

PROPONENTE

**Repower Renewable Spa**  
Via Lavaredo, 44  
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



**TENPROJECT**

Tenproject Srl - via De Gasperi 61  
82018 S. Giorgio del Sannio (BN)  
t +39 0824 337144 - f +39 0824 493415  
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

**1459**

**NUOVO PARCO EOLICO "VEGLIE "**  
**PROVINCIE DI LECCE - TARANTO - BRINDISI**  
**COMUNI DI SALICE SALENTINO - NARDO' - PORTO CESAREO - AVETRANA PERCHIE'**

**PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE**



RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

CODICE ELABORATO


**10.1**

NOME FILE

1459-PD\_A\_10.1\_REL\_r00


REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	05/2021	PRIMA EMISSIONE	SC	FB	NF




	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 1 di 76
---	---	---	---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE OPERE</b>	<b>5</b>
3.1	PLINTO DI FONDAZIONE	5
3.2	CABINA DI RACCOLTA PREFABBRICATA E RELATIVA FONDAZIONE IN OPERA	6
3.3	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 kV	6
3.3.1	FONDAZIONE TRASFORMATORE DI POTENZA 30/150 kV	7
3.3.2	FONDAZIONE E SOSTEGNO SCARICATORE DI SOVRATENSIONE	8
3.3.3	FONDAZIONE E SOSTEGNO TRASFORMATORE DI TENSIONE CAPACITIVO (TVC)	8
3.3.4	FONDAZIONE E SOSTEGNO TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO (TVI)	9
3.3.5	FONDAZIONE E SOSTEGNO TRASFORMATORE DI CORRENTE (TA)	9
3.3.6	FONDAZIONE E SOSTEGNO TERMINALE CAVI AT + SCARICATORI AT	10
3.3.7	FONDAZIONE E SOSTEGNO M.A.T. NEUTRO	10
3.3.8	FONDAZIONE E SOSTEGNO SEZIONATORE TRIPOLARE	11
3.3.9	FONDAZIONE INTERRUTTORE	11
3.3.10	FONDAZIONE ARRIVO CAVI MT	12
3.3.11	EDIFICIO UTENTE	12
<b>4</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>AZIONI SULLE STRUTTURE</b>	<b>16</b>
6.1	CARICHI TORRE	16
6.2	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI	17
6.3	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	17
6.4	CARICHI ACCIDENTALI	17
6.5	AZIONE DEL VENTO	17
6.6	AZIONE DELLA NEVE	18
6.7	AZIONE SISMICA	20
<b>7</b>	<b>DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI</b>	<b>21</b>

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 2 di 76
---	---	---	---

<b>8</b>	<b>MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>	<b>28</b>
10.1	VERIFICHE STRUTTURALI ELEMENTI IN ACCIAIO.	28
10.2	VERIFICHE STRUTTURALI ELEMENTI IN C.A.	42
<b>11</b>	<b>CALCOLO DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI</b>	<b>66</b>
11.1	CARICO LIMITE FONDAZIONI SUPERFICIALI	67
<b>12</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<b>68</b>
<b>13</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>74</b>

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 3 di 76
---	---	---	---

## 1 PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da sette aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, comprensivo di un sistema di accumulo con batterie agli ioni di litio di potenza pari a 15,20 MW, per una potenza complessiva di 57,20 MW, da installare nel comune di Avetrana (TA), Salice Salentino (LE), Nardò (LE) e Porto Cesareo (LE) in località “Il Canalone” e con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Erchie (BR).

Proponente dell’iniziativa è la società Repower Renewable SpA.

Il sito di impianto è ubicato a sud-ovest del centro abitato di Salice Salentino (LE) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 12 km, a nord-ovest del centro abitato di Nardò (LE) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 25 km, ad est del centro abitato di Avetrana (TA) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 4,5 km ed infine a nord-ovest del centro abitato di Porto Cesareo (LE) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 10 km.

In particolare:

- gli aerogeneratori di progetto A01 e A02 ricadono nel comune di Salice Salentino, in località “Contrada Grassi”
- gli aerogeneratori A03 e A05 ricadono nel comune di Nardò in località “Monte Ruga”
- l’aerogeneratore A04 ricade nel comune di Avetrana in località “Villa Nova”
- gli aerogeneratori A06 e A07 ricadono nel comune di Porto Cesareo in località “Masseria Corte Vetere”.


Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro per gruppi mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto “cavidotto interno”):

- il gruppo costituito dagli aerogeneratori A1, A2 e A3 è collegato ad una cabina di raccolta prevista nei pressi dell’aerogeneratore denominato A01;
- il gruppo degli aerogeneratori A4, A5, A6 e A7 è collegato ad una cabina di raccolta prevista nei pressi dell’aerogeneratore denominato A04.

Dalle cabine di raccolta parte il cavidotto interrato (detto “cavidotto esterno”) per il collegamento dell’impianto alla sottostazione di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza o stazione di utenza), prevista in agro di Erchie. Il cavidotto esterno segue per la quasi totalità strade esistenti.

La stazione di utenza a sua volta è collegata in antenna a 150 kV con la esistente Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Terna Spa (in breve anche SE RTN o stazione RTN) in agro di Erchie. La connessione in antenna avviene mediante un cavo interrato AT tra lo stallo della stazione di utenza e lo stallo a 150 kV della stazione RTN.

All’interno della stazione utente è prevista l’installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 4 di 76
---	---	---	---

La presente relazione descrive le opere strutturali previste per il progetto dell'impianto eolico. Le opere previste per la realizzazione del suddetto impianto consistono in:

- Fondazioni degli aerogeneratori;
- Cabina di raccolta prefabbricata e relativa fondazione in opera;
- Opere previste per la sottostazione di trasformazione 30/150 kV;

Nei paragrafi successivi la descrizione delle opere.

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

### **NORMATIVA NAZIONALE**

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

*"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".*

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

*"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".*

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica  
- Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

*"Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".*

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

**Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.)

*"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018".*

### **NORMATIVA INTERNAZIONALE**

UNI 9858 "Concrete. Performance, production, placing and compliance criteria.

UNI ENV 1992-1-1 del 31-01-1993 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo.

### 3 DESCRIZIONE OPERE

#### 3.1 Plinto di fondazione

Per ciascuno degli aerogeneratori, denominati con le sigle A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07, si prevedono plinti di forma geometrica divisibile in tre solidi di cui il primo è un cilindro (corpo 1) con un diametro di **25.00m** e un'altezza di **0.75m**, il secondo (corpo 2) è un tronco di cono con diametro di base pari a **25.00m**, diametro superiore di **7.20m** e un'altezza pari a **1.75m**; il terzo corpo (corpo 3) è un cilindro con un diametro di **7.20m** e un'altezza di **1.00m**; infine nella parte centrale del plinto, in corrispondenza della gabbia tirafondi, si individua un tronco di cono con diametro di base pari a **6.6m**, diametro superiore pari a **6.00m** e altezza pari a **0.30m**. Di seguito si riporta una sezione della fondazione e una tabella con le caratteristiche dimensionali.

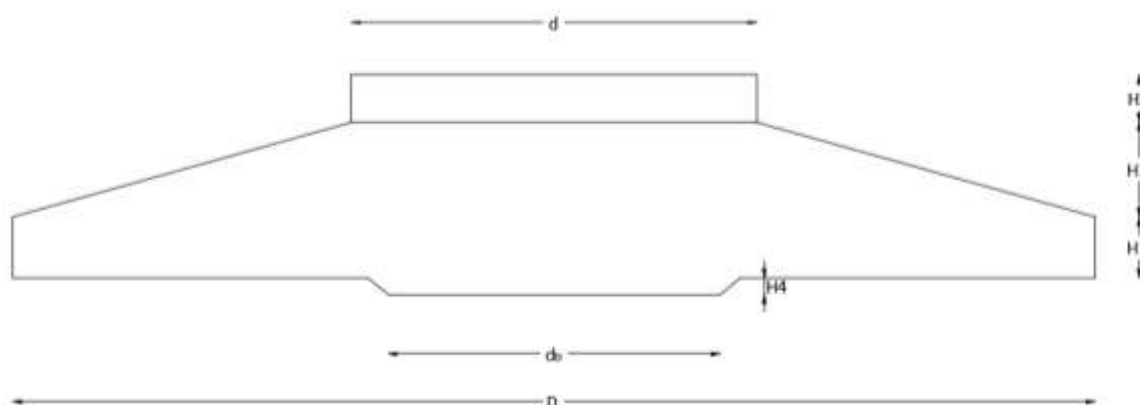



Figura 1 - geometria plinto

SIMBOLO	DIM	U.M.
<b>D</b>	25,00	m
<b>d</b>	7,20	m
<b>db</b>	6,00	m
<b>H1</b>	0,75	m
<b>H2</b>	1,75	m
<b>H3</b>	1,00	m
<b>H4</b>	0,30	m
<b>H<sub>tot</sub></b>	3,50	m
<b>Volume plinto</b>	809,00	m <sup>3</sup>

Viste le caratteristiche geologiche del terreno ad ora disponibili e gli enti sollecitanti, le fondazioni di ciascun aerogeneratore sono del tipo diretto.

**Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli sulla geometria, le dimensioni del plinto.**

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 6 di 76
---	---	---	---

### 3.2 Cabina di raccolta prefabbricata e relativa fondazione in opera

La cabina di raccolta consiste in una struttura in calcestruzzo armata di tipo prefabbricata di dimensioni complessive 10.16 x 4.16 x 3.14 m (rif. Elaborato 1459-PD\_A\_5.7\_TAV\_r00).

**Le caratteristiche strutturali effettive di dettaglio della cabina saranno illustrate dal produttore prescelto dalla committenza, negli elaborati progettuali da presentare prima dell'inizio dei lavori, in sede di acquisizione di autorizzazione in zona sismica ai sensi dell'articolo 94 del D.P.R.380/2001.**

La fondazione è una platea in c.a. in opera di dimensioni 10.76 x 4.76 x 0.60 m con un cunicolo per il passaggio cavi realizzato con pareti alte 1.90 m e spesse 0.30 m e un basamento di dimensioni 7.85 x 1.60 x 0.40 m.

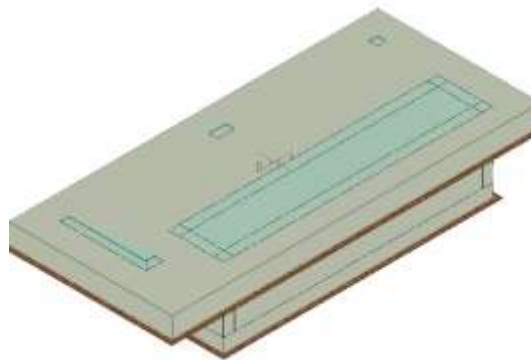
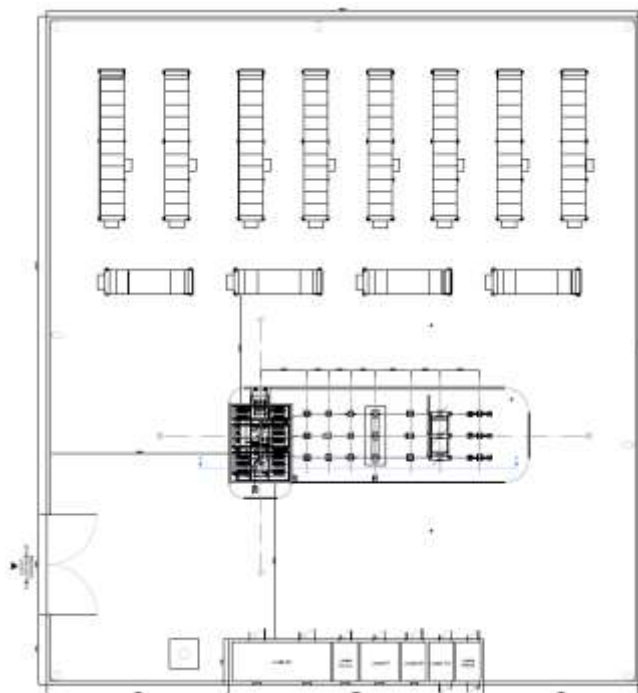


Figura 2 - vista

### 3.3 Sottostazione di trasformazione 30/150 kV

Il progetto prevede la realizzazione di una sottostazione di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza o stazione di utenza), prevista in agro di Erchie.





**Figura 3 - vista planimetrica della stazione**

Le opere previste per la realizzazione della suddetta stazione consistono in:

- Fondazione trasformatore di potenza 30/150 kV;
- Fondazione e sostegno scaricatore di sovratensione;
- Fondazione e sostegno trasformatore di tensione capacitivo (TVC);
- Fondazione e sostegno trasformatore di tensione induttivo (TVI);
- Fondazione e sostegno trasformatore di corrente (TA);
- Fondazione e sostegno terminale cavi AT + scaricatori AT;
- Fondazione e sostegno M.A.T. neutro;
- Fondazione e sostegno sezionatore tripolare;
- Fondazione interruttore;
- Fondazione e sostegno arrivo cavi MT;
- Edificio Utente.

### **3.3.1 Fondazione trasformatore di potenza 30/150 kV**

La vasca ha dimensioni in pianta 8.00 m x 6.00 m ed un'altezza pari a 2.50 m. la platea ha uno spessore di 30 cm, su quest'ultima si innestano le pareti perimetrali che hanno spessore pari a 30 cm per il primo 1.80 m e pari a 20 cm per i restanti 40 cm; i setti centrali porta trasformatore hanno spessore 70 cm per il primo 1.80 m e pari a 50 cm per i restanti 40 cm

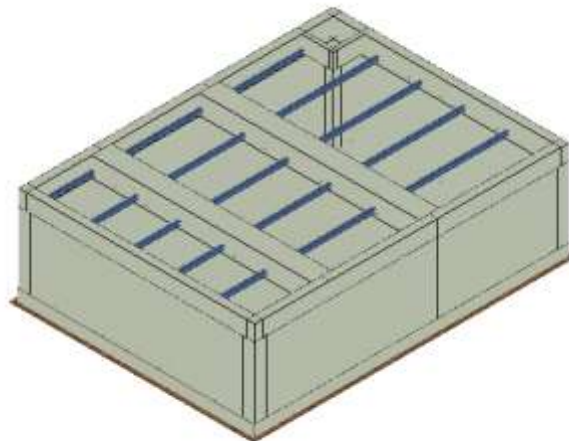


Figura 4 - vista

### 3.3.2 Fondazione e sostegno scaricatore di sovratensione

Per lo scaricatore è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 219.1 mm, spessore 4.0 mm ed altezza 4.55 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Si è adottata un tipo di fondazione a plinto isolato di forma quadrata di dimensioni 1.40 m x 1.40 m ed altezza di 60 cm e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 45 cm. L'interconnessione tra il plinto e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°4 tirafondi in acciaio zincato a caldo.

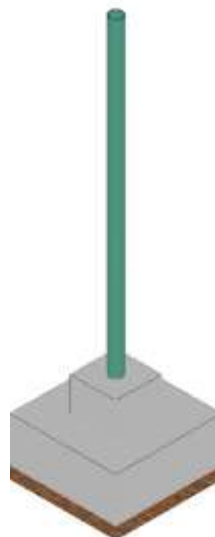



Figura 5 - vista

### 3.3.3 Fondazione e sostegno trasformatore di tensione capacitivo (TVC)

Per l'apparecchiatura trasformatore di tensione capacitivo è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 2.60 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Il collegamento con la fondazione è effettuato tramite 4 tirafondi ad uncino, annegati in un plinto di fondazione a base quadrata di dimensioni 1.4 x 1.4 m ed altezza ed altezza di 0.60 m e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 0.45 m.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 9 di 76
---	---	---	---

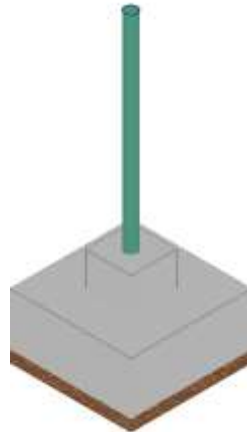


Figura 6 - Vista

### 3.3.4 Fondazione e sostegno trasformatore di tensione induttivo (TVI)

Per l'apparecchiatura trasformatore di tensione induttivo è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 3.63 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Il collegamento con la fondazione è effettuato tramite 4 tirafondi ad uncino, annegati in un plinto di fondazione a base quadrata di dimensioni 1.4 x 1.4 m ed altezza ed altezza di 0.60 m e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 0.45 m.

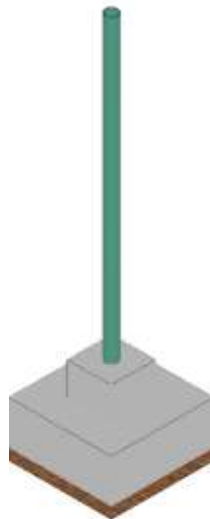



Figura 7 - vista

### 3.3.5 Fondazione e sostegno trasformatore di corrente (TA)

Per l'apparecchiatura trasformatore di corrente è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 4.32 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Il collegamento con la fondazione è effettuato tramite 4 tirafondi ad uncino, annegati in un plinto di fondazione a base quadrata di dimensioni 1.4 x 1.4 m ed altezza ed altezza di 0.60 m e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 0.45 m.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 10 di 76
---	---	---	--

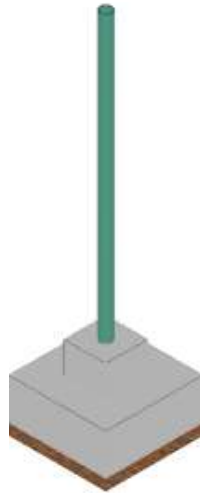


Figura 8 - vista

### 3.3.6 Fondazione e sostegno terminale cavi AT + scaricatori AT

Per l'apparecchiatura terminale cavi è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 2.5 m. I collegamenti sono di tipo flangiato, sia tra pilastro e profili tipo UPN 100 sia in fondazione. In quest'ultimo caso il collegamento è effettuato tramite 4 tirafondi ad uncino, annegati in un plinto di fondazione a base quadrata di dimensioni 1.4 x 1.4 m ed altezza ed altezza di 0.60 m e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 0.45 m.

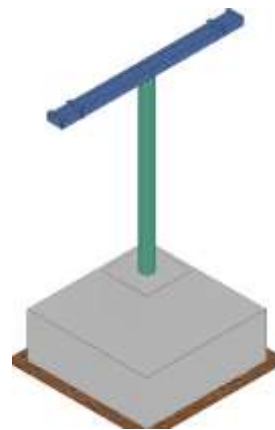


Figura 9 - vista

### 3.3.7 Fondazione e sostegno M.A.T. neutro

Per il MAT neutro è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 114.3 mm, spessore 4.5 mm ed altezza 5.6 m. Si è adottata un tipo di fondazione a plinto isolato di forma quadrata di dimensioni 1.40 m x 1.40 m ed altezza di 60 cm e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 45 cm. L'interconnessione tra il plinto e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°4 tirafondi in acciaio zincato a caldo.



Figura 10 – Vista

### 3.3.8 Fondazione e sostegno sezionatore tripolare

Per il Sezionatore è stata considerata come struttura di supporto due profilati tubolari cavi a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 2.54 m, sulla quale si innestano travi UPN100. La fondazione a platea di forma rettangolare di dimensioni 1.60 m x 6.00 m e spessore 75 cm. L'interconnessione tra la platea e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°12 tirafondi in acciaio zincato a caldo.

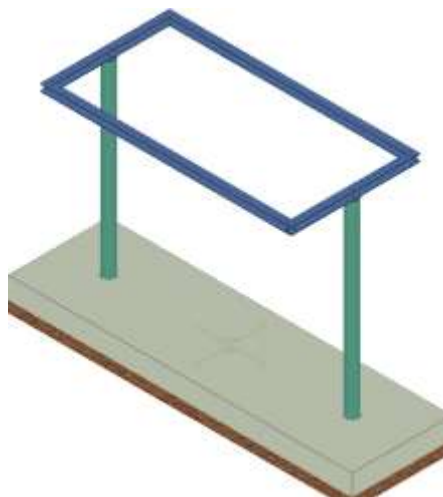


Figura 11 - Vista

### 3.3.9 Fondazione Interruttore

Per l'interruttore è prevista una platea di fondazione di forma rettangolare di dimensioni 1.70 m x 6.00 m e spessore 75 cm. L'interconnessione tra la platea e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°8 tirafondi in acciaio zincato a caldo.


 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 12 di 76
---	---	---	--



Figura 12 - vista

### 3.3.10 Fondazione arrivo cavi MT

Per il castelletto cavi MT è stata considerata come struttura di supporto 2 profili tubolari cavi a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 4.0 mm ed altezza 3.75 m, sui quali si innestano travi tipo UPN100. I collegamenti sono di tipo flangiati. L'elemento di fondazione è un plinto di dimensioni 1.60 m x 0.60 m x 0.80 m.

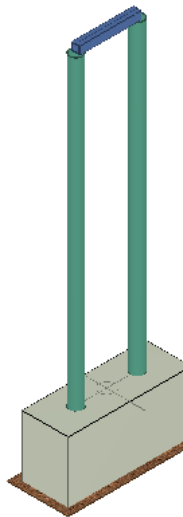

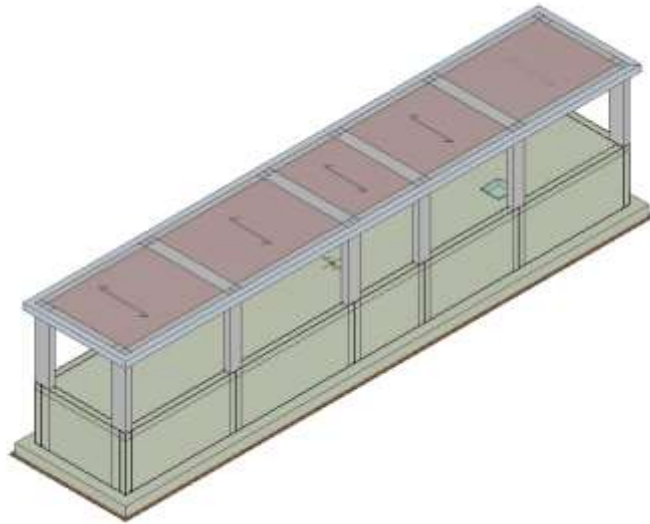


Figura 13 – Vista


### 3.3.11 Edificio Utente

L'edificio si sviluppa su un livello interrato ed uno fuori terra; la struttura sarà realizzata in c.a. con travi, pilastri e pareti, la fondazione sarà a platea e la copertura sarà realizzata con travetti precompressi e pignatte. L'edificio ha dimensioni in pianta pari a 25.60 x 4.60 ed un'altezza fuori terra di 3.50 m (rif. Elaborato 1459-PD\_A\_5.3\_TAV\_r00).

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 13 di 76
---	---	---	--



**Figura 14 – vista**

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	14 di 76

## 4 MATERIALI IMPIEGATI

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente, particolare attenzione è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera.

Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

**Tabella 1 - Caratteristiche calcestruzzo armato**

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	α <sub>T, i</sub> [1/°C]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	C <sub>Erid</sub> [%]	Stz	R <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	n	n Ac
<b>Cls C32/40</b>															
002	25,000	0.000010	33,346	13,894	60	P	40.00	-	0.85	1.50	18.81	1.41	3.63	15	003
<b>Cls C45/55</b>															
003	25,000	0.000010	36,283	15,118	60	P	55.00	-	0.85	1.50	25.87	1.65	4.44	15	003
<b>Cls C25/30</b>															
004	25,000	0.000010	31,447	13,103	60	P	30.00	-	0.85	1.50	14.11	1.19	3.07	15	003


### LEGENDA:

N <sub>id</sub>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ <sub>k</sub>	Peso specifico.
α <sub>T, i</sub>	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C <sub>Erid</sub>	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E <sub>sisma</sub> = E · C <sub>Erid</sub> ].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica cubica.
R <sub>cm</sub>	Resistenza media cubica.
%R <sub>ck</sub>	Percentuale di riduzione della R <sub>ck</sub>
γ <sub>c</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f <sub>cd</sub>	Resistenza di calcolo a compressione.
f <sub>ctd</sub>	Resistenza di calcolo a trazione.
f <sub>ctm</sub>	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

**Tabella 2 - Caratteristiche acciaio**

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	α <sub>T, i</sub> [1/°C]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub> NCnt	Cnt
<b>S275</b>																
003	78 500	0,000012	210.00	80 769	P	275,00 255,00	430 410	261,90 242,86	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
<b>S355</b>																
004	78 500	0,000012	210.00	80 769	P	355,00 335,00	510 470	338,10 319,05	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
<b>Acciaio B450C - (B450C)</b>																
005	78 500	0,000010	210.00	80 769	P	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-



	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	15 di 76

### LEGENDA:

<b>N<sub>id</sub></b>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
<b>γ<sub>k</sub></b>	Peso specifico.
<b>α<sub>T, i</sub></b>	Coefficiente di dilatazione termica.
<b>E</b>	Modulo elastico normale.
<b>G</b>	Modulo elastico tangenziale.
<b>Stz</b>	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
<b>f<sub>tk,1</sub></b>	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
<b>f<sub>tk,2</sub></b>	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
<b>f<sub>td</sub></b>	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
<b>γ<sub>s</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
<b>γ<sub>M1</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
<b>γ<sub>M2</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
<b>γ<sub>M3,SLV</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
<b>γ<sub>M3,SLE</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
<b>γ<sub>M7</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
<b>f<sub>yk,1</sub></b>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
<b>f<sub>yk,2</sub></b>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
<b>f<sub>yd,1</sub></b>	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).
<b>f<sub>yd,2</sub></b>	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
<b>NOTE</b>	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018:

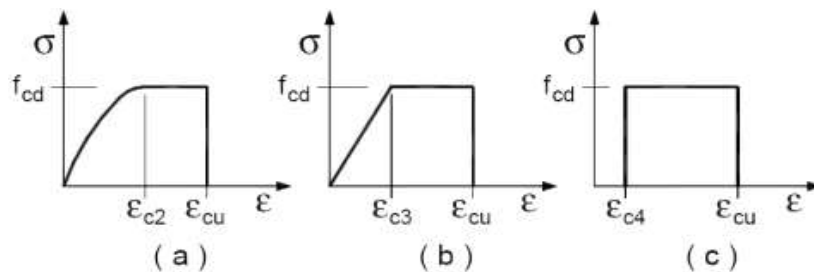


Figura 15 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo

I valori di deformazione assunti sono:

$$e_{c2} = 0,0020;$$

$$e_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in figura sottostante.

La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk}/\gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_f$  si assume pari a 1,15.

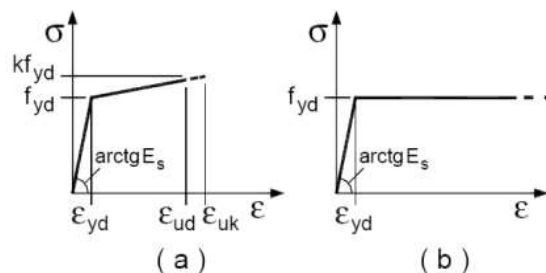



Figura 16 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione acciaio

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	16 di 76

## 5 ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

## 6 AZIONI SULLE STRUTTURE

Le azioni sulla struttura in esame sono valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018. In particolare sono presenti:

- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- Carichi accidentali;
- Azione del vento;
- Azione della neve;
- Azione sismica;

Le azioni così ottenute sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio al §9 della presente. Da queste si ottengono i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegare successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

### 6.1 Carichi torre

I carichi standard agenti sul plinto dovuti alla sovrastruttura:

**Tabella 3 - Characteristic Snow Loads. No partial safety factors are applied. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**

Snow Loads					
Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
0	0	-319,43	0	0	0

**Tabella 4 - Resulting Characteristic Extreme Wind Loads. No partial safety factors are applied. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**


Characteristic Extreme Wind Loads			
Mres	Mz	Fres	Fz
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
154553	4903	1585	-6622

**Tabella 5 - S.L.O. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**

S.L.O. Seismic Loads					
Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
23,17	77,24	-6825,07	-8283,57	2485,07	2,55

**Tabella 6 - S.L.D. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**

S.L.D. Seismic Loads					
Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
32,24	107,45	-6825,07	-11522,99	3456,90	3,55

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	17 di 76

**Tabella 7 - S.L.V. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**

S.L.V. Seismic Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
76,54	255,13	-6825,07	-27360,09	8208,03	8,43

**Tabella 8 - S.L.C. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**

S.L.C. Seismic Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
86,39	287,95	-6825,07	-30879,39	9263,82	9,51

**Tabella 9 - Characteristic Extreme Loads. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018**

Characteristic Extreme					
LC/Family	PLF	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt
[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
62E50b05000(fam344)	1,10	<b>149300</b>	3378	1297	-6622
98NTM1800(fam352)	1,35	<b>157600</b>	4903	1284	-6791

## 6.2 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali in acciaio e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

## 6.3 Carichi permanenti non strutturali

I carichi permanenti non strutturali, ovvero i pesi delle apparecchiature sovrastante i supporti, è stato fornito in base alla tipologia. Tali carichi sono stati modellati come azioni concentrate e applicate in sommità alla struttura di sostegno. La fondazione dell'interruttore è stata dimensionata per un carico di **30000 N**.

Per il trasformatore di potenza si è assunto un carico di **740000 N**.

## 6.4 Carichi Accidentali

Per le opere fondali si è assunto un carico accidentale pari a **6000 N/m<sup>2</sup>** (cat. E – aree ad uso industriale, tab. 3.1.II del D.M. 2018).

## 6.5 Azione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d \quad (\text{relazione 3.3.4 - D.M. 2018});$$

dove

$q_r$ : la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\text{relazione 3.3.6 - D.M. 2018});$$

con:


$\rho$ : densità dell'aria (assunta pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>);

$v_r$ : velocità di riferimento del vento (in m/s), data da (Eq. 3.3.2 - D.M. 2018):

$V_r = V_b \cdot C_r$ , CON:

**Ten Project**

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	18 di 76

$\alpha_R$ : coefficiente dato dalla seguente relazione:

$$c_r = 0,75 \cdot \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} \quad (\text{relazione 3.3.3 - D.M. 2018});$$

$v_b$ : velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni, data da:  $v_b = v_{b,0} \cdot c_a$

dove:

$c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_{0a} = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$ : parametri forniti dalla Tab. 3.3.I del §3.3.2 D.M. 2018  $a_s$ : altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;

$T_R$ : periodo di ritorno espresso in anni.

$C_e$ : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo ( $z$ ) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} C_e(z) &= k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] & \text{per } z \geq z_{\min} \\ C_e(z) &= C_e(z_{\min}) & \text{per } z < z_{\min} \end{aligned} \quad (\text{relazione 3.3.7 - D.M. 2018});$$

dove:

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$ : parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 2018 (*funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno*);

$c_t$ : coefficiente di topografia (assunto pari ad 1).

$c_p$ : coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento (cfr. § 3.3.8 - D.M. 2018).

$c_d$ : coefficiente dinamico (assunto pari ad 1; par. 3.3.9 - D.M. 2018).

## 6.6 Azione della neve

Il carico da neve è stato calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 del D.M. 2018 e le integrazioni della Circolare 2019 n. 7. Il carico da neve, calcolato come di seguito riportato, è stato combinato con le altre azioni variabili definite al §2.5.3, ed utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018. Il carico da neve superficiale da applicare sulle coperture è stato stimato utilizzando la relazione [cfr. §3.4.1 D.M. 2018]:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, in [kN/m<sup>2</sup>]. Tale valore è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine ( $a_s$ ) secondo quanto indicato alla seguente tabella;

**Tabella 10 - Valori di riferimento del carico della neve al suolo,  $q_{sk}$  (cfr. §3.4.2 D.M. 2018)**

Zona	$a_s \leq 200 \text{ m}$	$a_s > 200 \text{ m}$
I – Alpina	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$
I – Mediterranea	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$
II	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$
III	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$


**Mappa delle zone di carico della neve  
[cfr. Fig. 3.4.1 D.M. 2018].**
**Zone di carico della neve**

**I - Alpina:** Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza

**I - Mediterranea:** Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese

**II:** Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona

**III:** Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, funzione dell'inclinazione della falda ( $\alpha$ ) e della sua morfologia (vedi tabelle seguenti);

**Tabella 11 - Valori dei coefficienti di forma per falde piane (cfr. Tab. 3.4.II D.M. 2018 e Tab. C3.4.I Circolare 2019 n. 7)**

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	-

**Tabella 12 - Valori dei coefficienti di forma per coperture cilindriche (cfr. §C3.4.3.3.1 Circolare 2019 n. 7)**


Angolo di tangenza delle coperture cilindriche, $\beta$	Coefficiente di forma, $\mu_3$
per $\beta > 60^\circ$	$\mu_3 = 0$
per $\beta \leq 60^\circ$	$\mu_3 = 0.2 + 10 h / b \leq 2.0$

- $C_E$  è il coefficiente di esposizione, funzione della topografia del sito (si veda la seguente tabella);

**Tabella 13 - Valori di  $C_E$  per diverse classi di esposizione (cfr. Tab. 3.4.I D.M. 2018)**

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
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	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

- $C_t$  è il coefficiente termico, cautelativamente posto pari ad 1 (cfr. §3.4.4 D.M. 2018).

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 20 di 76
---	---	---	--

## 6.7 Azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

L'opera in oggetto è stata progettata per una **Vita Nominale** pari a **100** e per **Classe d'Uso** pari a **4**.

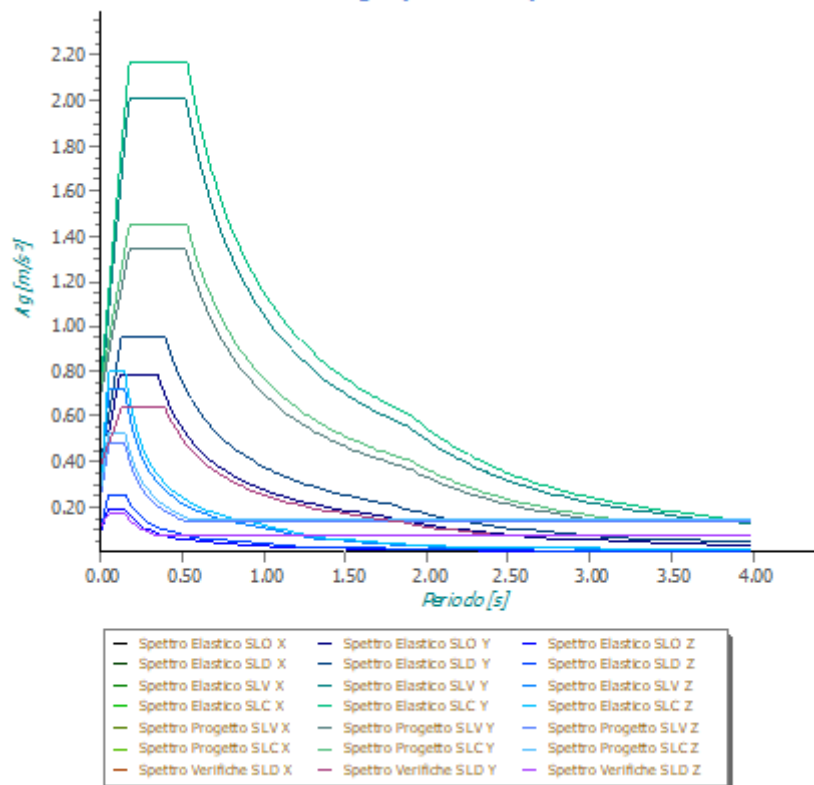
In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria A**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

**Tabella 14 - Parametri pericolosità sismica**

Stato Limite	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$ [s]	$C_c$	$T_B$ [s]	$T_c$ [s]	$T_D$ [s]	$S_s$
SLO	0.0330	2.418	0.351	1.00	0.117	0.351	1.732	1.00
SLD	0.0391	2.505	0.393	1.00	0.131	0.393	1.756	1.00
SLV	0.0700	2.924	0.522	1.00	0.174	0.522	1.880	1.00
SLC	0.0743	2.982	0.529	1.00	0.176	0.529	1.897	1.00

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** ( $S_T$ ) pari a **1.00**.

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

**Grafico degli Spettri di Risposta**

**Figura 17 - Grafico degli spettri di risposta**

## 7 DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

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

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE


$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 22 di 76
---	---	---	--

Le verifiche sono state sviluppate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 2018.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

## 8 MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI

Per il progetto e la verifica dei plinti si è utilizzato un programma di calcolo agli elementi finiti. Il plinto di fondazione è stato modellato utilizzando elementi shell.

Il modello è caratterizzato dai seguenti parametri:

Sistema di riferimento	Cilindrico
Coordinate sistema di riferimento	Centro geometrico del plinto
Materiale utilizzato	Conc (calcestruzzo)
Carichi applicati	puntuale (Forze e Momenti) superficiale (Peso terreno di ricoprimento) di volume (Peso proprio plinto)

Si riporta di seguito una schematizzazione in conci del plinto.

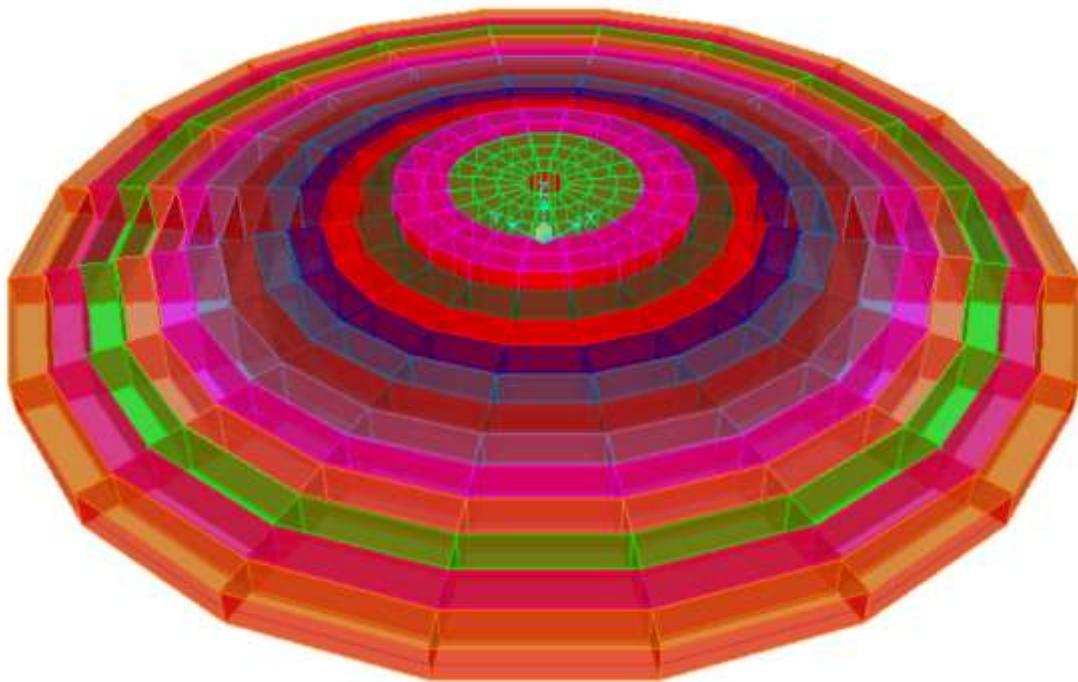
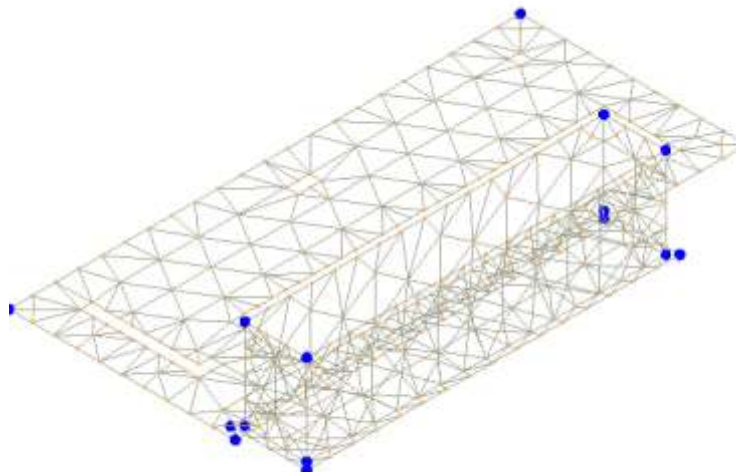
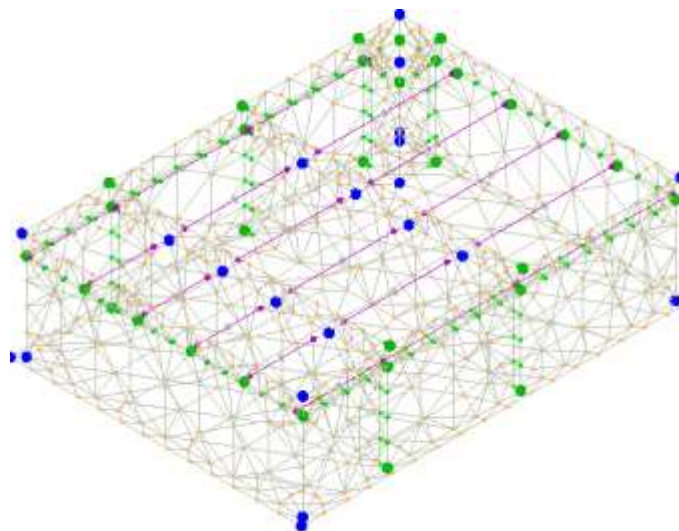


Figura 18 - schematizzazione plinto

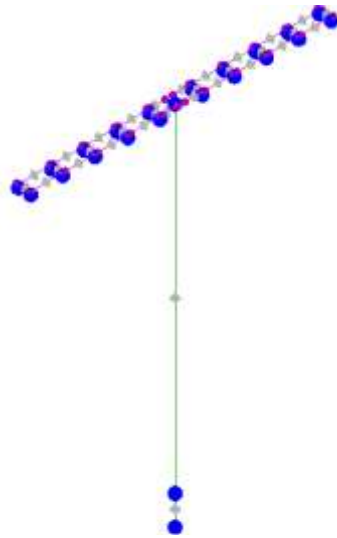
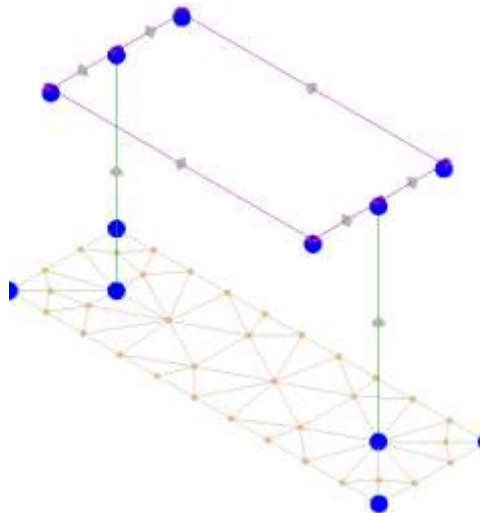


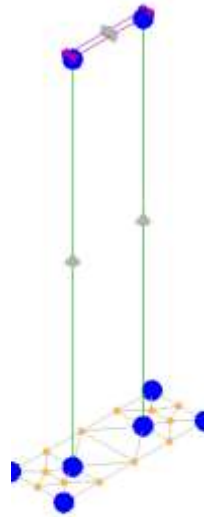
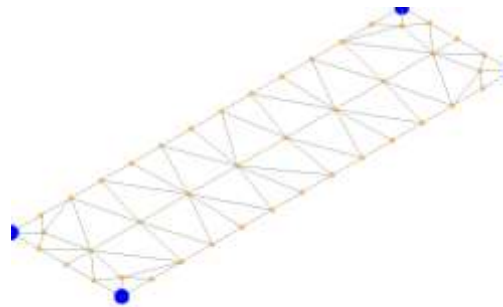
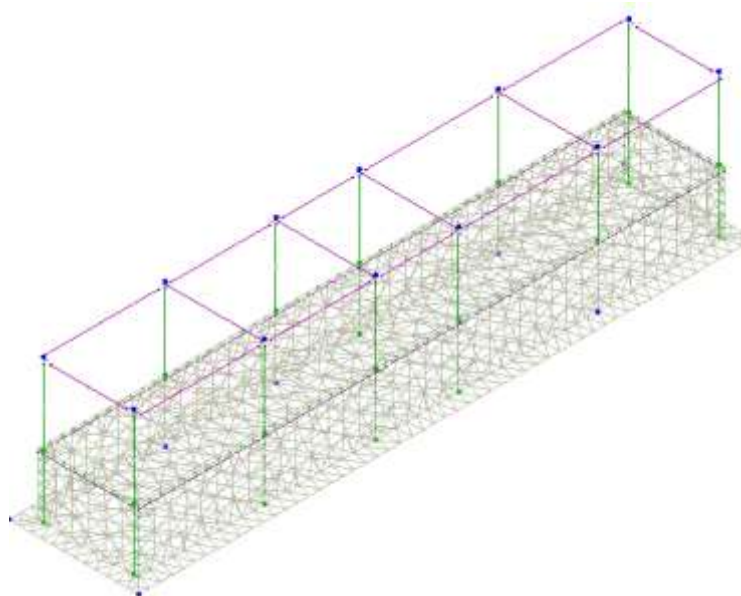

**Figura 19 - vista mesh cabina di raccolta**


Si riporta di seguito una schematizzazione delle opere di stazione.


