$$\mathbf{F}_{rara} = 343,736 \text{ daN/m}$$

### Dati della sezione

Momento d'inerzia rispetto asse y:  $I_y = 1.728 \text{ cm}^4$

Momento d'inerzia rispetto asse z:  $I_z = 1.728 \text{ cm}^4$

Modulo elastico medio:  $E = 140.000 \text{ daN/cm}^2$

### Calcolo delle deformazioni

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di **carico cosiddetta rara**, vale:

Valore del carico lungo l'asse y:  $Q_y = 128,763 \text{ daN/m}$

Valore del carico lungo l'asse z:  $Q_z = 318,708 \text{ daN/m}$

Valore della deformazione lungo l'asse y:  $W_{rara,y} = 0,036 \text{ cm}$

Valore della deformazione lungo l'asse z:  $W_{rara,z} = 0,088 \text{ cm}$

$$W_{ist, rara} = (W_{rara,y}^2 + W_{rara,z}^2)^{0.5} = (0,036^2 + 0,088^2)^{0.5} = 0,095 \text{ cm}$$

Il valore della freccia di confronto è di 0,502 cm. Risultando  $W_{ist} < 1/300$  la trave si ritiene verificata.

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di **carico quasi permanente**, vale:

Valore del carico lungo l'asse y:  $Q_y = 41,02 \text{ daN/m}$

Valore del carico lungo l'asse z:  $Q_z = 101,53 \text{ daN/m}$

Valore della deformazione lungo l'asse y:  $W_{rara,y} = 0,011 \text{ cm}$

Valore della deformazione lungo l'asse z:  $W_{rara,z} = 0,028 \text{ cm}$

$$W'_{ist, qp} = (W^2_{qp,y} + W^2_{qp,z})^{0.5} = (0,011^2 + 0,028^2)^{0.5} = 0,03 \text{ cm}$$

### Calcolo deformazione finale

La deformazione finale vale:

$$W_{fin} = W_{ist,rara} + k_{def} \times W'_{ist, qp}$$

$$W_{fin} = 0,095 + 0,8 \times 0,030 = \text{cm } 0,1190$$

Il valore della freccia di confronto risulta di 0,7527 cm. Risultando  $W_{fin} < l/200$  la trave si ritiene verificata.

VERIFICA TAVOLATO

I carichi gravanti sul tavolato, compreso il peso proprio, per ogni metro quadrato valgono:

Carico permanente strutturale	$q_1$	=	15,000	daN/m
Carico permanente non strutturale	$q_2$	=	86,000	daN/m
Sovraccarico d'uso	$q_k$	=	50,000	daN/m
Carico neve	$q_s$	=	644,100	daN/m
Carico vento	$q_n$	=	38,000	daN/m

I carichi gravanti sulla singola tavola, per metro di lunghezza, tenendo conto della larghezza della tavola sono:

**Larghezza tavola:** 0,30 m

Carico perm. strutturale	$G_{k1}$	=	$q_{tr} + (q_1 \times i_{tr}) / \cos(\alpha)$	=	15,00 + (0,00 × 0,30) / 0,93	=	15,00	daN/m
Carico perm. non strutturale	$G_{k2}$	=	$(q_2 \times i_{tr}) / \cos(\alpha)$	=	86,00 × 0,30 / 0,93	=	27,74	daN/m
Sovraccarico d'uso	$Q_{k1}$	=	$(q_k \times i_{tr})$	=	50,00 × 0,30	=	15,00	daN/m
Carico neve	$Q_{k2}$	=	$(q_s \times i)$	=	644,10 × 0,30	=	193,23	daN/m
Carico vento	$Q_{k3}$	=	$(q_{wl} \times i_{tr}) / \cos^2(\alpha)$	=	38,00 × 0,30 / 0,93 <sup>2</sup>	=	13,18	daN/m

Ai fini della verifica le azioni di calcolo agli stati limite ultimi i carichi gravitazionali si ricavano dalla seguente espressione:

$$F_d = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k1} + g_{q2} \times [\sum(Q_{k2} \times Y_{02})]$$

dove:

- $G_k$  = Valore caratteristico dei carichi permanenti
- $Q_{k1}$  = Valore della azione variabile predominante
- $Q_{ki}$  = Valore delle azioni variabili
- $Y_{2i}$  = Valore dei coefficienti di combinazione

dove:

- |          |  |   |      |
|----------|--|---|------|
| $g_g$    | = Coefficiente di maggiorazione per carichi permanenti | = | 1,30 |
| $g_{qi}$ | = Coefficiente di maggiorazione per carichi variabili  | = | 1,50 |

Il coefficiente di combinazione, che tiene in conto della probabilità che tutti i carichi agiscano contemporaneamente è fornito dalla tabella 2.5.I delle NTC.