**Figura 20 - vista mesh trasformatore di potenza**

**Figura 21 - vista mesh TVC, TVI, TA, mat neutro, scaricatore**

**Figura 22 - vista mesh, terminale cavo AT****Figura 23 - vista mesh sezionatore**

**Figura 24 - vista mesh castelletto MT****Figura 25 - vista mesh fondazione interruttore****Figura 26 - vista mesh edificio**

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 26 di 76
---	---	---	--

i modelli strutturali delle opere di stazione sono costituiti nella fattispecie da elementi beam che rappresentano la sovrastruttura, sui quali sono applicati i carichi definiti nei paragrafi precedenti. Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche. Alla sovrastruttura è collegata la fondazione modellata tramite elementi plinto o platea su di un letto di molle alla Winkler, sulle quali sono stati applicati i carichi mediante azioni distribuite. L'edificio è stato modellato utilizzando elementi beam per modellare travi e pilastri ed elementi shell per la modellazione delle pareti interrate.

La modellazione del materiale degli elementi in c.a. segue la classica teoria dell'elasticità lineare; per cui il materiale è caratterizzato oltre che dal peso specifico, da un modulo elastico (E) e un modulo tagliante (G).

La possibile fessurazione degli elementi in c.a. è stata tenuta in conto nel modello considerando un opportuno decremento del modulo di elasticità e del modulo di taglio, nei limiti di quanto previsto dalla normativa vigente per ciascuno stato limite.

Gli elementi di **fondazione** sono modellati assumendo un comportamento elastico-lineare sia a trazione che a compressione.

## 9 CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Oggetto del presente paragrafo è sia la verifica dell'affidabilità del codice di calcolo utilizzato che l'attendibilità dei risultati ottenuti ai sensi del Cap 10 par 10.2 D.M. 17/01/2018.

### ***Tipo di Analisi svolta ed Origine e Caratteristiche del Codice di calcolo***


Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette).

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani levogira OXYZ (X, Y e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 27 di 76
---	---	---	--

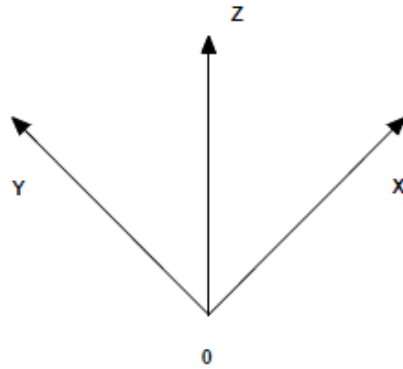


Figura 27 - sistema di riferimento

Un elemento Shell è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 da cui derivano le sollecitazioni così come individuato nelle figure seguenti:

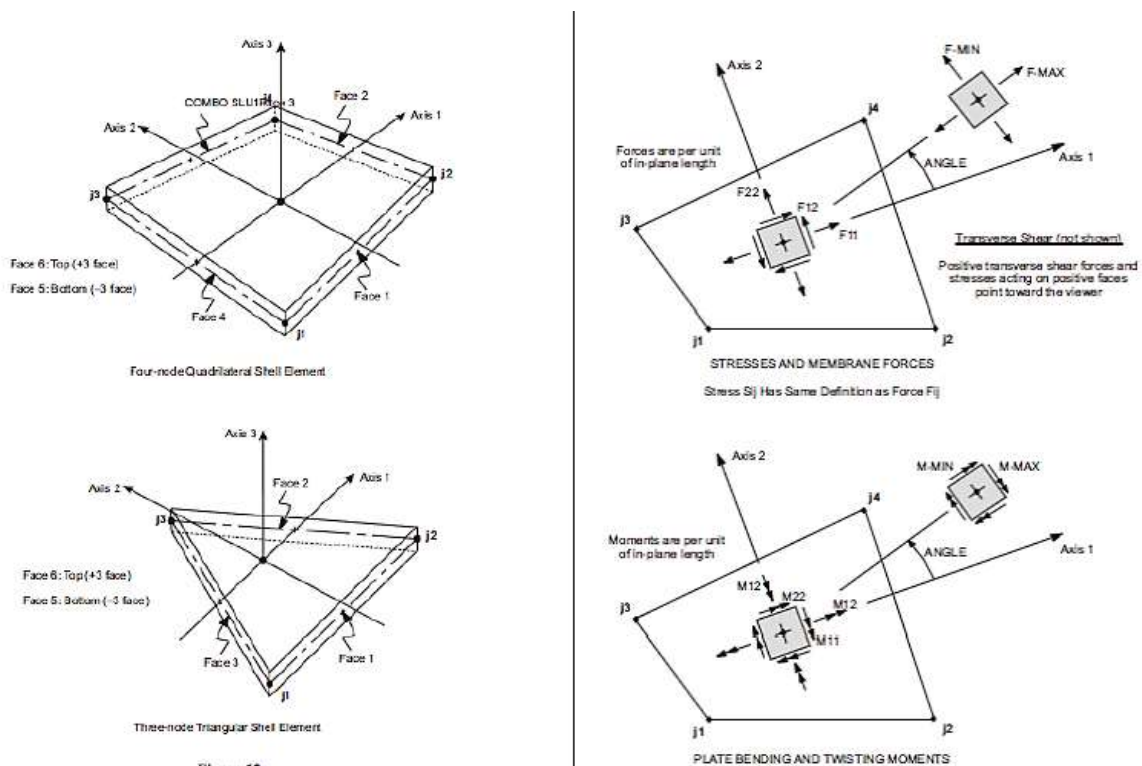



Figura 28 - Sistema di riferimento elemento shell e sollecitazioni elemento shell

### Affidabilità dei Codici utilizzati e Validazione dei codici

L'affidabilità del codice utilizzato è stato validato dall'analisi della documentazione fornita dal produttore che, oltre a contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, include l'individuazione dei campi d'impiego nonché casi prova interamente risolti e commentati.

### Modalità di presentazione dei risultati

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 28 di 76
---	---	---	--

La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per la tipologia di analisi sviluppata già menzionata in precedenza.

I software licenziati sono il SAP2000 **versione 20 con numero di licenza 17134 intestata a Ten Project srl**, ed **Edilus** della casa **Acca software**

Nome del Software	<b>EdiLus</b>
Versione	BIM 2(b)
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	17100434
Intestatario Licenza	TenProject s.r.l
Produzione e Distribuzione	<b>ACCA software S.p.A.</b> Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

## 10 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU – SLV avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si costruiscono le combinazioni sismiche in base al D.M. 2018 secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018, ottenendo un ulteriore insieme di sollecitazioni;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo, tra tutte le combinazioni, con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 10.1 Verifiche strutturali elementi in acciaio.

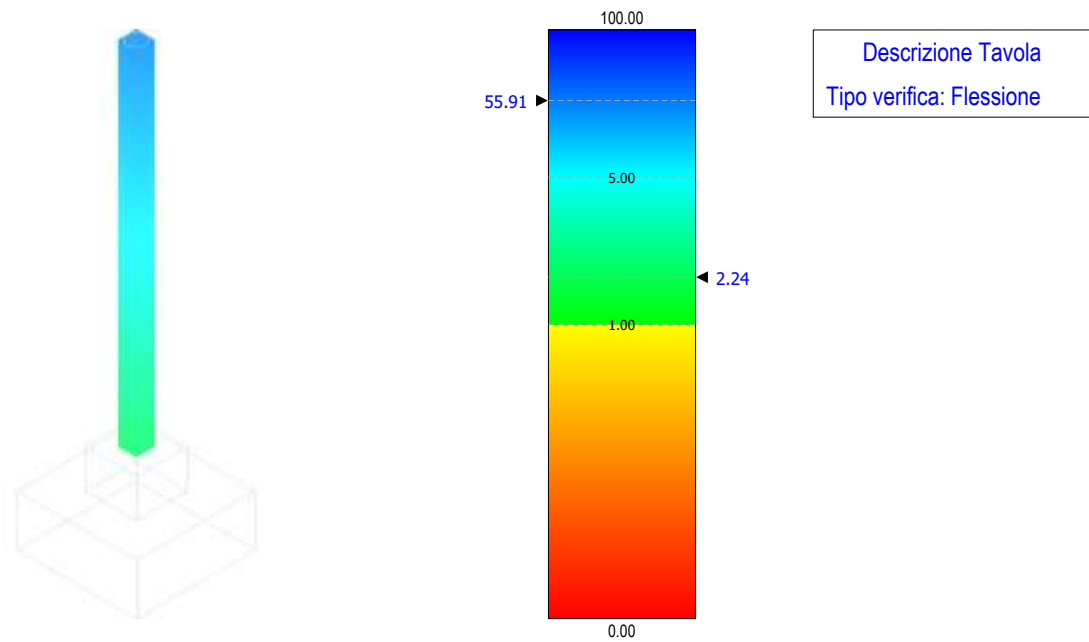
La progettazione delle membrature è avvenuta in modo da soddisfare le verifiche richieste per gli SLU (statici e sismici) e per gli SLE (statici e sismici) mediante l'ausilio del codice di calcolo. Le verifiche condotte sulle sezioni sono sotto riportate:

#### Verifiche SLU - SLV

- Flessione: in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018;
- Taglio: in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018;
- Instabilità: in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018;

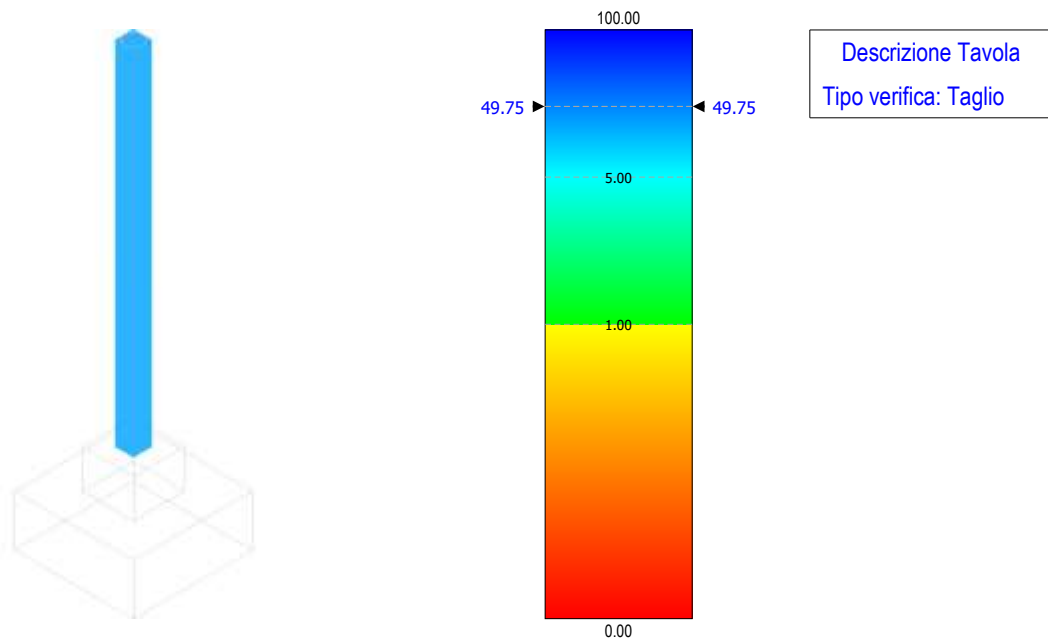
Di seguito una rappresentazione grafica dei risultati maggiormente significativi:

### Coefficienti di Sicurezza



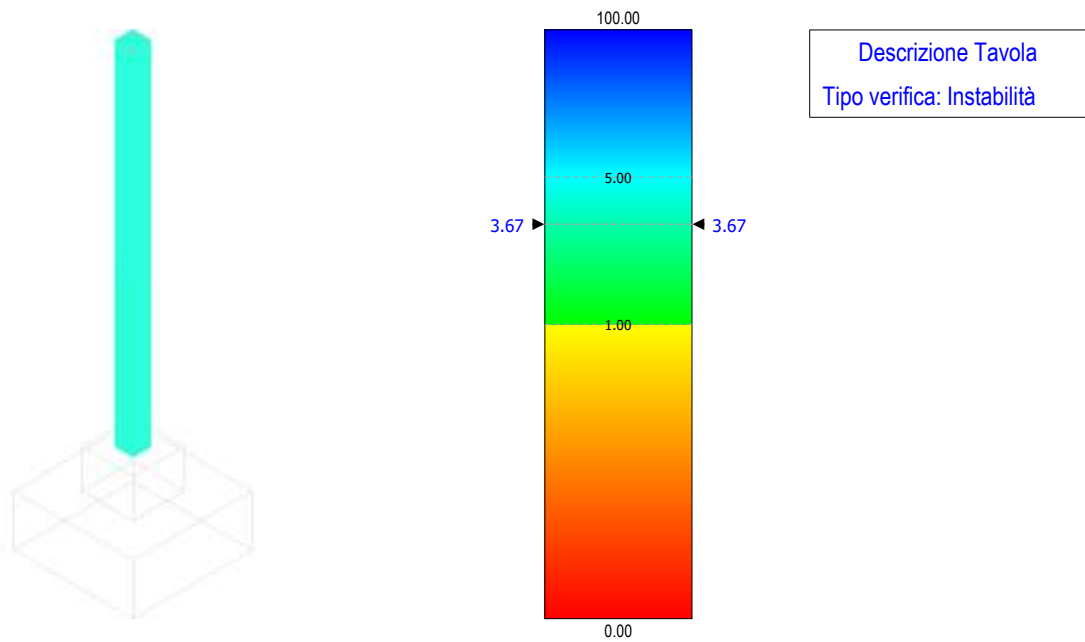
**Figura 29 - verifica a flessione – scaricatore**

### Coefficienti di Sicurezza



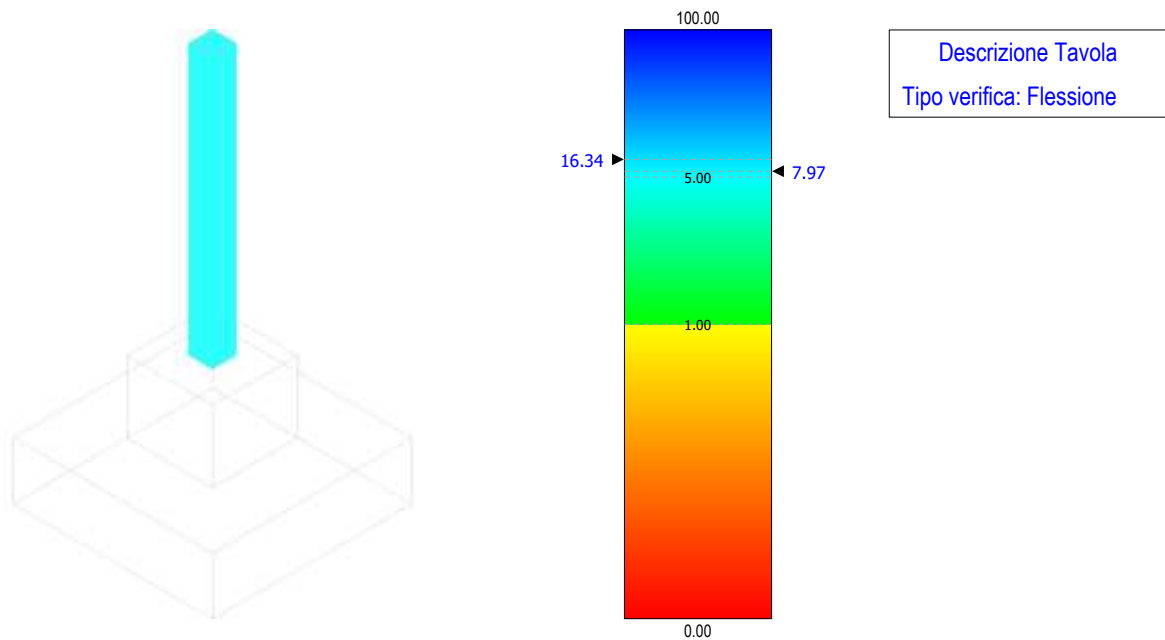
**Figura 30 - verifica a taglio – scaricatore**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 31 - verifica a instabilità – scaricatore**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 32 - verifica a flessione – TVC**



### Coefficienti di Sicurezza

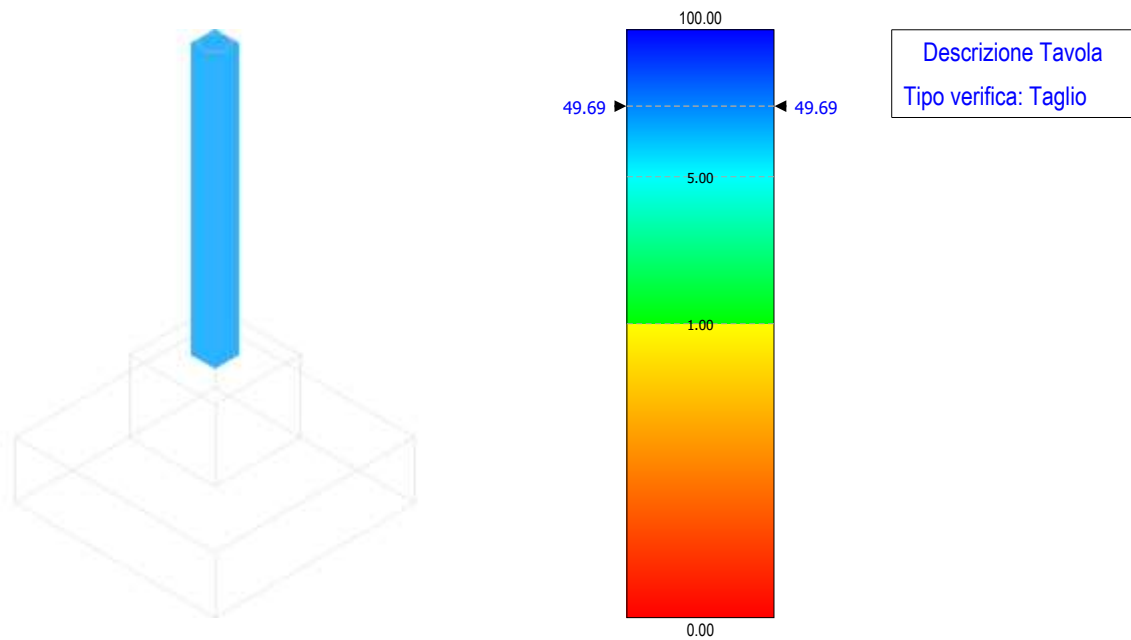


Figura 33 - verifica a taglio – TVC

### Coefficienti di Sicurezza

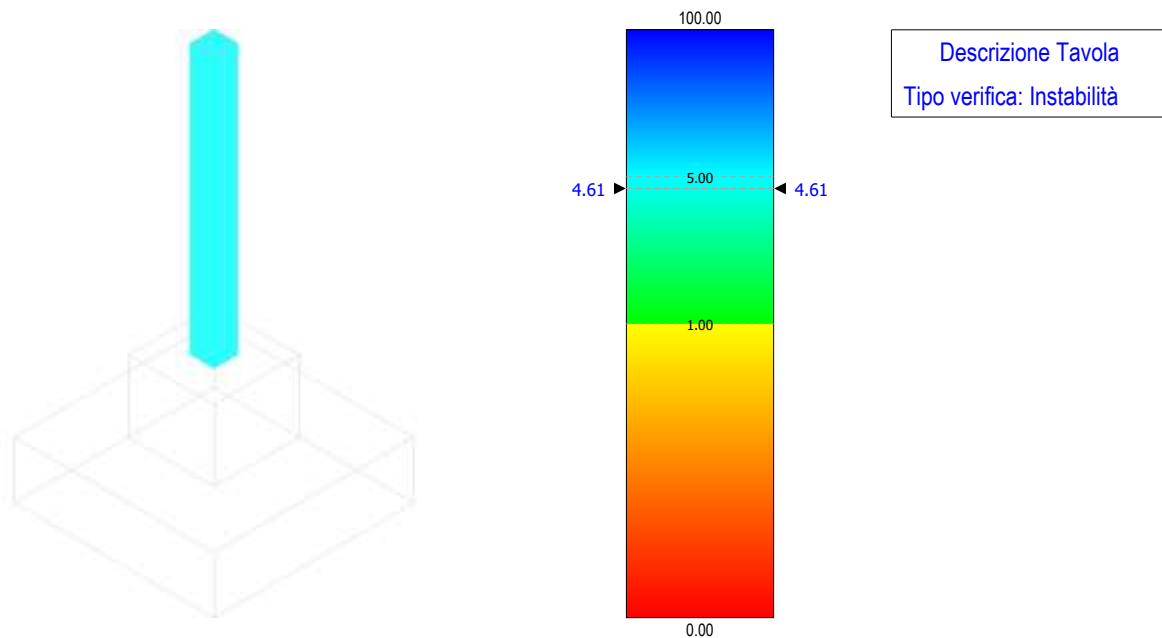
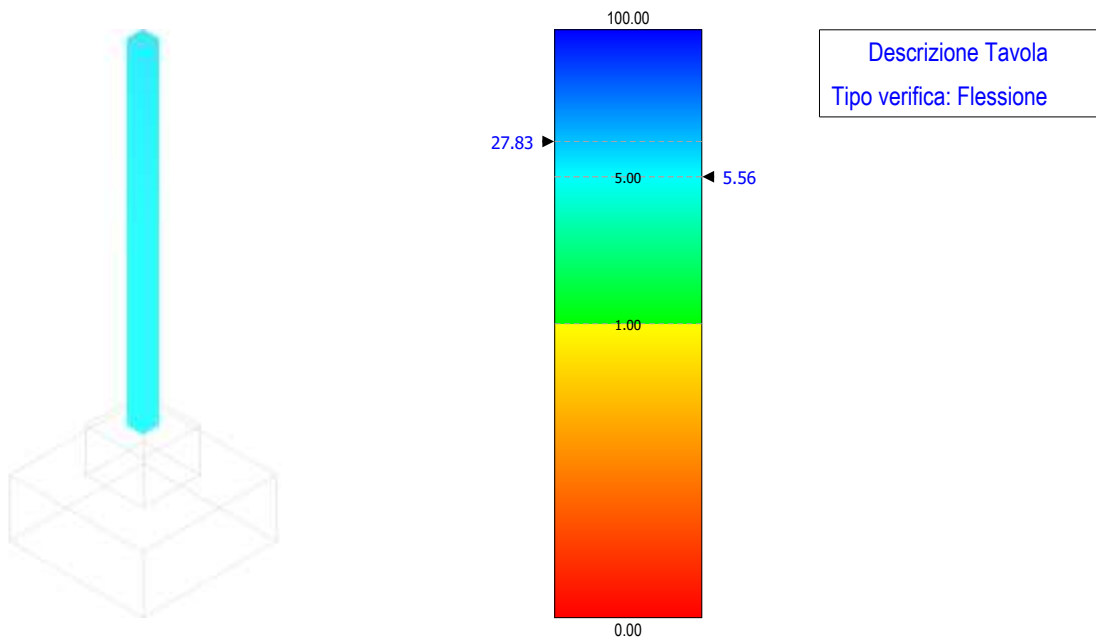