Categoria	$Y_{0j}$	$Y_{1j}$	$Y_{2j}$
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Categoria H - Coperture	0,0	0,0	0,0

## CARICO COMPLESSIVO SULLA TRAVE

Nel caso specifico abbiamo carichi di diversa durata, pertanto dobbiamo fare riferimento a quello con la durata più breve per la determinazione della classe di durata. Sono infatti le sollecitazioni più elevate a causare il danneggiamento e quindi la rottura del materiale: queste sollecitazioni estreme sono presenti soltanto durante l'azione contemporanea di tutti i carichi previsti dalla combinazione considerata, che si verifica soltanto durante un lasso di tempo pari alla durata dell'azione di più breve durata fra quelle contenute nella combinazione considerata. La durata del carico influenza anche la resistenza del materiale per cui, a priori, non è possibile stabilire qual'è la situazione di carico più onerosa. Nelle calcolazioni seguenti il coefficiente di maggiorazione dei carichi permanenti non strutturali è assunto pari a 1,5.

### Calcolo delle azioni

Combinazione I)

Durata del carico: Permanente

$$F_{dl,1} = 1,30 \times G_{k1} + 1,50 \times G_{k2}$$

$$F_{dl,1} = 1,30 \times 15,00 + 1,50 \times 27,74 = 61,11 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{F_{dl,1} = 61,11 \text{ daN/m}}$$

Condizione II)

Durata del carico: breve (con carico d'esercizio dominate, neve e vento)

$$F_{dII,1} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k1} + g_{q2} (Q_{k2} \times Y_{02} + Q_{k3} \times Y_{03})$$
$$F_{dII,1} = 1.30 \times 15,000 + 1.50 \times 27,741 + 1.50 \times 15,000 + 1.50 \times 193,230 \times 0,7 + 1.50 \times 13,181 \times 0,6 = 298,366 \text{ daN/m}$$

Durata del carico: breve (con carico neve dominate, e vento)

$$F_{dII,2} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k2} + g_{q2} (Q_{k1} \times Y_{01} + Q_{k3} \times Y_{03})$$
$$F_{dII,2} = 1.30 \times 15,000 + 1.50 \times 27,741 + 1.50 \times 193,230 + 1.50 \times 13,181 \times 0,6 = 362,819 \text{ daN/m}$$

$$\mathbf{F_{dII} = 362,819 \text{ daN/m}}$$

Durata del carico: Istantanea (con carico vento dominate, e neve)

$$F_{dII,3} = g_g \times G_k + g_{q1} \times Q_{k3} + g_{q2} (Q_{k2} \times Y_{02} + Q_{k1} \times Y_{01})$$
$$F_{dII,3} = 1.30 \times 15,000 + 1.50 \times 27,741 + 1.50 \times 13,181 + 1.5 \times 0,7 \times 193,230 = 283,774 \text{ daN/m}$$

$$\mathbf{F_{dIII} = 283,774 \text{ daN/m}}$$

## VERIFICA DEL TAVOLATO INFLESSO ALLO SLU

Le caratteristiche di resistenza della trave sono:

Luce della campata 50,000 cm

$$W_y = 45 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 450 \text{ cm}^3$$

Resistenza caratteristica a flessione  $f_{m,k} = 300 \text{ daN/cm}^2$

### Classe di durata del carico: Permanente

Valore del carico = 61,112 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 0,6$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times k_{mod} / 1,5 = 120 \text{ daN/cm}^2$

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$Q_y = 22,892 \text{ daN/m}$$

$$Q_z = 56,662 \text{ daN/m}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 177 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 72 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

La tensione provocata da  $Q_y$  vale:  $s_{m,y,d} = M_y / W_z = 3,93 \text{ daN/cm}^2$

La tensione provocata da  $Q_z$  vale:  $s_{m,z,d} = M_z / W_y = ,16 \text{ daN/cm}^2$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$3,93 / 120 + 0,7 \times ,16 / 120 = 0,03 < 1$$

$$0,7 \times 3,93 / 120 + ,16 / 120 = 0,02 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