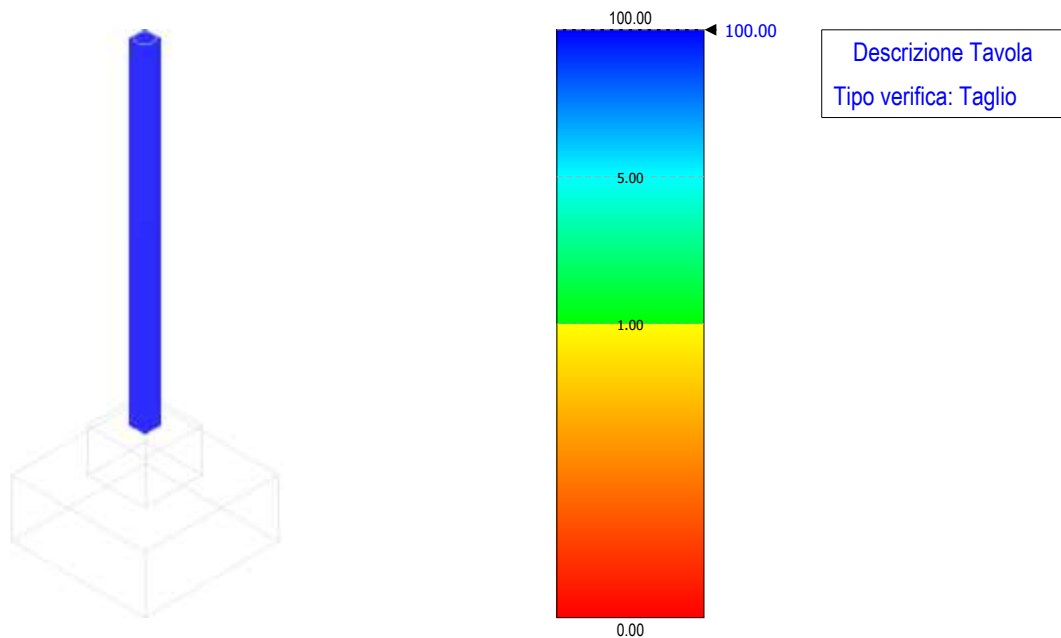
Figura 34 - verifica instabilità – TVC

### Coefficienti di Sicurezza



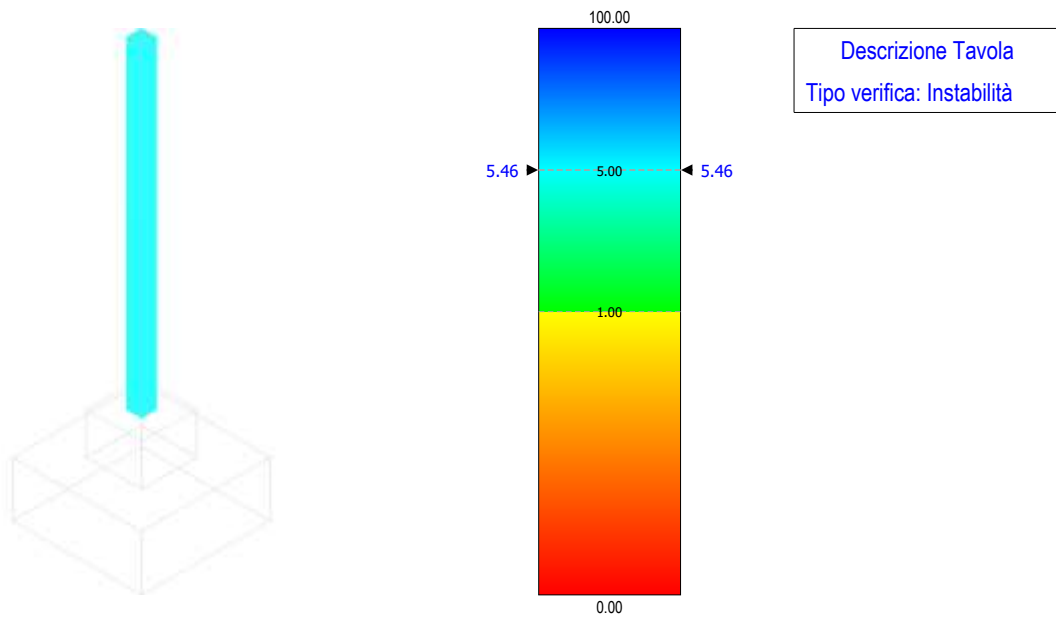
**Figura 35 - verifica a flessione – TVI**

### Coefficienti di Sicurezza



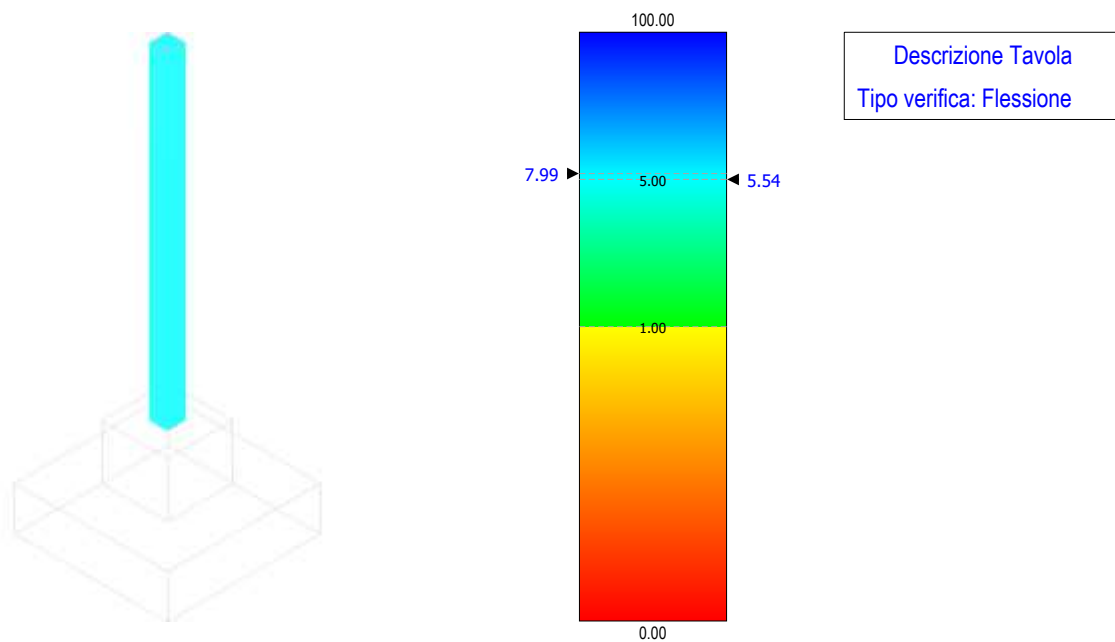
**Figura 36 - verifica a taglio – TVI**

### Coefficienti di Sicurezza



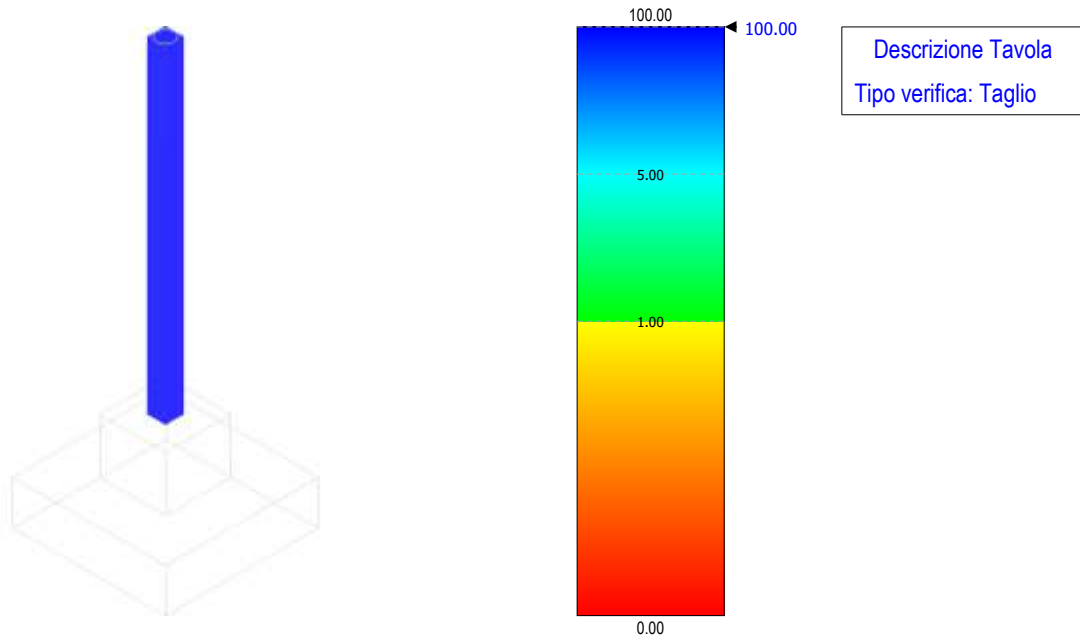
**Figura 37 - verifica instabilità – TVI**

### Coefficienti di Sicurezza



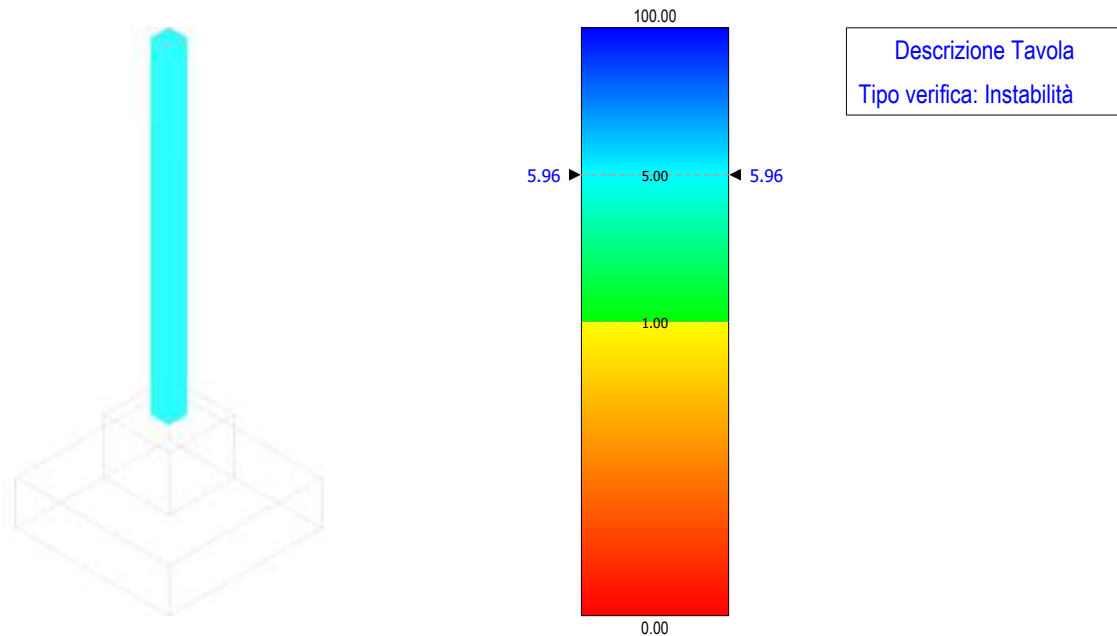
**Figura 38 - verifica a flessione – TA**

### Coefficienti di Sicurezza



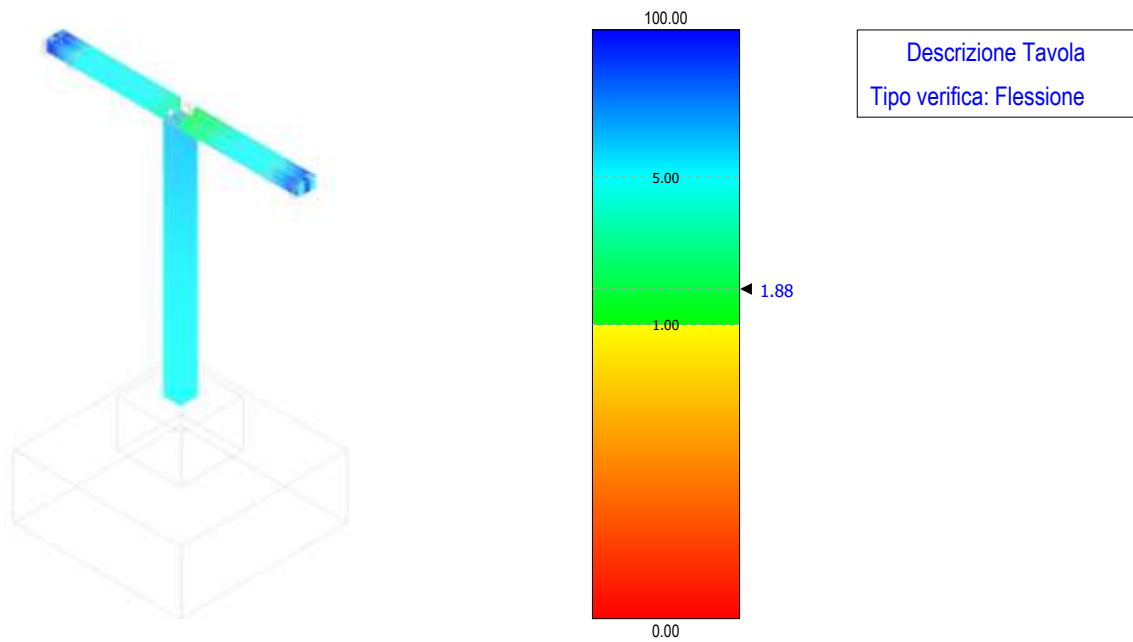
**Figura 39 - verifica a taglio – TA**

### Coefficienti di Sicurezza



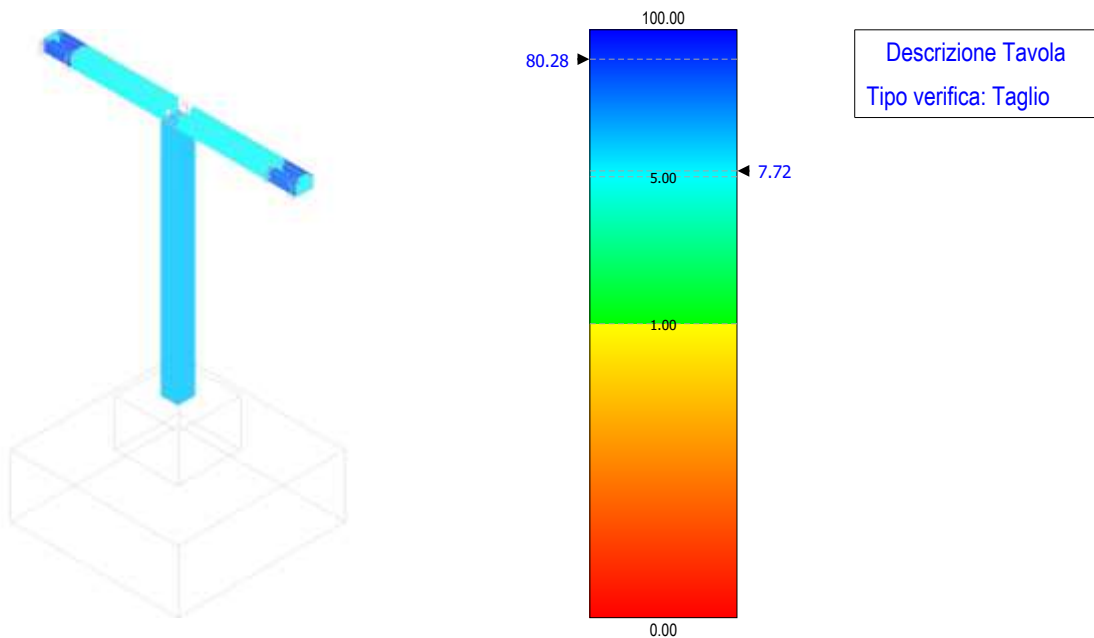
**Figura 40 - verifica instabilità – TA**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 41 - verifica a flessione – terminale cavo AT**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 42 - verifica a taglio – terminale cavo AT**

### Coefficienti di Sicurezza

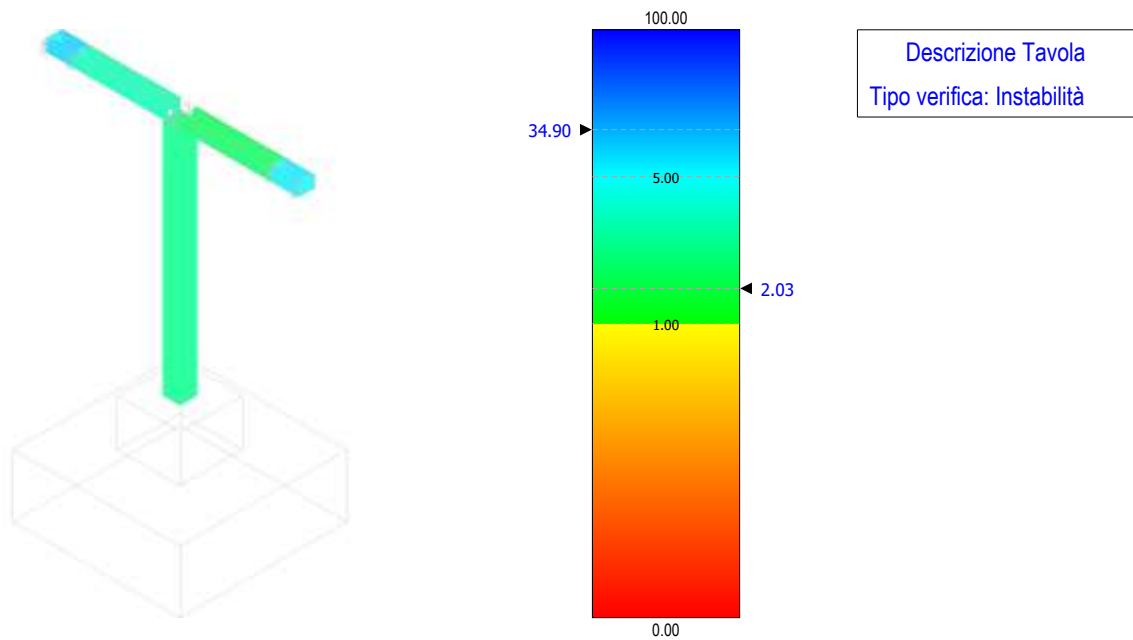


Figura 43 - verifica instabilità – terminale cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza

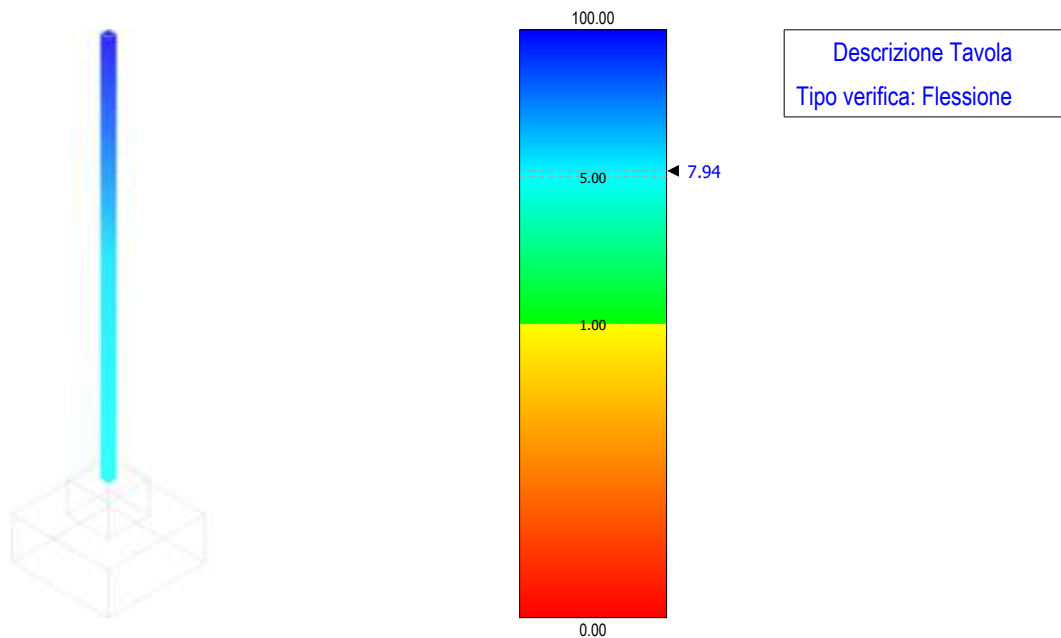
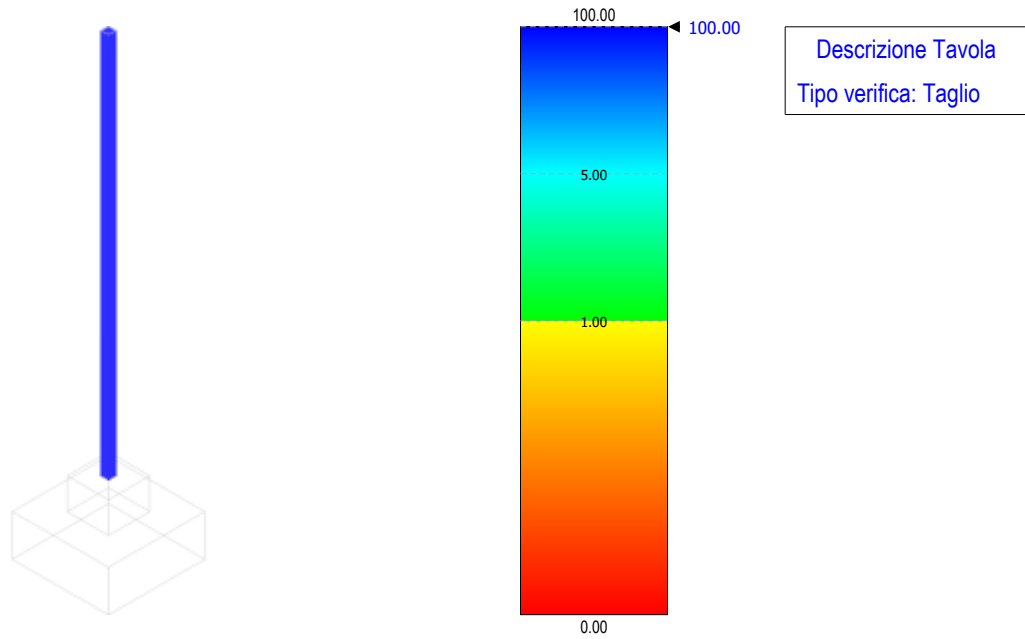


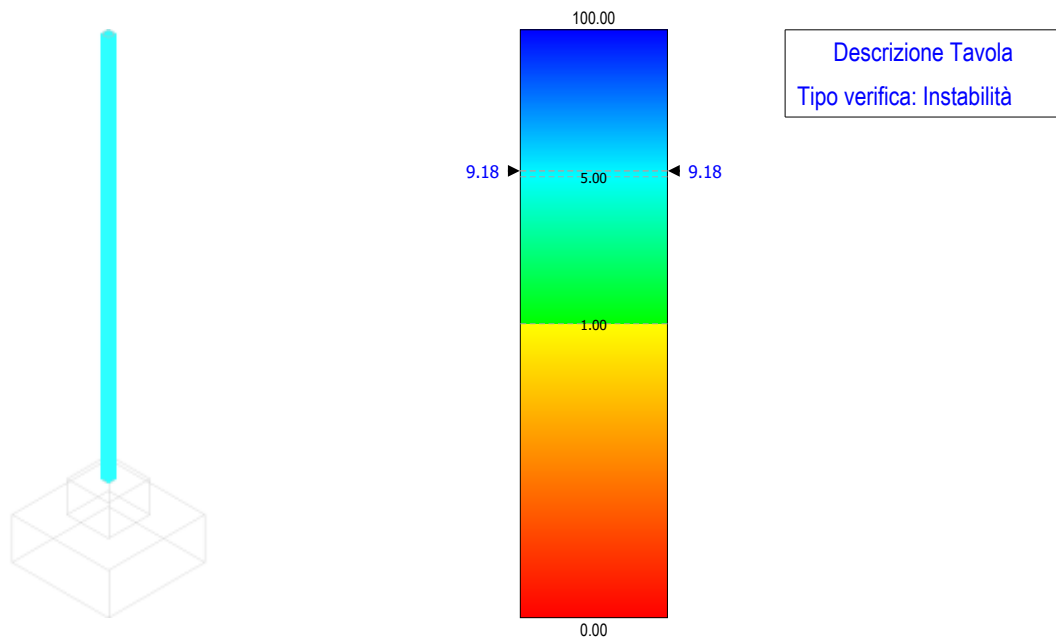
Figura 44 - verifica a flessione – M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza



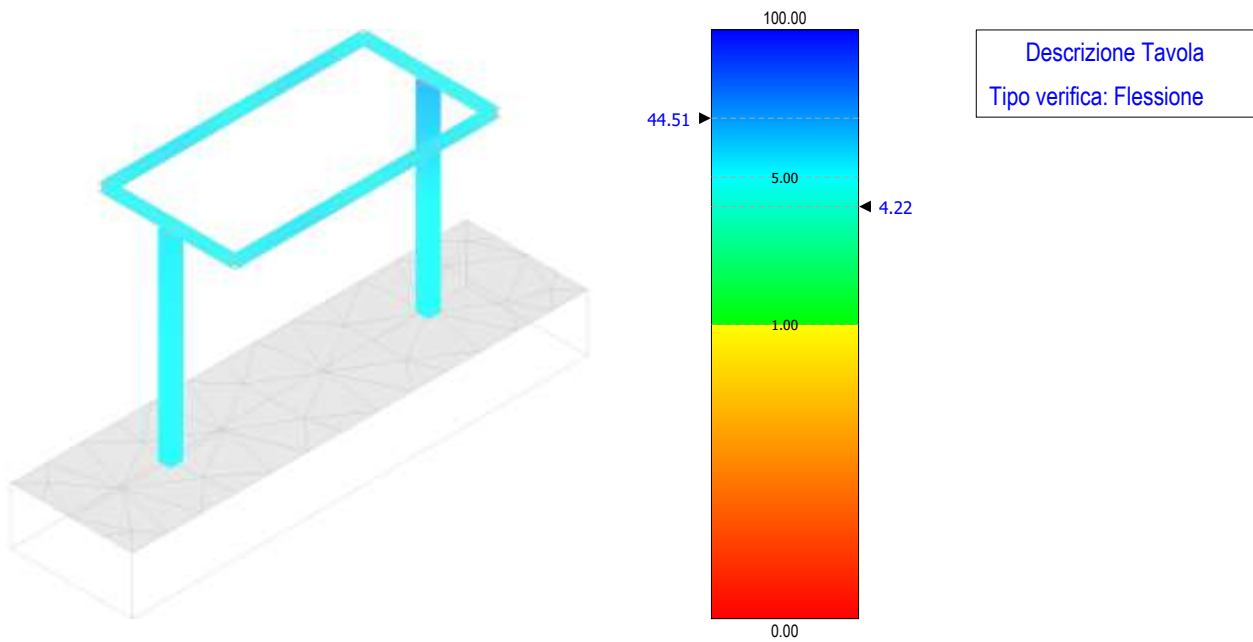
**Figura 45 - verifica a taglio – M.A.T. neutro**

### Coefficienti di Sicurezza



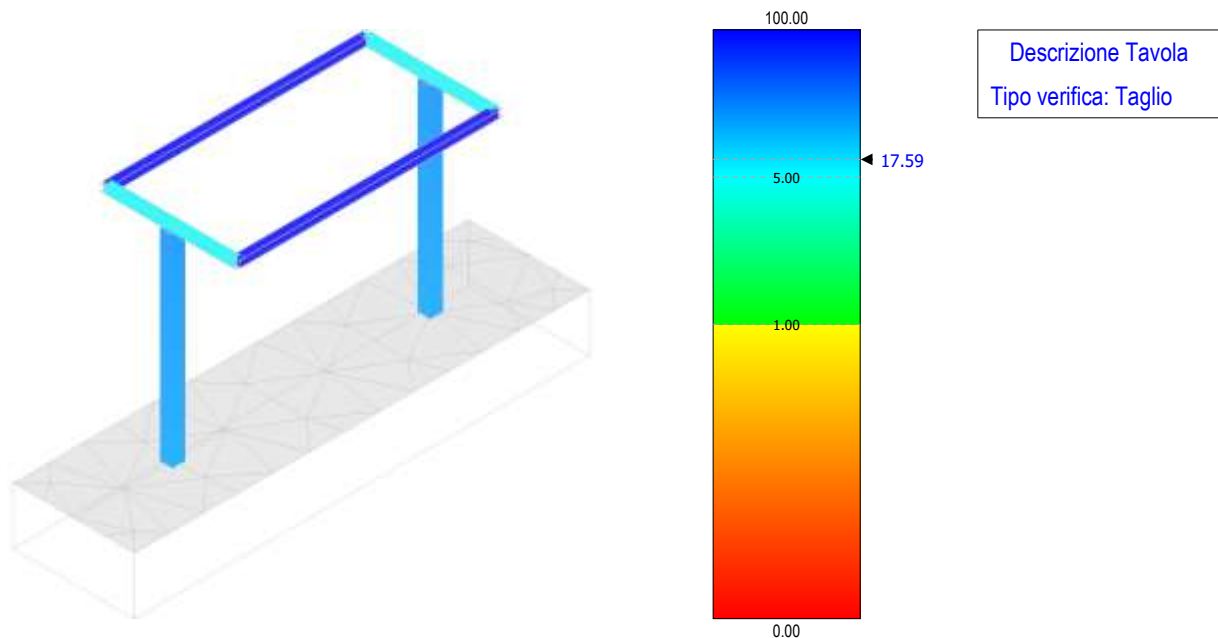
**Figura 46 - verifica instabilità – M.A.T. neutro**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 47 - verifica a flessione – sezionatore**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 48 - verifica a taglio – sezionatore**



### Coefficienti di Sicurezza

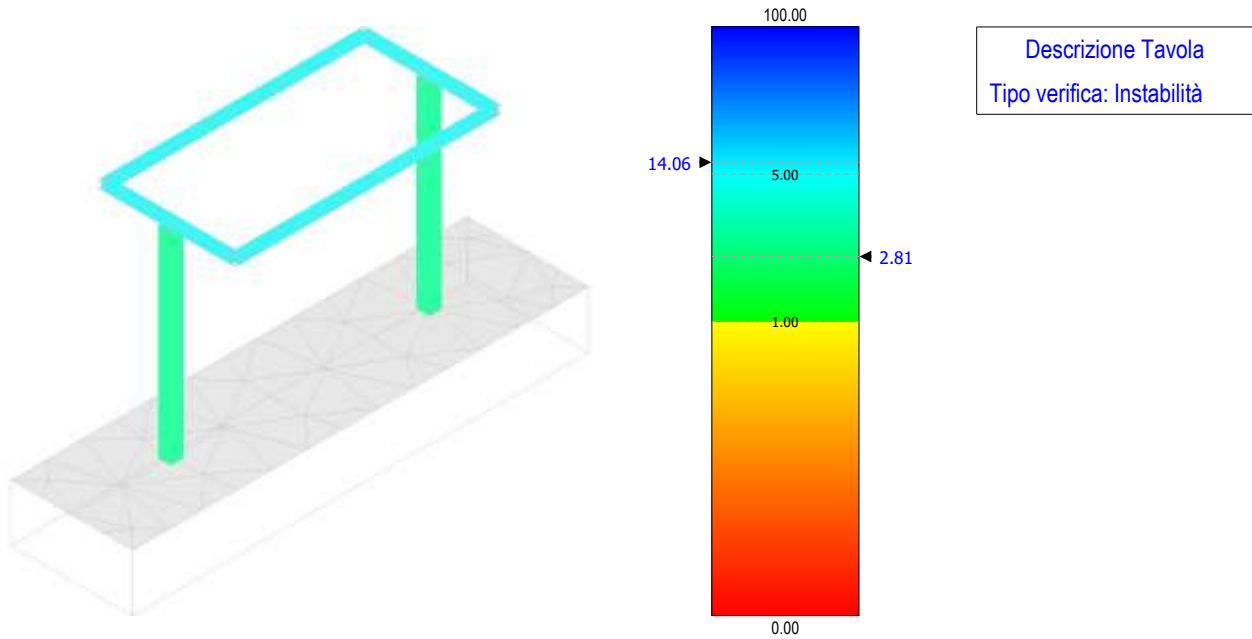


Figura 49 - verifica instabilità – sezionatore

### Coefficienti di Sicurezza

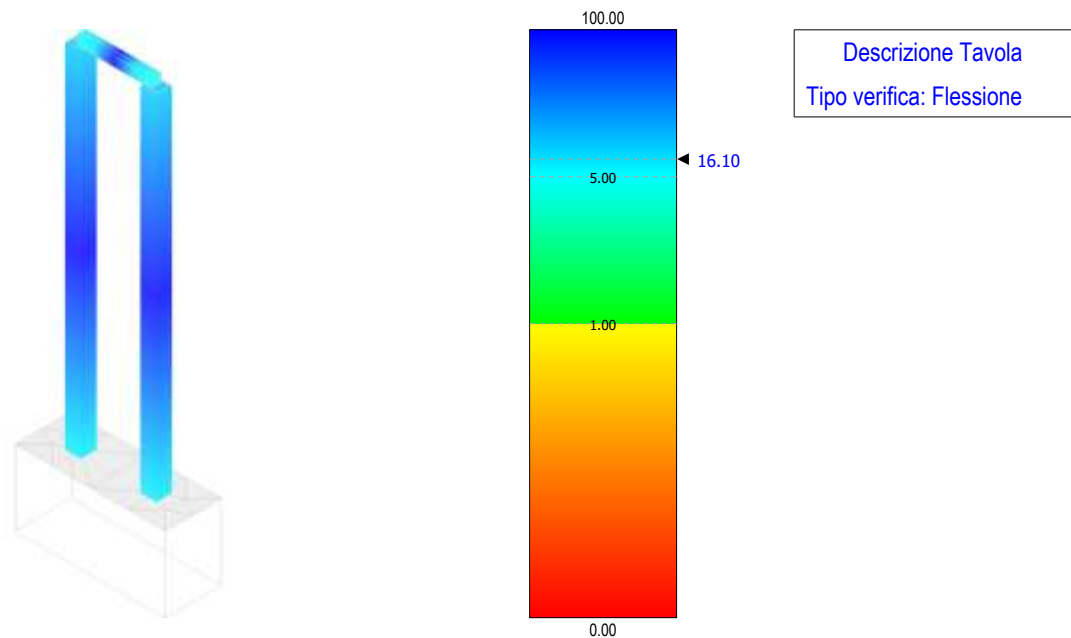


Figura 50 - verifica a flessione – arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza

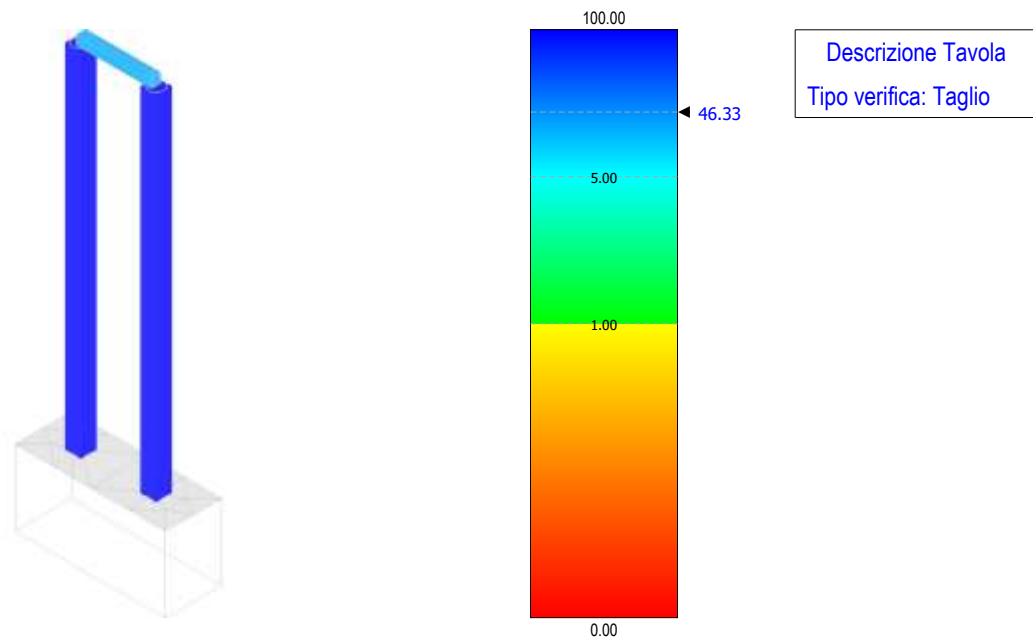


Figura 51 - verifica a taglio – arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza

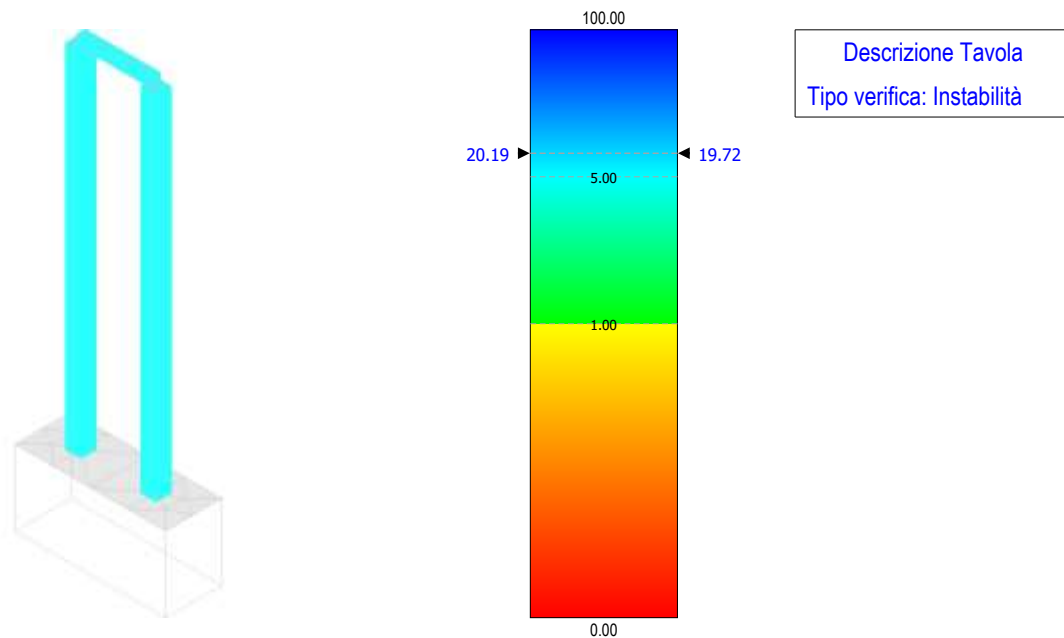
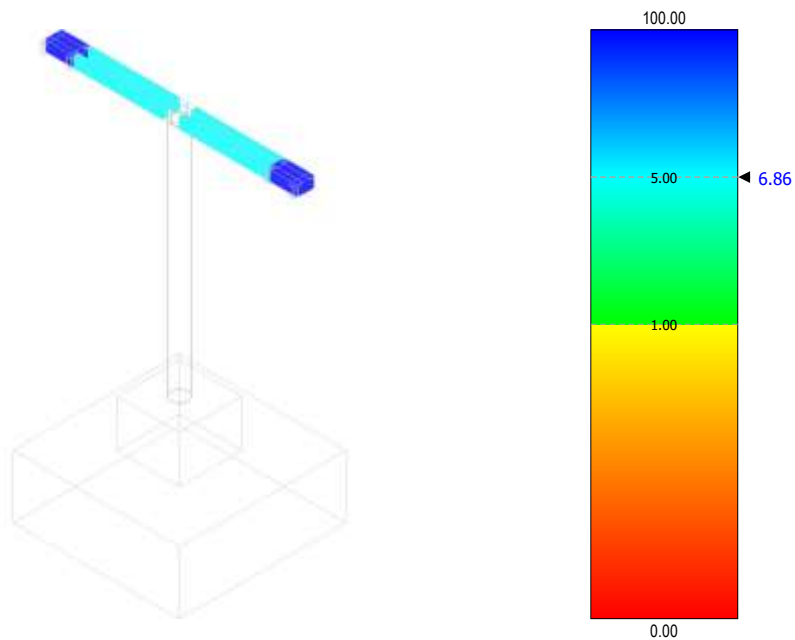


Figura 52 - verifica instabilità – arrivo cavi MT

### Verifiche SLE - SLD

- Deformabilità: in accordo con §4.2.4.2 del D.M. 17/01/2018

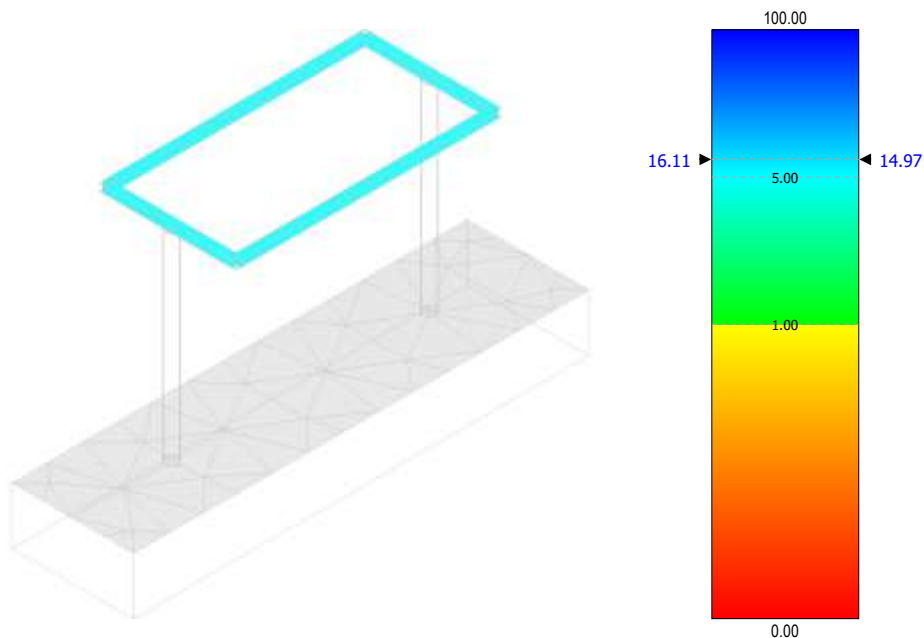
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
 Tipo verifica: Deformabilità