### **Classe di durata del carico: Breve durata**

Valore del carico = 362,819 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 0,9$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 180 \text{ daN/cm}^2$

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$\begin{aligned} Q_y &= 135,911 \text{ daN/m} \\ Q_z &= 336,401 \text{ daN/m} \end{aligned}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 1.051 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 425 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

La tensione provocata da  $Q_y$  vale:  $s_{m,y,d} = M_y / W_z = 23,36 \text{ daN/cm}^2$

La tensione provocata da  $Q_z$  vale:  $s_{m,z,d} = M_z / W_y = ,94 \text{ daN/cm}^2$

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$23,36 / 180 + 0,7 \times ,94 / 180 = 0,13 < 1$$

$$0,7 \times 23,36 / 180 + ,94 / 180 = 0,1 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

### **Classe di durata del carico: Istantanea**

Valore del carico = 283,774 daN/m

Classe di servizio: 2

Coefficiente correttivo  $K_{mod} = 1,1$

Valore di calcolo a snervamento  $f_{myd} = f_{m,k} \times K_{mod} / 1,5 = 220$  daN/cm<sup>2</sup>

La trave è soggetta a flessione deviata nelle due direzioni principali y e z. I carichi nelle due direzioni valgono:

$$Q_y = 106,301 \text{ daN/m}$$

$$Q_z = 263,112 \text{ daN/m}$$

Essendo le travi semplicemente appoggiate agli estremi si hanno le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

$$M_{qy} = q_z \times l^2 / 8 = 822 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{qz} = q_y \times l^2 / 8 = 332 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

La tensione provocata da  $Q_y$  vale:  $s_{m,y,d} = M_y / W_z = 18,27$  daN/cm<sup>2</sup>

La tensione provocata da  $Q_z$  vale:  $s_{m,z,d} = M_z / W_y = ,74$  daN/cm<sup>2</sup>

**Devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:**

$$s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \times s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

$$K_m \times s_{m,y,d} / f_{m,y,d} + s_{m,z,d} / f_{m,z,d} < 1$$

**risultando:**

$$18,27 / 220 + 0,74 / 220 = 0,09 < 1$$

$$0,74 \times 18,27 / 220 + ,74 / 220 = 0,06 < 1$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## **VERIFICA A TAGLIO**

Il taglio massimo, lungo l'asse principale della sezione y, si ottiene sotto la seconda combinazione dei carichi che fornisce:

$$F_d = 362,819 \text{ daN}$$

$$V_y = Q_y \times L/2 = 33,978 \text{ daN}$$

$$V_z = Q_z \times L/2 = 84,100 \text{ daN}$$

Si calcolano le tensioni massime sollecitanti indotte dalle due componenti del taglio

$$t_y = 1,5 \times V_y / (b \times h) = 0,566 \text{ daN}$$

$$t_z = 1,5 \times V_z / (b \times h) = 1,402 \text{ daN}$$

$$\text{Resistenza caratteristica a taglio } f_{v,k} = 39,000 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Valore di calcolo della resistenza a taglio } f_{v,d} = f_{v,k} \times k_{\text{mod}} / 1,5 = 28,6 \text{ daN/cm}^2$$

La tensione tangenziale massima assoluta si ottiene come radice quadrata delle somme dei quadrati delle tensioni parziali ottenute in direzione y e z.

$$t_d = (t_y^2 + t_z^2)^{0.5} = (0,566^2 + 1,402^2)^{0.5} = 1,512 \text{ daN/cm}^2$$

Per la verifica deve risultare:

$$t_d / f_{v,d} \leq 1 = 1,512 / 28,600 = 0,053$$

**LA SEZIONE E' VERIFICATA**

## VERIFICA AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO SLE

Il calcolo della freccia massima è effettuato con la formula:

$$u = (5/384 \times q \times l^4) / (EI)$$

valida per travi semplicemente appoggiate. Allo stato limite di esercizio si controlla che l'abbassamento della trave sia minore di valori ritenuti ammissibili. Il primo passo si effettua controllando che l'abbassamento istantaneo sotto la combinazione dei carichi rara sia minore o uguale a  $l/300$ . Il secondo controllo verifica che l'abbassamento massimo finale (a lungo termine) indotto dalla combinazione dei carichi quasi permanente sia minore di  $l/200$ .