**Figura 53 - verifica deformabilità – terminale cavo AT**

### Coefficienti di Sicurezza

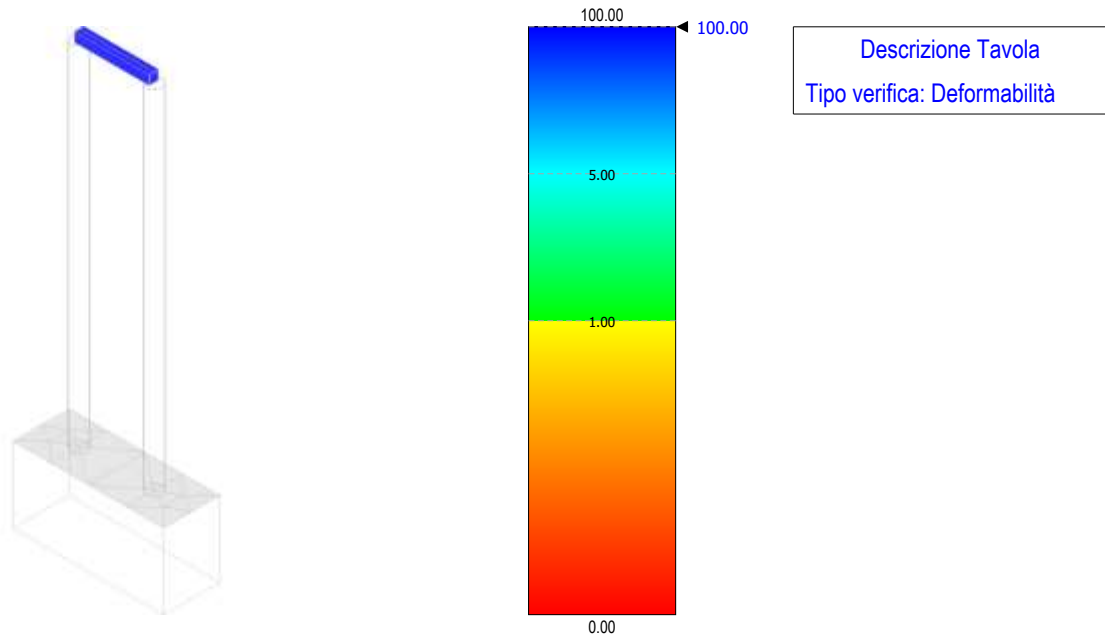


Descrizione Tavola  
 Tipo verifica: Deformabilità

**Figura 54 - verifica deformabilità – sezionatore**

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	42 di 76

## Coefficienti di Sicurezza



**Figura 55 - verifica deformabilità – arrivo cavi MT**

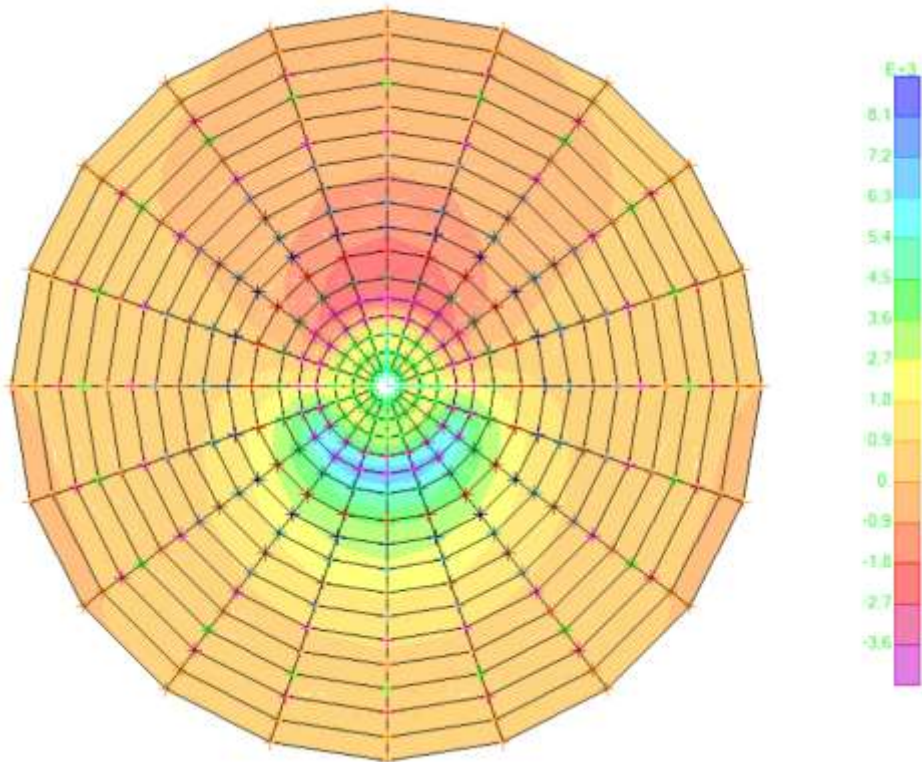
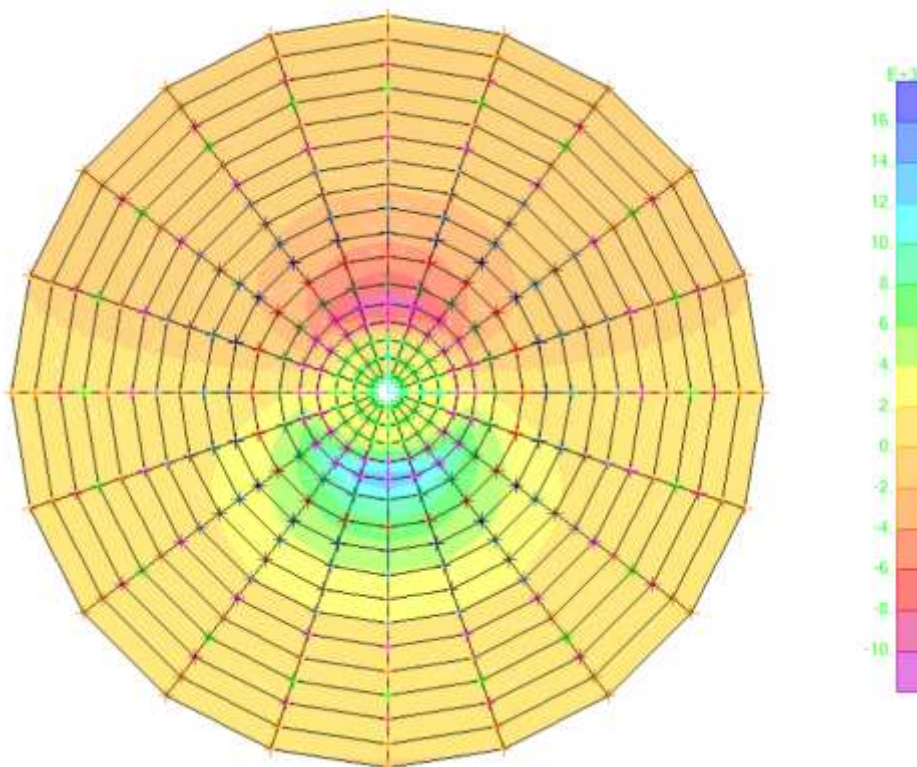
### 10.2 Verifiche strutturali elementi in C.A.

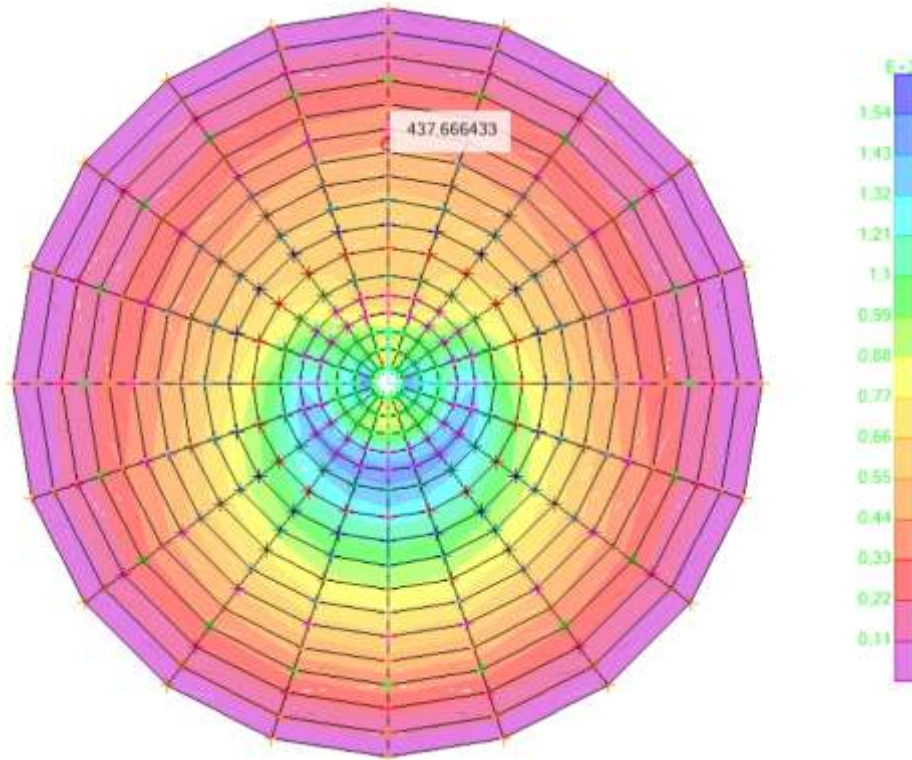
La progettazione delle strutture è avvenuta in modo da soddisfare le verifiche richieste per gli SLU (statici e sismici) e per gli SLE (statici e sismici) mediante l'ausilio del codice di calcolo. Le verifiche condotte sulle sezioni sono sotto riportate:

#### Verifiche SLU - SLV

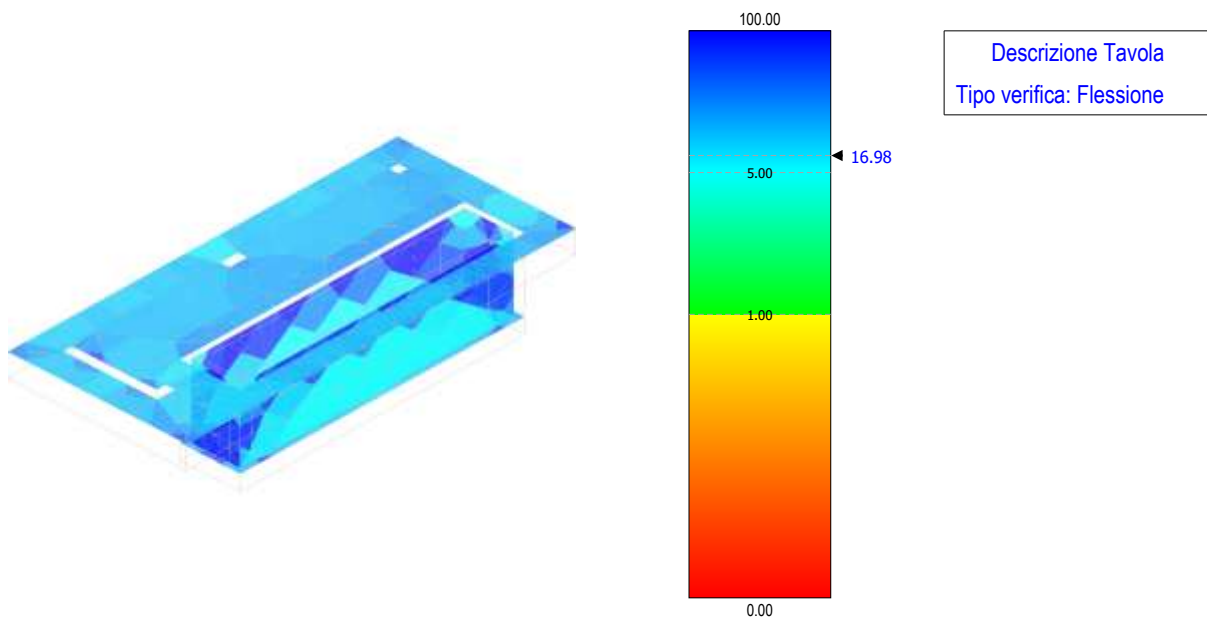
- Flessione: in accordo con § 4.1.2.3.4.2 del D.M. 17/01/2018
- Verifica a taglio: in accordo con § 4.1.2.3.5 del D.M. 17/01/2018

Di seguito una rappresentazione grafica dei risultati maggiormente significativi:

**Figura 56 – sollecitazione – flessione  $M_{11}$  radiali****Figura 57 – sollecitazione – flessione  $M_{22}$  anulari**


**Figura 58 – sollecitazione – taglio massimo**

### Coefficienti di Sicurezza


**Figura 59 – verifica a flessione – fondazione cabina di raccolta**



### Coefficienti di Sicurezza

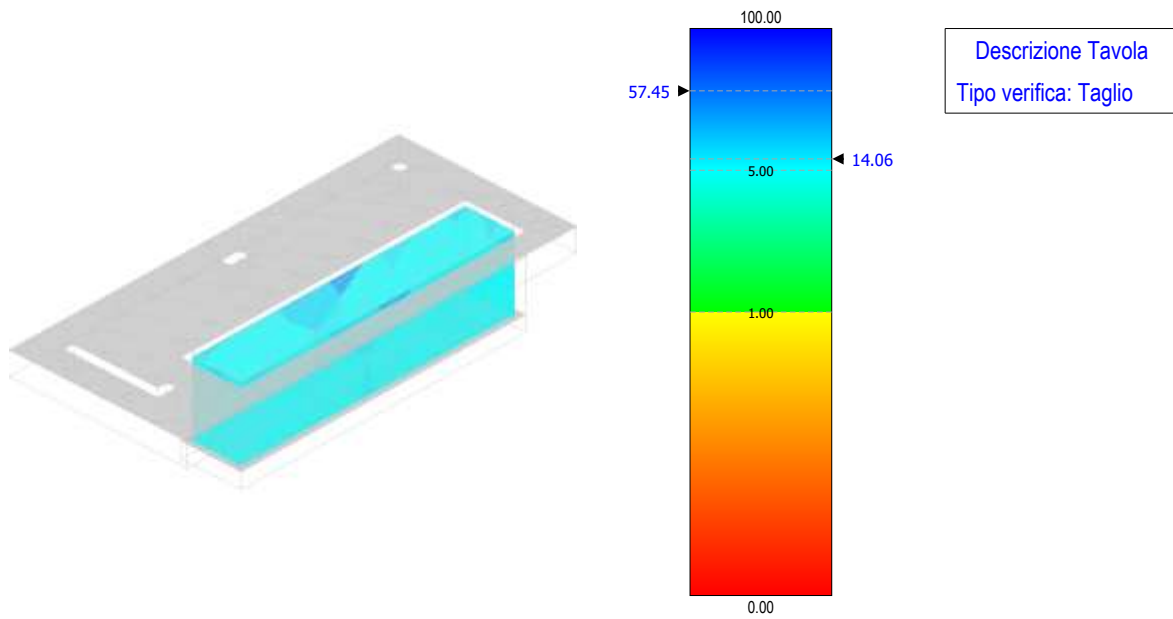


Figura 60 – verifica a taglio – fondazione cabina di raccolta

### Coefficienti di Sicurezza

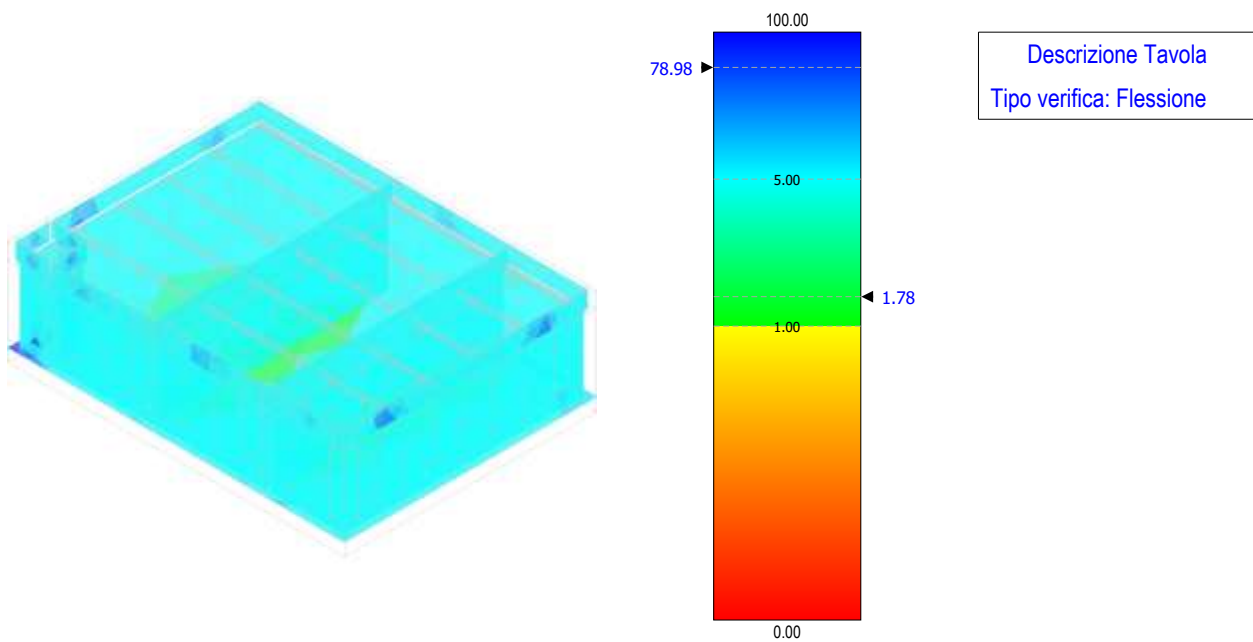



Figura 61 – verifica a flessione – fondazione trasformatore

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 46 di 76
---	---	---	--

### Coefficienti di Sicurezza

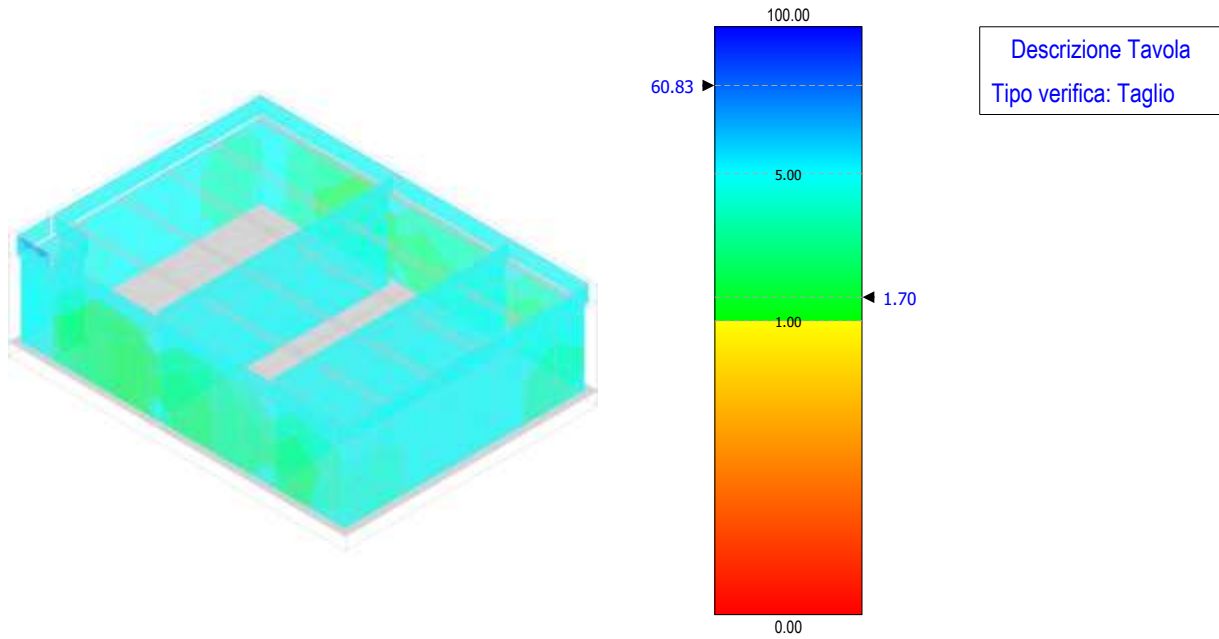


Figura 62 – verifica a taglio – fondazione trasformatore

### Coefficienti di Sicurezza

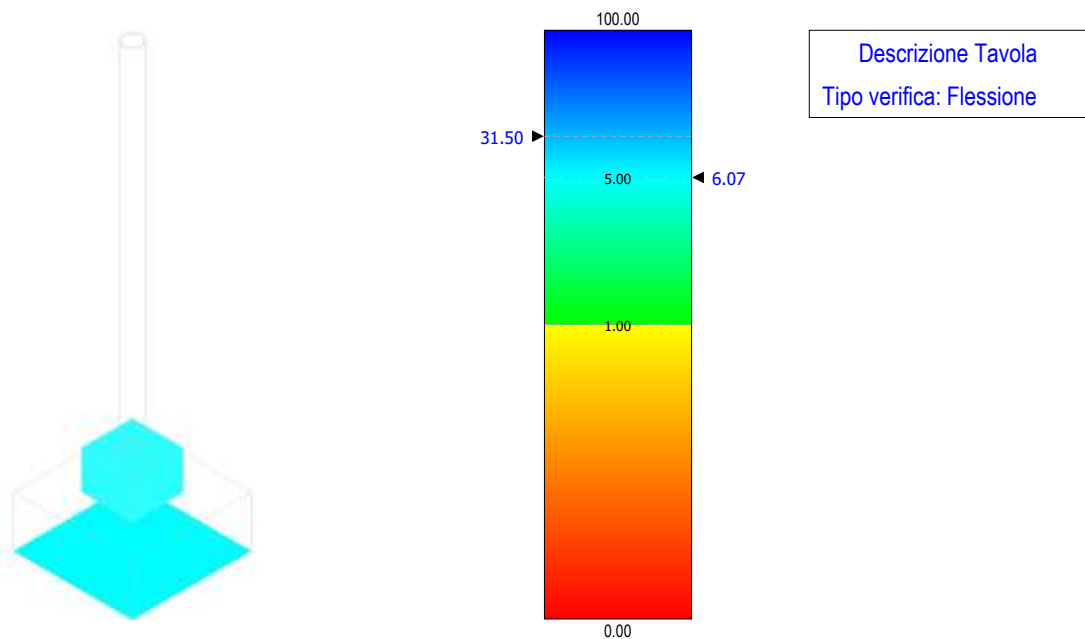


Figura 63 - verifica a flessione – fondazione scaricatore



### Coefficienti di Sicurezza

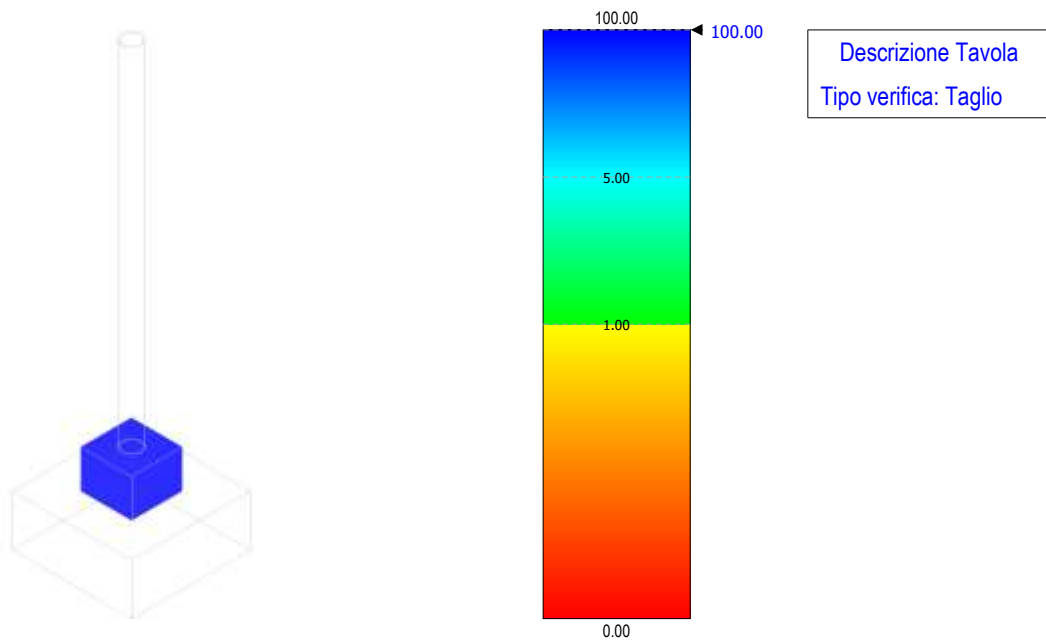


Figura 64 - verifica a taglio – fondazione scaricatore

### Coefficienti di Sicurezza

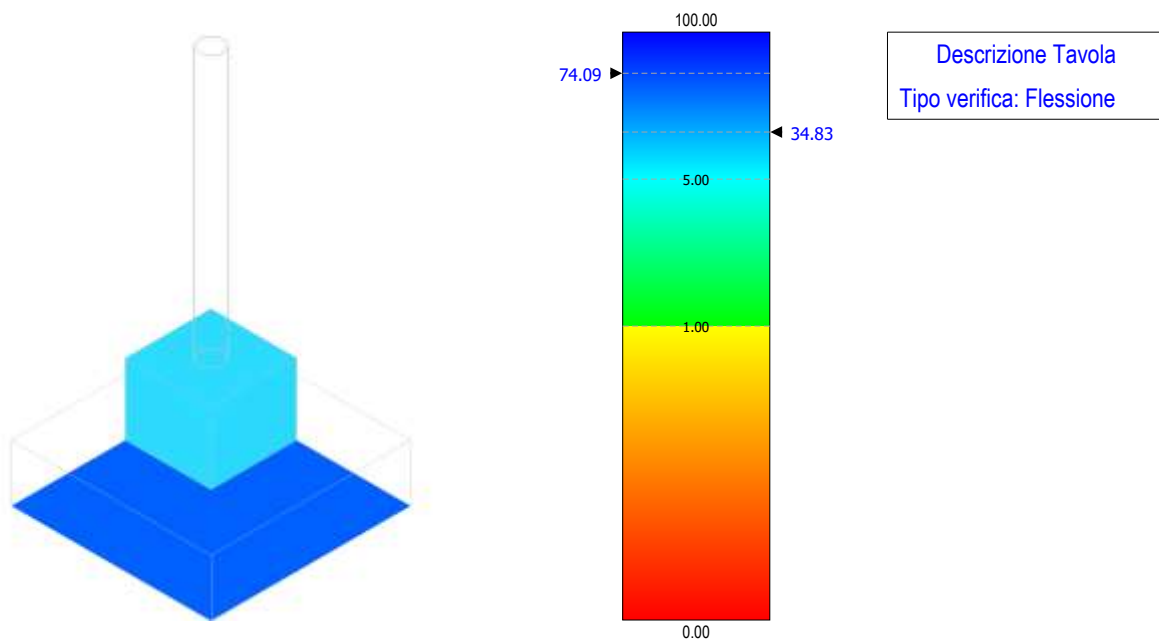
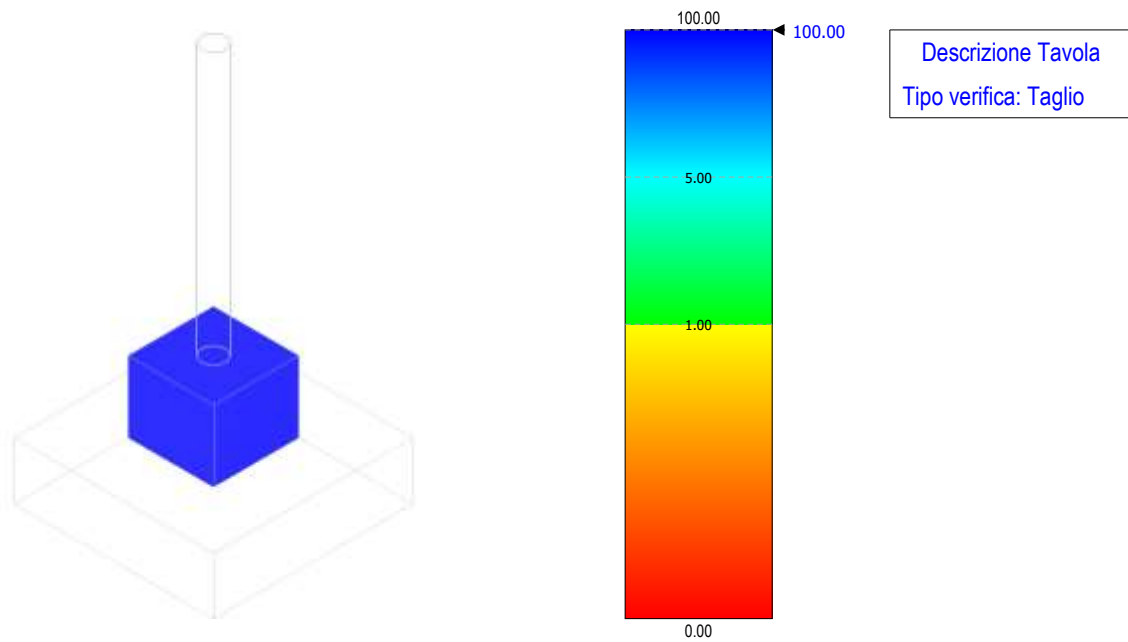


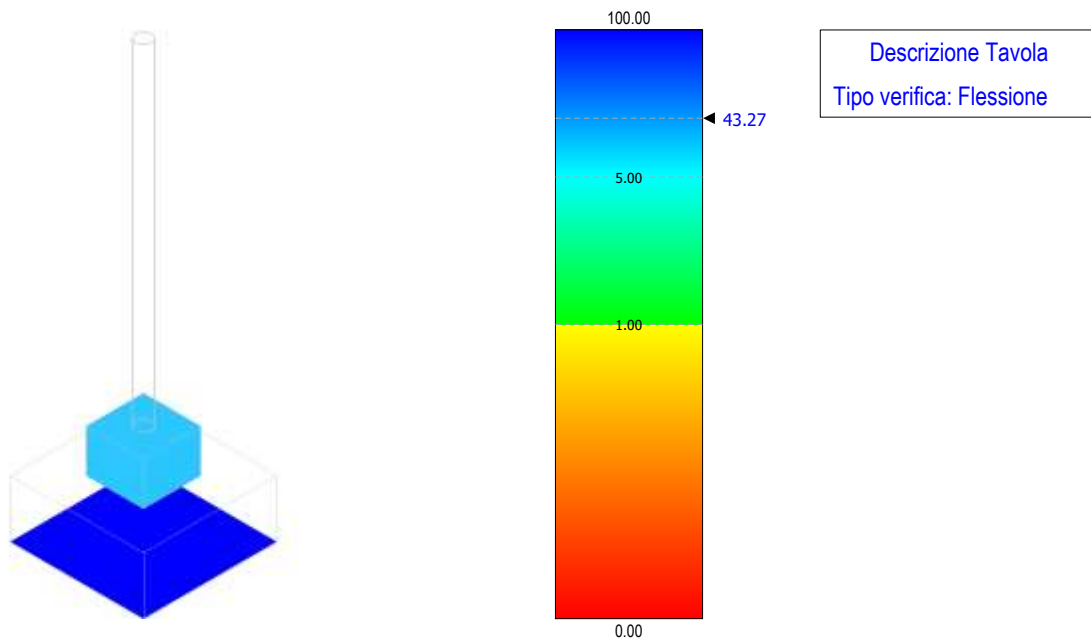
Figura 65 - verifica a flessione – fondazione TVC

### Coefficienti di Sicurezza



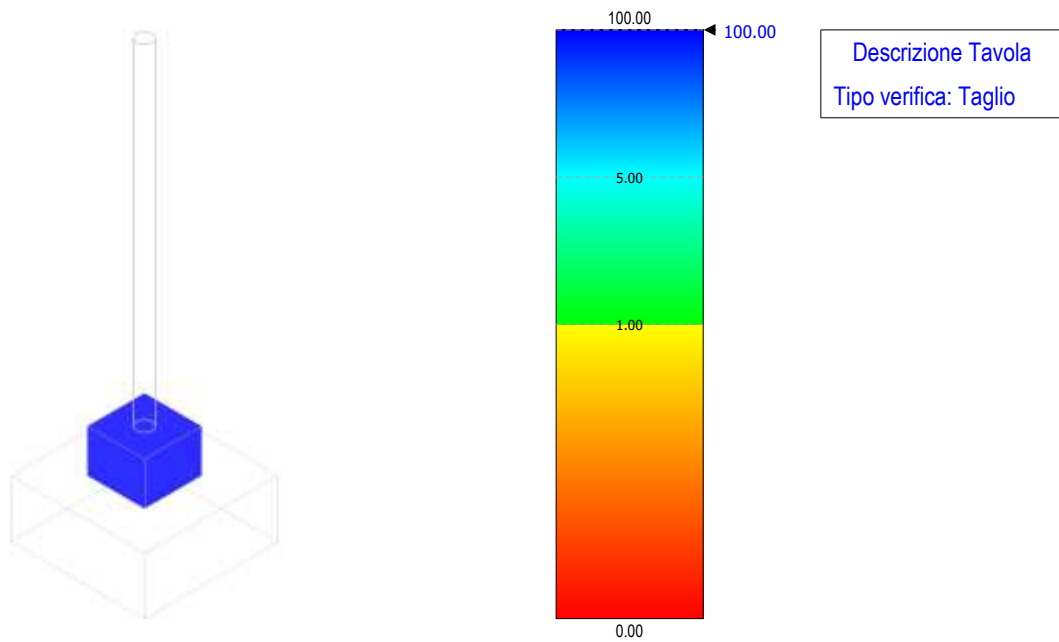
**Figura 66 - verifica a taglio – fondazione TVC**

### Coefficienti di Sicurezza



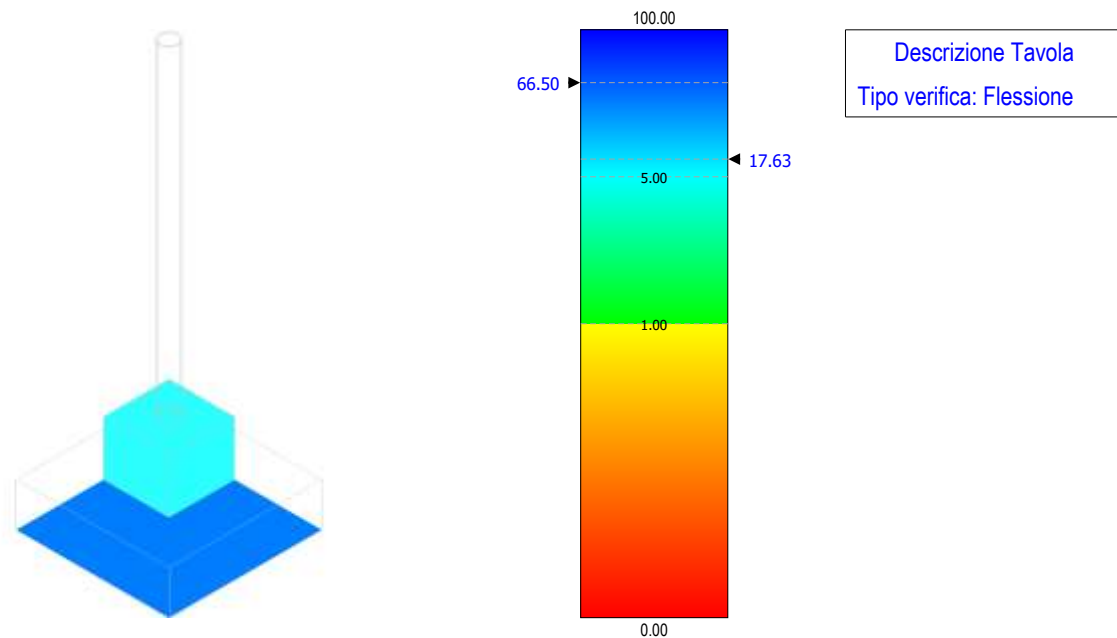
**Figura 67 - verifica a flessione – fondazione TVI**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 68 - verifica a taglio – fondazione TVI**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 69 - verifica a flessione – fondazione TA**

### Coefficienti di Sicurezza

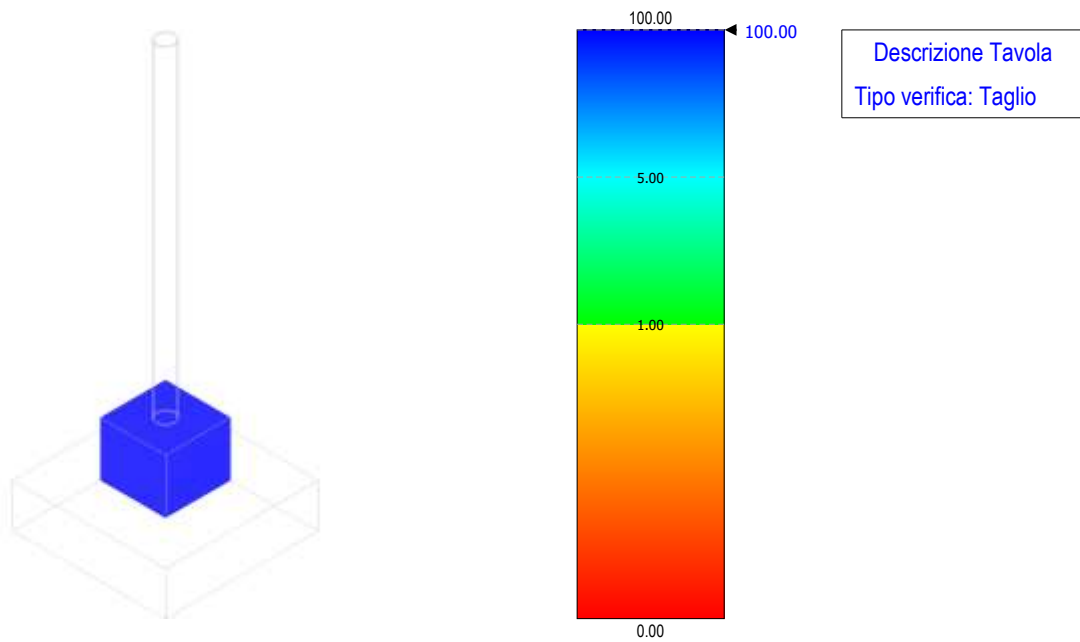


Figura 70 - verifica a taglio – fondazione TA

### Coefficienti di Sicurezza

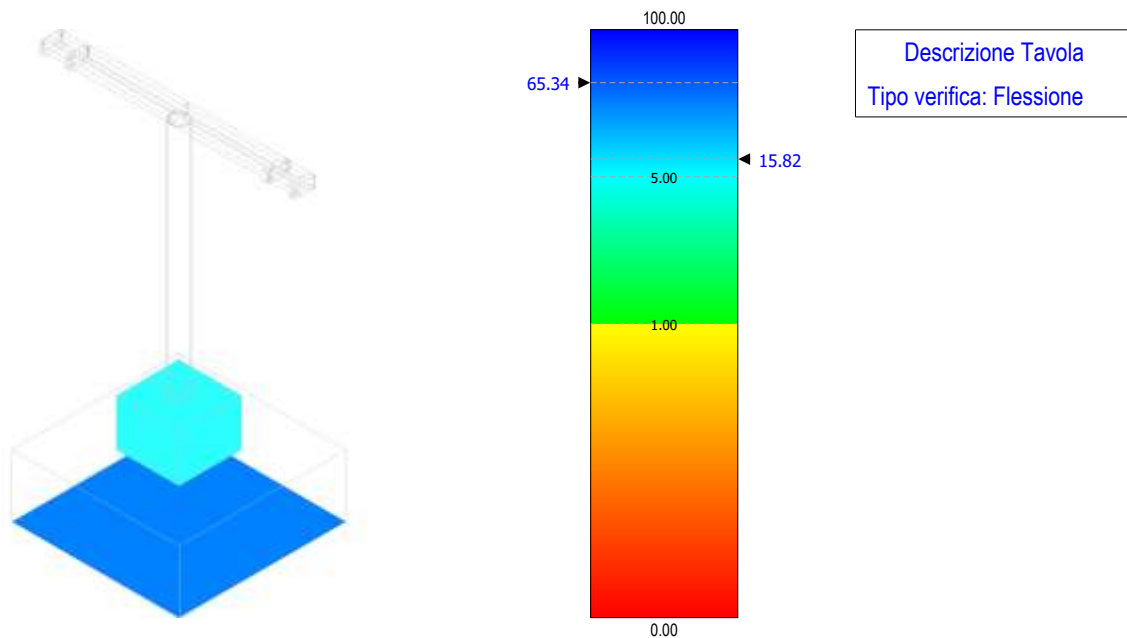


Figura 71 - verifica a flessione – fondazione terminale cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza

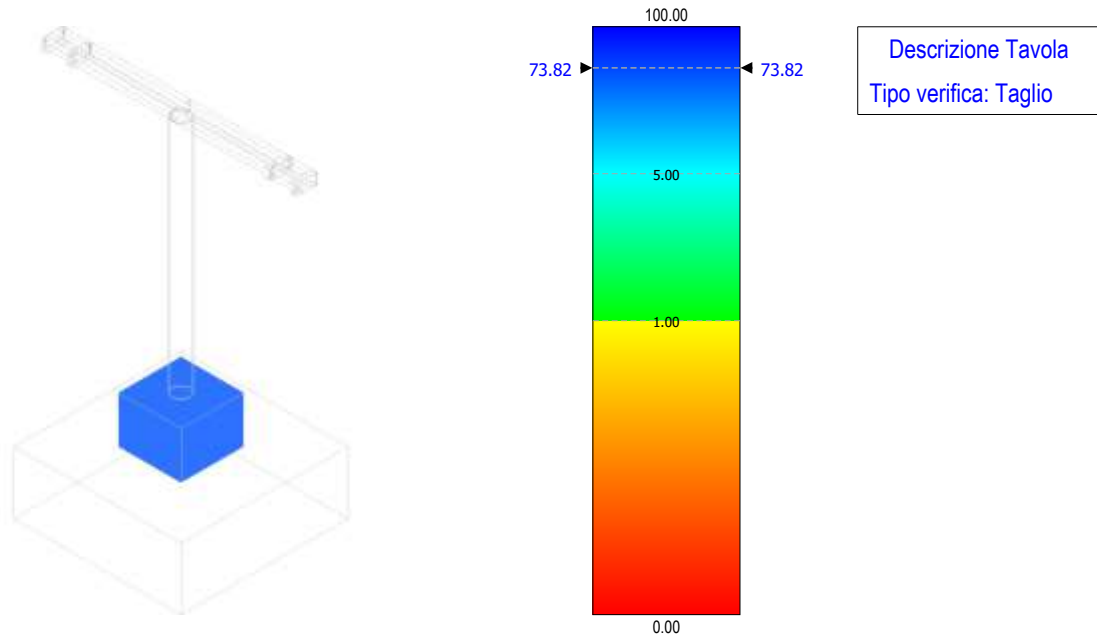


Figura 72 - verifica a taglio – fondazione terminale cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza

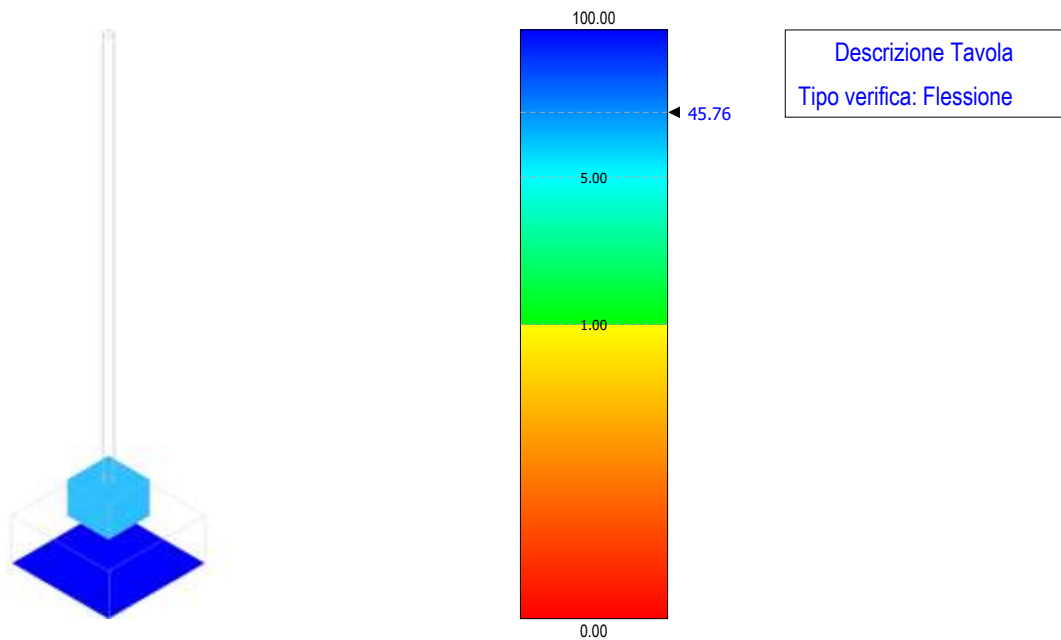
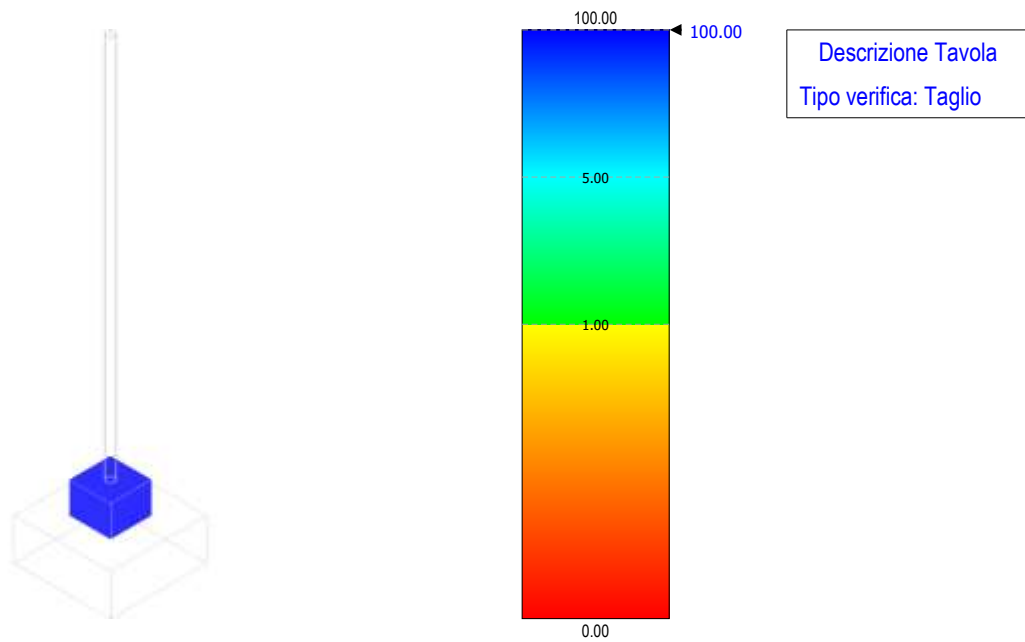