La procedura di calcolo adottata è quella semplificata e segue i seguenti passi:

- 1) Si calcola la deformazione istantanea  $W_{ist}$  sulla base della combinazione di carico cosiddetta rara:

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} \times Y_{21} + Q_{k2} \times Y_{22} + Q_{k3} \times Y_{23}$$

- 2) Si calcola la deformazione differita, pari alla deformazione istantanea  $W'_{ist}$  calcolata sulla base delle combinazioni di carico quasi permanenti, moltiplicata per il coefficiente  $k_{def}$  che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo dovuto a viscosità ed umidità.

La deformazione complessiva è pari alla somma delle due aliquote:

$$W_{fin} = W_{ist} + k_{def} \times W'_{ist}$$

### **Combinazioni di carico**

Combinazione del carico: Quasi Permanente

Valori dei coefficienti di combinazione del carico:

variabile	$Y_{21}$	0 0
neve per h > 1000 m s.l.m.	$Y_{22}$	0,2
vento	$Y_{23}$	00

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} \times Y_{21} + Q_{k2} \times Y_{22} + Q_{k3} \times Y_{23}$$

$$F_{qp} = 15,000 + 27,741 + 0,2 \times 193,230 = 81,387 \text{ daN/m}$$

$$\boxed{F_{qp} = 81,387 \text{ daN/m}}$$

Condizione del carico: Rara)

I coefficienti di combinazione valgono:

Valore dei coefficienti di combinazione del carico:

variabile	$Y_{01}$	0 0
neve per h > 1000 m s.l.m.	$Y_{02}$	0,7
vento	$Y_{03}$	00,6

I coefficienti di combinazione valgono:

$$F_{rara,1} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Y_{02} \times Q_{k2} + Y_{03} \times Q_{k3}$$

$$F_{rara,1} = 15,000 + 27,741 + 15,000 + 0,7 \times 193,230 + 0,6 \times 13,181 = 200,911 \text{ daN}$$

Combinazione II) Carico neve dominante

$$F_{rara,2} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k2} + Y_{01} \times Q_{k1} + Y_{03} \times Q_{k3}$$

$$F_{rara,2} = 15,000 + 27,741 + 193,230 \times 15,000 + 0,6 \times 13,181 = 243,880 \text{ daN}$$

Combinazione III) Carico vento dominante

$$F_{rara,3} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k3} + Y_{12} \times Q_{k2} + Y_{21} \times Q_{k1}$$

$$F_{rara,3} = 15,000 + 27,741 + 13,181 + 0 \times 15,000 + 0,7 \times 193,230 = 191,183 \text{ daN}$$

$$\mathbf{F}_{rara} = 243,880 \text{ daN/m}$$

### Dati della sezione

Momento d'inerzia rispetto asse y:  $I_y = 68 \text{ cm}^4$   
 Momento d'inerzia rispetto asse z:  $I_z = 6.750 \text{ cm}^4$   
 Modulo elastico medio:  $E = 110.000 \text{ daN/cm}^2$

### Calcolo delle deformazioni

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di **carico cosiddetta rara**, vale:

Valore del carico lungo l'asse y:  $Q_y = 91,357 \text{ daN/m}$   
 Valore del carico lungo l'asse z:  $Q_z = 226,122 \text{ daN/m}$

Valore della deformazione lungo l'asse y:  $W_{rara,y} = 0,000 \text{ cm}$   
 Valore della deformazione lungo l'asse z:  $W_{rara,z} = 0,025 \text{ cm}$

$$W_{ist, rara} = (W_{rara,y}^2 + W_{rara,z}^2)^{0.5} = (0,000^2 + 0,025^2)^{0.5} = 0,025 \text{ cm}$$

Il valore della freccia di confronto è di 0,167 cm. Risultando  $W_{ist} < 1/300$  la trave si ritiene verificata.

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di **carico quasi permanente**, vale:

Valore del carico lungo l'asse y:  $Q_y = 30,487 \text{ daN/m}$   
 Valore del carico lungo l'asse z:  $Q_z = 75,461 \text{ daN/m}$

Valore della deformazione lungo l'asse y:  $W_{rara,y} = 0,000 \text{ cm}$   
 Valore della deformazione lungo l'asse z:  $W_{rara,z} = 0,008 \text{ cm}$

$$W'_{ist, qp} = (W^2_{qp,y} + W^2_{qp,z})^{0.5} = (0,000^2 + 0,008^2)^{0.5} = 0,008 \text{ cm}$$

### Calcolo deformazione finale

La deformazione finale vale:

$$W_{fin} = W_{ist,rara} + k_{def} \times W'_{ist, qp}$$

$$W_{fin} = 0,025 + 0,8 \times 0,008 = \text{cm } 0,0314$$

Il valore della freccia di confronto risulta di 0,2500 cm. Risultando  $W_{fin} < l/200$  la trave si ritiene verificata.

# **PIANO DI MANUTENZIONE**

Il legno è uno dei materiali più durevoli, ma soggetto a deterioramento causato dal decadimento naturale, dall'attacco di insetti e muffe o da danni meccanici. Le opere in legno sono consegnate in cantiere già protette con una mano di vernice impregnante, data a pennello. Il trattamento in genere garantisce la totale protezione del legno da muffe e funghi. Per mantenere la vita utile delle strutture in legno nei parametri progettuali, bisogna adottare piccoli accorgimenti per proteggerle. Occorre allora programmare degli interventi periodici per mantenerlo o riabilitarlo in modo da tenerlo in una condizione che garantisca prestazioni e durata ottimali. Idonei programmi di manutenzione riducono la frequenza e il costo delle riparazioni. L'obiettivo non è solo quello di riparare le carenze esistenti, ma anche di adottare misure correttive per prevenire o ridurre i problemi futuri. L'ispezione e il controllo sono facilitati dal fatto che le strutture in legno vengono quasi sempre lasciate a vista. La manutenzione regolare è la migliore soluzione per garantire una lunga vita di servizio alle strutture. Il tetto rappresenta la chiusura verso l'alto dell'edificio. Dal punto di vista strutturale il tetto deve assolvere la funzioni di: sostegno del peso proprio e dei carichi accidentali; scaricare i carichi portati alle pareti perimetrali. Nel caso specifico si tratta di tetto realizzato in travi in legno, sovrastruttura in legno e tegole. La tipologia e le caratteristiche specifiche dei solai facenti parte dell'opera sono indicate negli elaborati progettuali.

## **MANUTENZIONE PROGRAMMATA**

Con la dizione manutenzione programmata si intendono, generalmente, gli interventi di:  
Pulitura;  
Rigenerazione;  
Ripristino;  
Rinnovo;  
Riparazioni.

### **PULITURA**

La pulizia della parte superficiale delle strutture lignee ha lo scopo di rimuovere i depositi di sporco, che potrebbero corrodere lo strato di vernice diminuendone quindi la protezione. Bisogna avere cura di pulire le strutture senza danneggiare la pellicola di vernice, utilizzando, eventualmente, acqua miscelata con un detergente neutro. Con cadenza annuale va effettuata la pulizia dei canali di gronda ed il controllo visivo del manto di copertura. In questa fase si procede a controllare il serraggio degli eventuali bulloni.

### **RIGENERO**

Nel caso in cui ad un controllo visivo la vernice esterna appare anche in parte consumata, si provvederà ad applicare un prodotto rigenerante, dopo aver provveduto alla pulitura della struttura. E' consigliabile eseguire questo trattamento una volta ogni quattro anni.

### **RIPRISTINO**

Quando nelle travi del tetto fossero presenti piccole crepe, causate da scalfitture accidentali, occorre intervenire immediatamente, applicando una finitura specifica per manutenzione.

### **RINNOVO**

Con questa fase si toglie lo strato di vernice esterna, senza togliere il colore, e si procede ad una nuova verniciatura.

### **RIPARAZIONI**

Le riparazioni si effettuano quando è necessario rinforzare gli elementi strutturale esistenti con componenti aggiuntivi.

Il ripristino o l'aumento delle sezioni resistenti si effettua con l'aggiunta di altro materiale per rafforzare gli elementi esistenti. Si utilizzano, generalmente, altri elementi in legno o delle lastre di acciaio. Il ripristino si effettua nelle sezioni dove sono evidenti le fenditure e le lesioni. Questo sistema può essere adoperato anche per impedire che eventuali lesioni si allarghino o si propaghino al resto della trave. In taluni casi sarà possibile effettuare piccole riparazioni con resine epossidiche. Quando si vuole migliorare la ripartizione dei carichi è possibile effettuare l'irrigidimento della struttura con delle barre di acciaio o di legno collocate trasversalmente alle travi del tetto.

In caso di elemento strutturale completamente degradato si potrà procedere ad una sua sostituzione.

**Tabella Riassuntiva e Tempistica Interventi**

<b>Elemento dell'edificio</b>	<b>Azione manutentiva</b>	<b>Frequenza</b>
<b>falde del tetto</b>	<b>ispezione falde</b>	<b>dopo eventi atmosferici forti</b>
<b>tegole o rivestimenti</b>	<b>ispezione su spaccature</b>	<b>due volte all'anno</b>
<b>travi di legno</b>	<b>ispezione visiva</b>	<b>quattro volte all'anno</b>
<b>grondaie e pluviali</b>	<b>ispezione visiva</b>	<b>una volta l'anno</b>
<b>connettori</b>	<b>controllo serraggio</b>	<b>ogni quattro anni</b>

<b>SCHEDA UNIONE TIPO :</b>	1	unione trave legno su c.a. con staffa a scomparsa
-----------------------------	---	---

## VERIFICA UNIONE IN LEGNO

Si riporta di seguito i risultati della verifica dell'unione in legno.

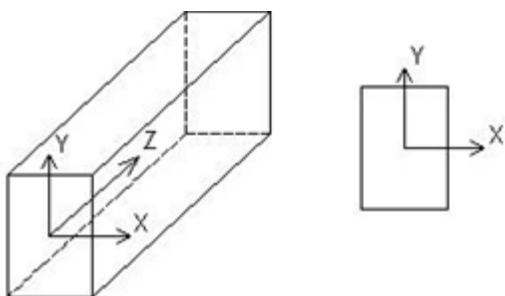
### Riferimenti normativi e bibliografici

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. n.42 del 20/02/2018.

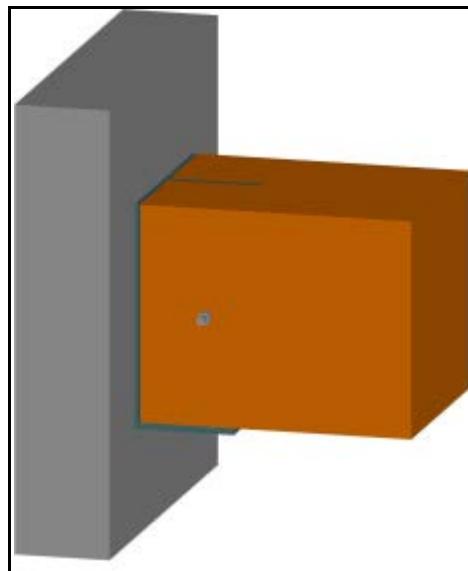
Riferimenti tecnici:

- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- Istruzioni CNR-DT 206/2007

### SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE DELLE ASTE



Si riporta a lato il sist. riferimento locale adottato per le aste in legno

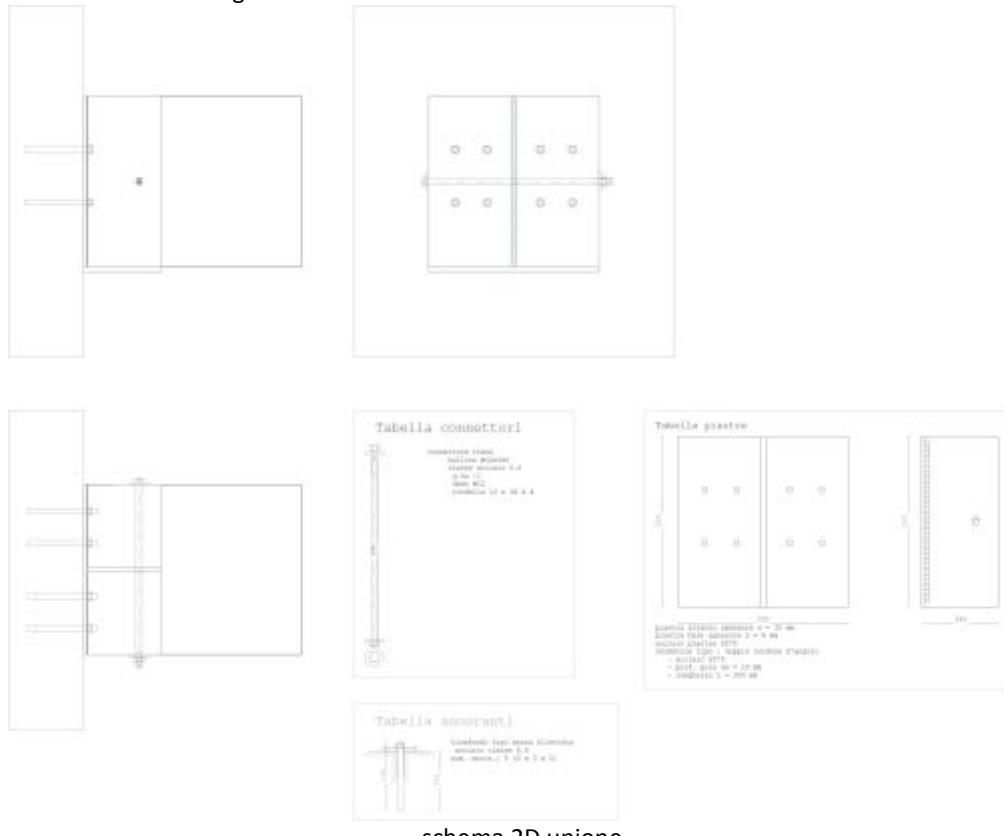


### dati generali unione

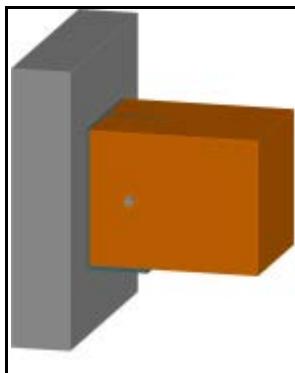
descrizione	unione trave legno su c.a. con staffa a scomparsa		
Norma di riferimento	NTC 2018		
classe di servizio	2		

### coeff. parziali di sicurezza

combinazione	fondam./SLU	eccez./sisma
unioni legno	gM,l,j	1,5
acciaio connettori, piastre	gM,s,j	1,25
calcestruzzo	gM,c	1,5



schema 2D unione



<b>dati travi in legno</b>		
numero id.		1
descrizione		trave legno
base sezione [mm]	b	320
altezza sezione [mm]	h	320
lunghezza [mm]	L	400
classe legno		D50
dati asta progetto CDS		
numero		6
tratto		
estremo		in

**DATI CONNETTORI**


Tabella connettori		
<b>dati connettori</b>		
numero id.		1
descrizione		bullone M12x346
connettore tipo		bullone
designazione connettore		bullone M12x346
classe di resistenza		6.8
diam. x lunghezza	d x L [mm]	12 x 346
numero di file di connettori/	nf	1
numero raggiere		
numero connettori per fila /diametri ragg.	nbf	1
sfalsamento file		allineate
interasse connettori a1	a1 [mm]	40
distanze file/raggiere a2	a2 [mm]	100
numero totale conne.	nb	1
numero conn. efficaci	nbef	1
d. ext. rondella [mm]		36
spess. rondella [mm]		4

**caratteristiche di resistenza connettori**


coeff. parziale di sicurezza gj	gj	
numero superfici di taglio	nst	2
resist.caratt.taglio connettore per conessione legno/acciaio-legno [kN]	Fv,Rk	36,16
modo di collasso secondo Johansen		H-III (A-L)
resistenza a taglio di progetto [kN]	Vrd,b	32,57
resistenza a trazione di progetto [kN]	Nrd,b	32,57
momento resist. caratt. a snervamento[Nmm]	Myk	115
resistenza caratteristica a estrazione[kN]	Fax,rk	47,33
<b>duttilità e rigidezza connessione</b>		
verif. diametro connettore	db<12mm	12
spess. membrat. legno [mm]	tm	155
rapporto tm/db	>10; >8	12,9

<b>caratteristiche di resistenza connettori</b>		
modalità di crisi (Johansen)		H-III
livello di duttilità		DUTTILE
modulo di scorrimento connettore [N/mm]	Kser	9263
rigidezza rotazionale [kNm]	Krot	0

**VERIFICA SPAZIATURE E DISTANZE MINIME CONNETTORE-LEGNO [mm]**

numero connettore		1
descrizione		bullone M12x346
interasse connettori   min.	a1 a1min	40 60
distanze tra file di connettori   min.	a2 a2min	100 48
distanze dall'estremità della trave   min comp.  min tesa	a3 a3c,min a3t,min	96 84 84
distanze min. dal bordo della trave   min comp.  min tesa	a4 a4c,min a4t,min	160 36 48
status verifica		OK

**Geometria piastre**

	numero	1	2	3
	descrizione	flangia	piastra di attacco	piastra di appoggio
	larghezza [mm]	b	320	140
	spessore [mm]	s	6	10
	altezza [mm]	h	320	320
	classe acciaio		S275	S275
	gioco fori-connettore [mm]	g	1	1
	disposizione			
	saldature	tipo		

**VERIFICA SPAZIATURE E DISTANZE MINIME FORI PIASTRE [mm]**

numero connettore		1	2	3
descrizione		flangia	piastra di attacco	piastra di appoggio
diametro fori	df	11	13	
dist. long./min	p1	100/24	40/29	
dist. trasv./min	p2	60/26	100/31	
dist. bordo long/min	e1	100/13	98/16	
dist. bordo trasv./min	e2	100/13	98/16	
status verifica		VERIFICA	VERIFICA	

**dati ancoraggi**

numero id.		1
descrizione		ancoraggi
tipo		barra filettata
resistenza di prog. estrazione	Nrjd	9 kN
resistenza di prog. a taglio	Vrdj	24 kN
classe cls		C25/30
classe acciaio		6.8
diam. x lunghezza (lungh. efficace)	d x L(Leff) [mm]	10 x 130 (111)
numero e passo ancor. dir. X	njX	2 passo 60 mm

<b>dati ancoraggi</b>	
numero e passo ancor. dir. Y	njY
numero tot ancoraggi	nj
	8

## SOLLECITAZIONI DI PROGETTO - CARICHI ASTE (sistema rif. locale asta)

### SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ASTA : trave legno (sistema di rif. locale asta)

aste 3D n. 6 / estremo iniz. / estremo fin. - nodo in. = 92 | nodo fin. = 100 (modello strutturale da progetto CDS)

n.	descrizione	durata min.	tipo comb	cl. serv.	kmod	gM,legno	Vx [kN]	Vy [kN]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mt [kNm]
2	comb. 2	media durata	SLU fondam.	2	0,8	1,5	0	43,2	2,8	0	0	0

## VERIFICA RESISTENZA CONNESSIONI

### verifica connessioni - legenda

cmb	numero combinazione di calcolo
Nsd	Sforzo normale di progetto sulla trave in legno (>0 trazione)
Msd,x	Momento di progetto agente sulla connessione della trave in legno secondo l'asse X locale della trave
Vsd,x	Taglio di progetto secondo l'asse X locale della trave in legno
Vsd,y	Taglio di progetto secondo l'asse Y locale della trave in legno: >0 = carico sulla piastra inferiore di appoggio <0 = carico affidato ai connettori acciaio/legno
Vsd,b	Massima sollecitazione di taglio sul singolo connettore della trave in legno
Vrd,b	Taglio resistente di progetto del singolo connettore della trave in legno
Rd,a	Resistenza di progetto della piastra di appoggio ottenuta come valore minimo di: - resistenza piastra (taglio e flessione) - resistenza a compressione ortogonale alle fibre della trave in legno: $Rd,90 = kmod * Rk,90 / gm$ ; con $Rk,90 = 499,97 \text{ kN}$ ( $kc90 = 1$   $Aeff = 537,6 \text{ cm}^2$ )
sig,c	tensione di progetto a compressione della flangia
fcd	resistenza di progetto a compressione nella zona compresa della flangia
F1j,max	massima sollecitazione si trazione nel singolo ancoraggio
Nrd,j	resistenza di progetto a trazione-estrazione del singolo ancoraggio
Vsd,j	Taglio di progetto sul singolo ancoraggio
Vrd,j	Taglio resistente di progetto ancoraggio (compresa verifica a rifollamento della piastra)
cVN,j	coeff. di verifica a taglio e trazione ancoraggi (OK <=1)
c.sic	coeff. di sicurezza
status	status di verifica

## VERIFICA RESISTENZA CONNESSIONI

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche per la combinazione di calcolo più gravosa (inviluppo).

verifica connessioni - status verifica VERIFICA / coeff. sicurezza minimo = 1,81																
cmb	Nsd	Msd,X	Vsd,X	Vsd,Y	Rda	Vsd,b	Vrd,b	sig,c	fcd	F1j,max	Nrd,j	Vsd,j	Vrd,j	cVN,j	c.sic	status
n.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	verif.	
2	2,8	0	0	43,2	266,6	2,8	19,3	4	14,2	5,2	9,4	7,4	24	0,4	1,81	OK

VERIFICA RESISTENZA SALDATURA DI ATTACCO PIASTRA : VERIFICA

- sig.id,min = 3,09 N/mm<sup>2</sup> (sigma ideale minima)
- fwd = 376,47 N/mm<sup>2</sup> (resistenza di progetto saldatura)

- coeff,sic = 121,82

- comb. n. 4