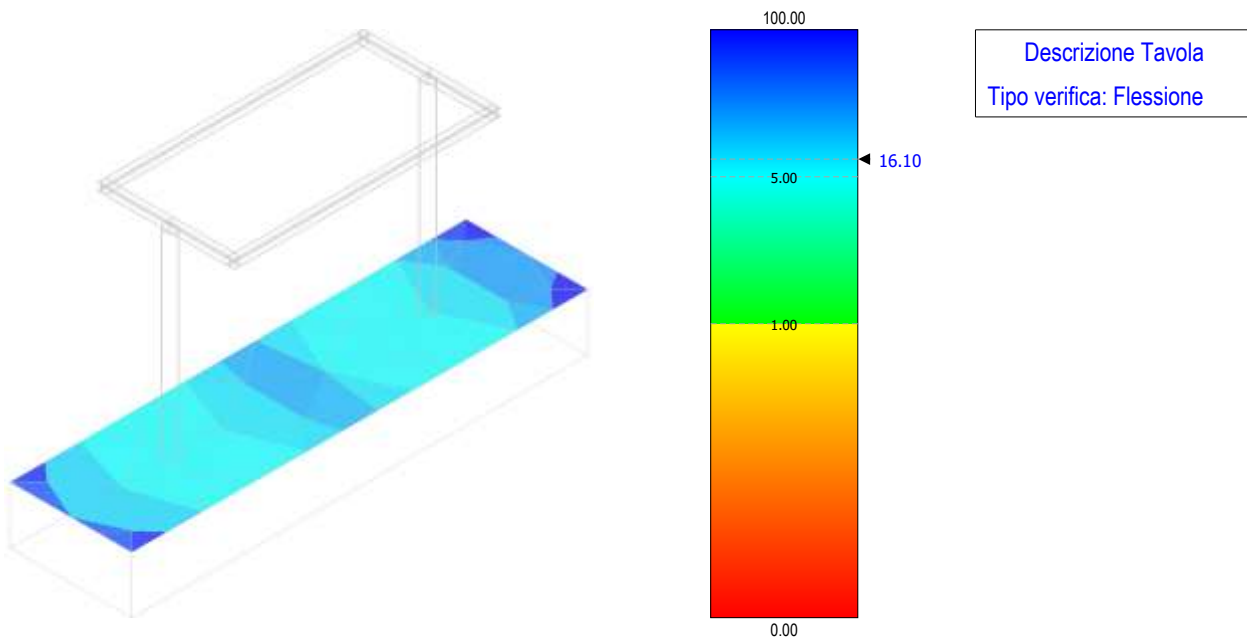
Figura 73 - verifica a flessione – fondazione M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 74 - verifica a taglio – fondazione M.A.T. neutro**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 75 - verifica a flessione – fondazione sezionatore**

### Coefficienti di Sicurezza

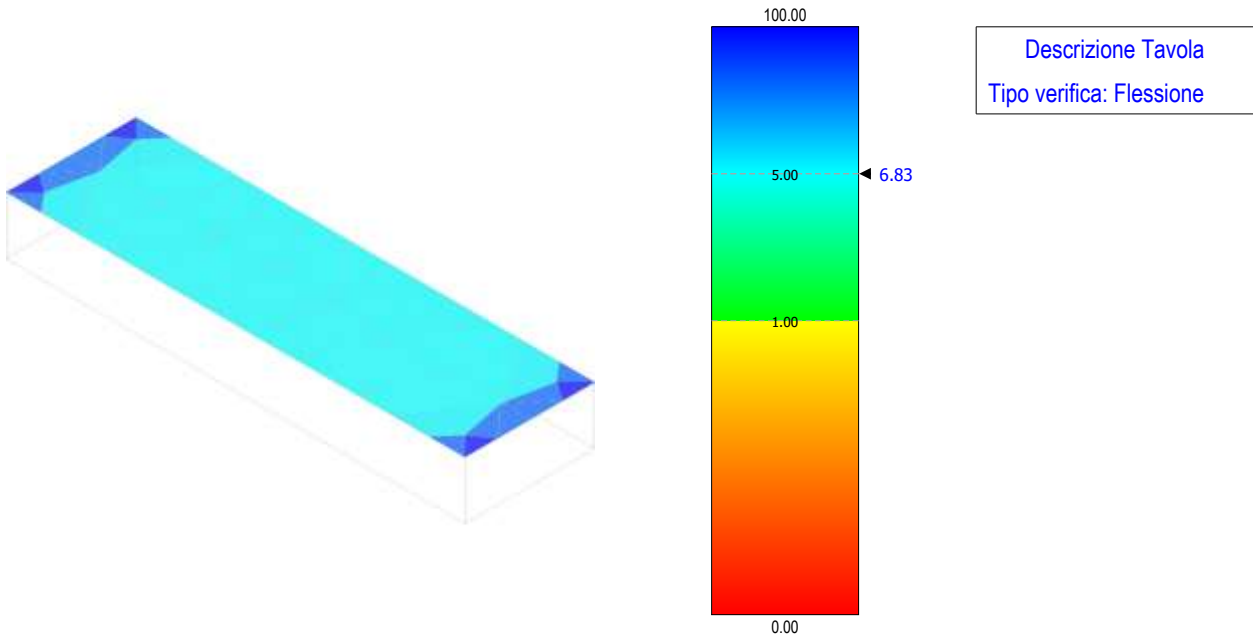


Figura 76 - verifica a flessione – fondazione interruttore

### Coefficienti di Sicurezza

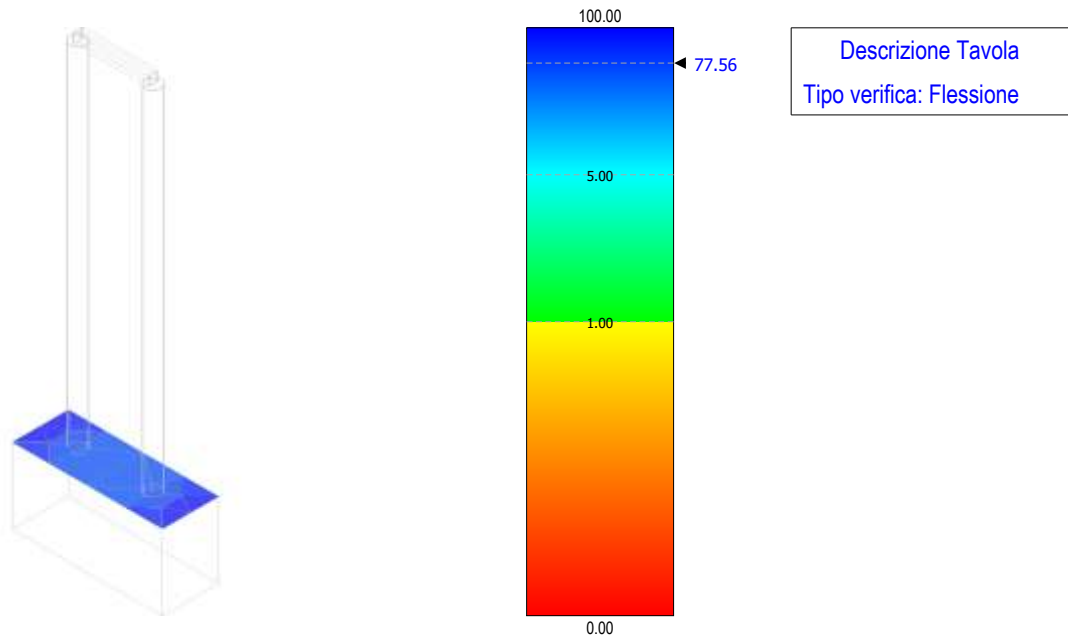


Figura 77 - verifica a flessione – fondazione arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza

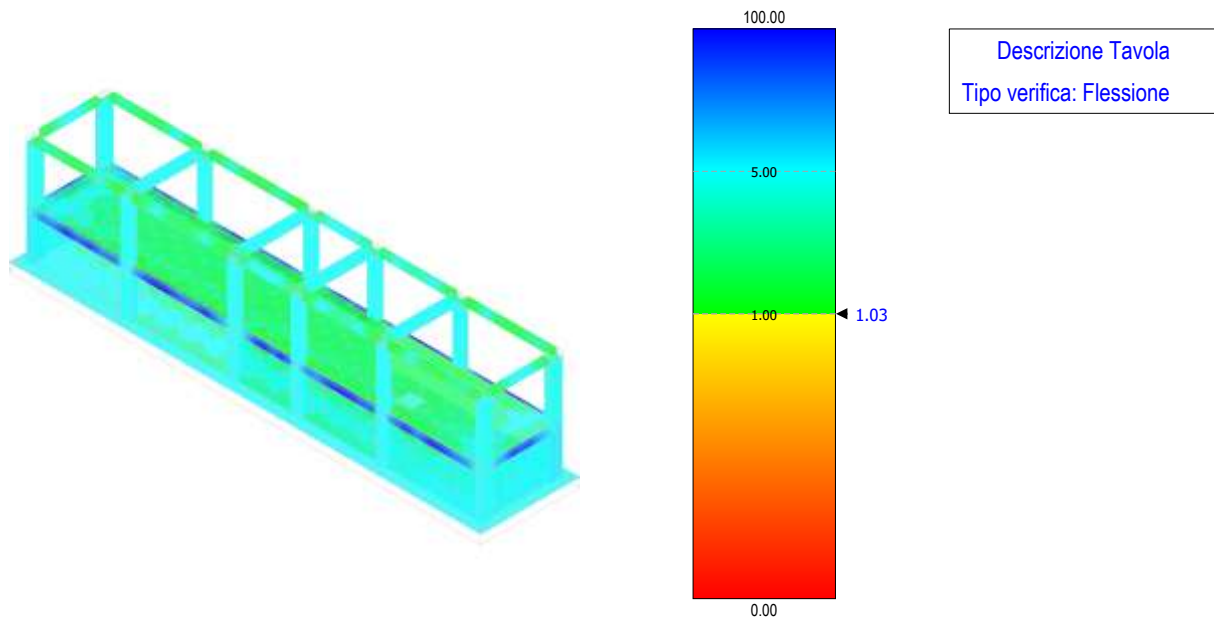


Figura 78 - verifica a flessione – edificio

### Coefficienti di Sicurezza

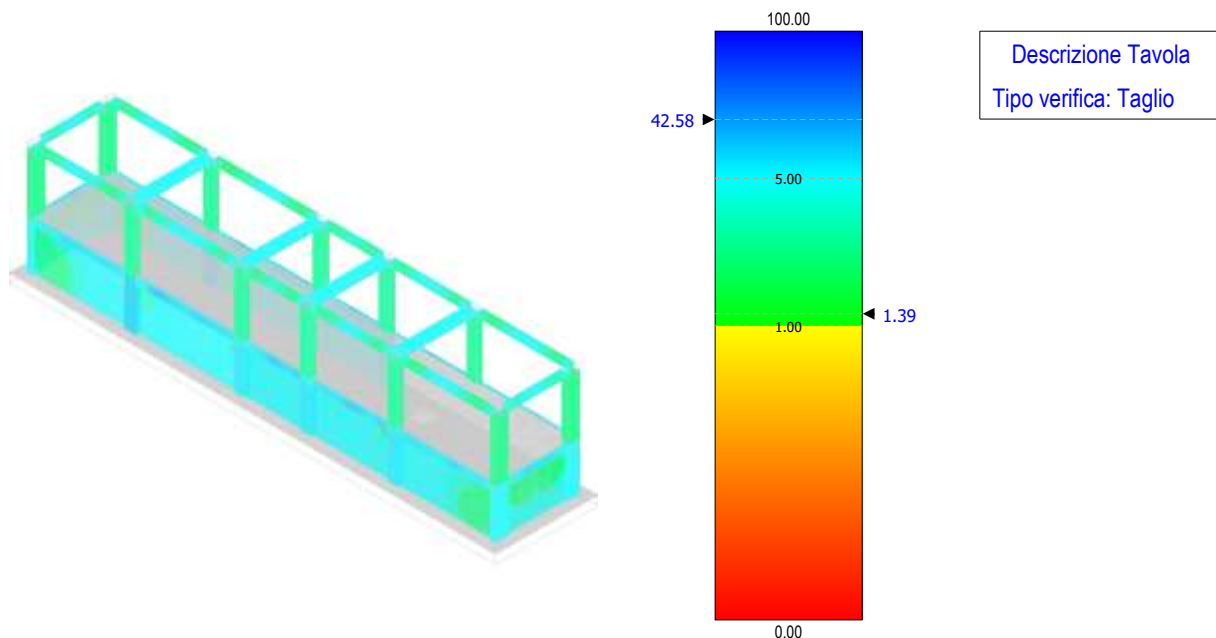



Figura 79 - verifica a taglio – edificio

#### Verifiche SLE - SLD

- Fessurazione: in accordo con §4.1.2.2.4 del D.M. 17/01/2018
- Limitazione delle tensioni: in accordo con §4.1.2.2.5 del D.M. 17/01/2018



	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	55 di 76

### Coefficienti di Sicurezza

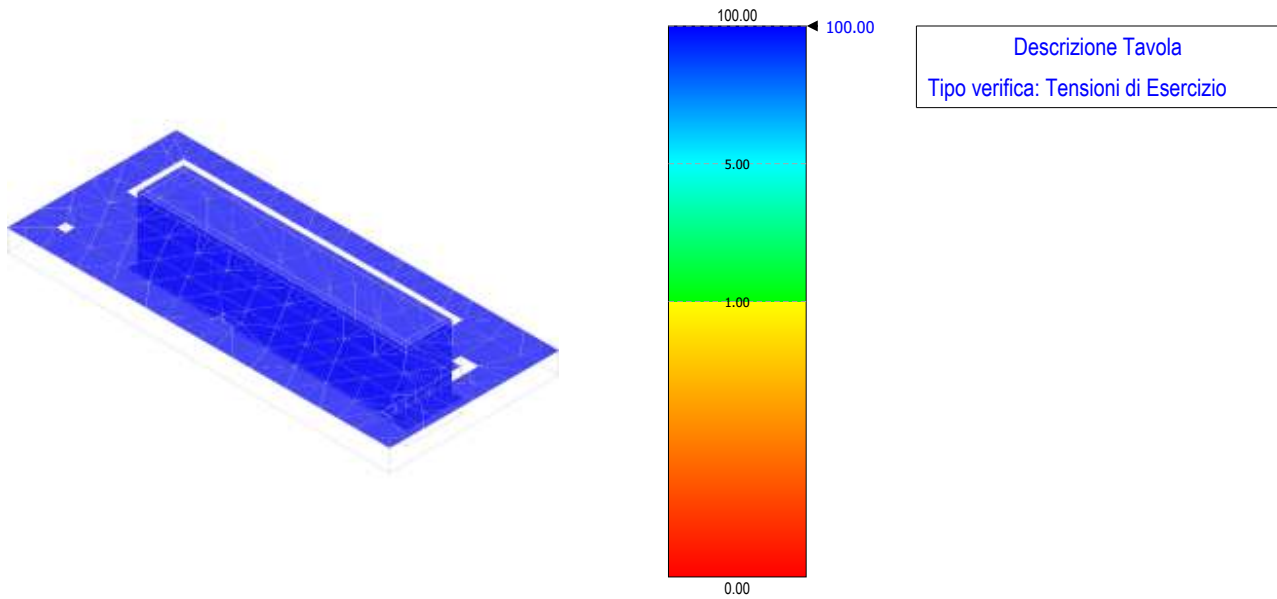


Figura 80 – tensioni di esercizio – fondazione cabina di raccolta

### Coefficienti di Sicurezza

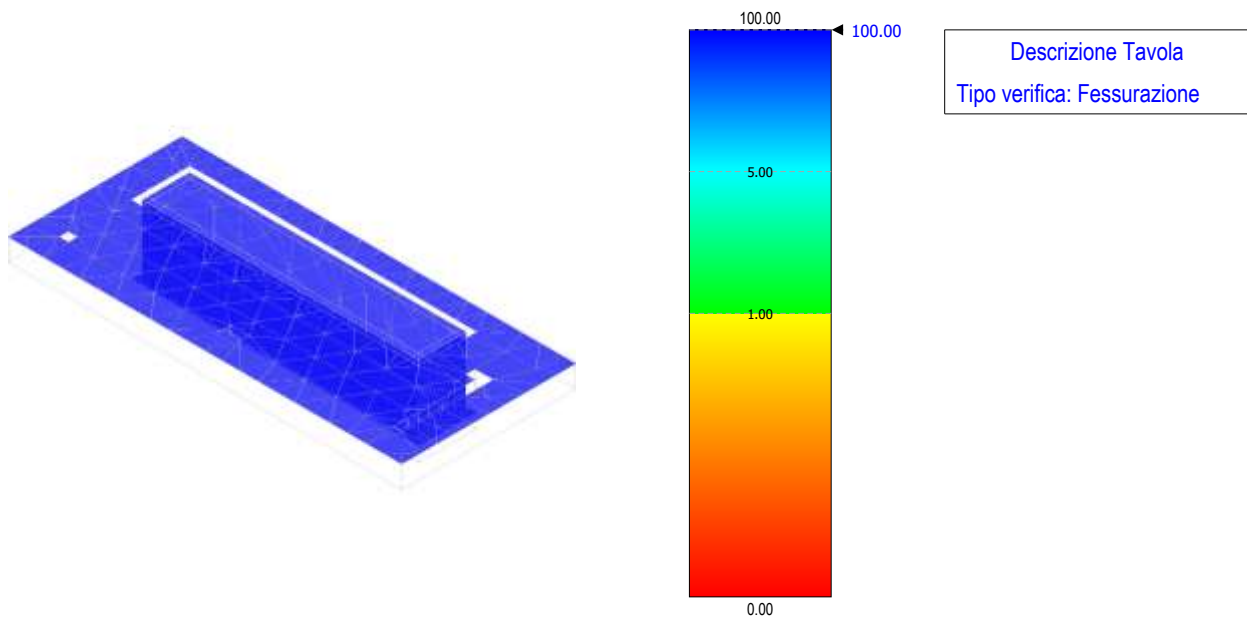


Figura 81 – verifica a fessurazione – fondazione cabina di raccolta

### Coefficienti di Sicurezza

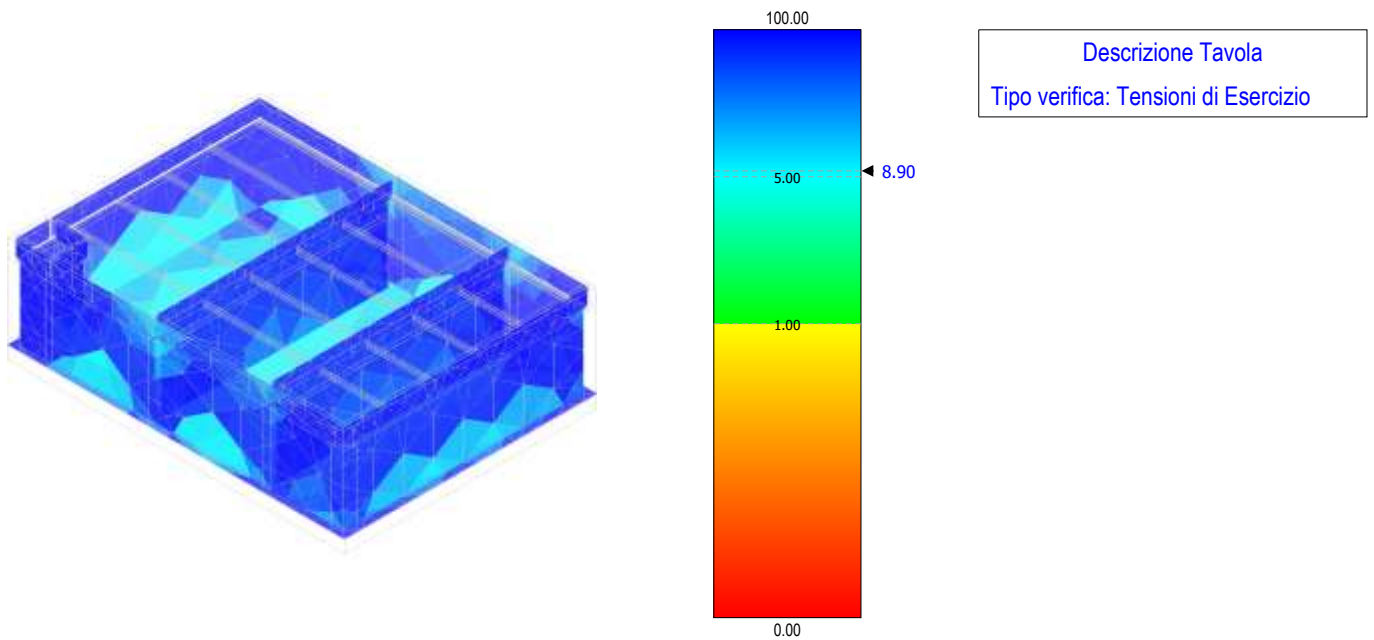


Figura 82 – tensioni di esercizio – fondazione trasformatore

### Coefficienti di Sicurezza

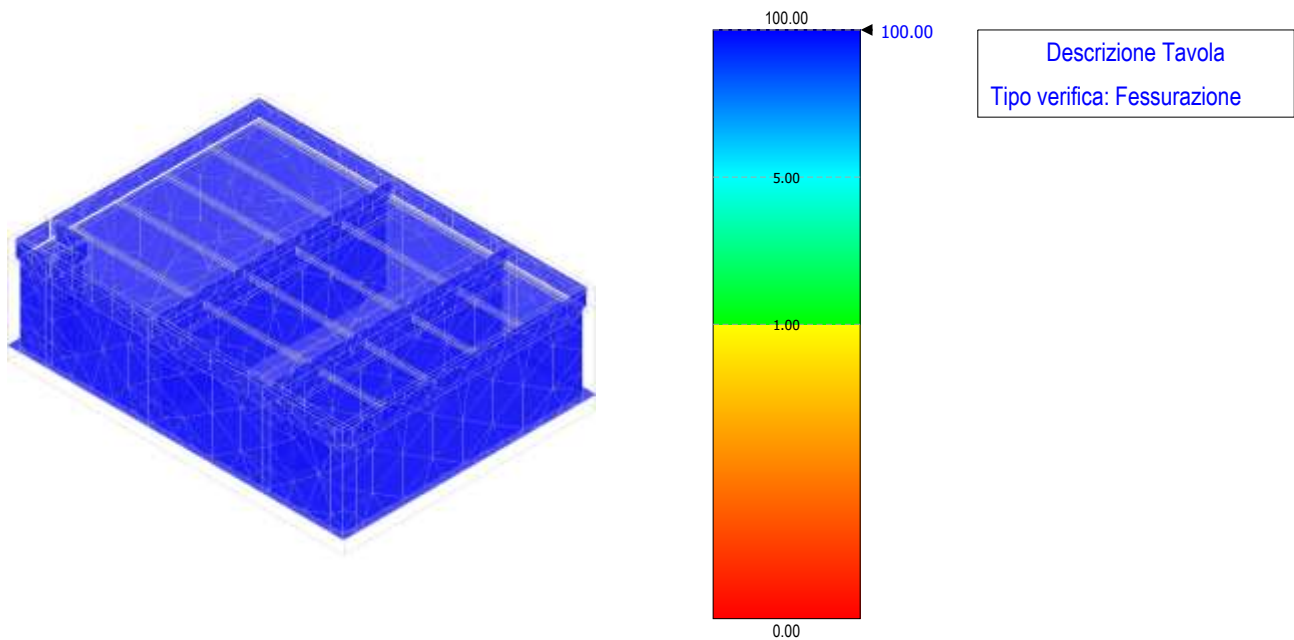


Figura 83 – verifica a fessurazione – fondazione trasformatore

### Coefficienti di Sicurezza

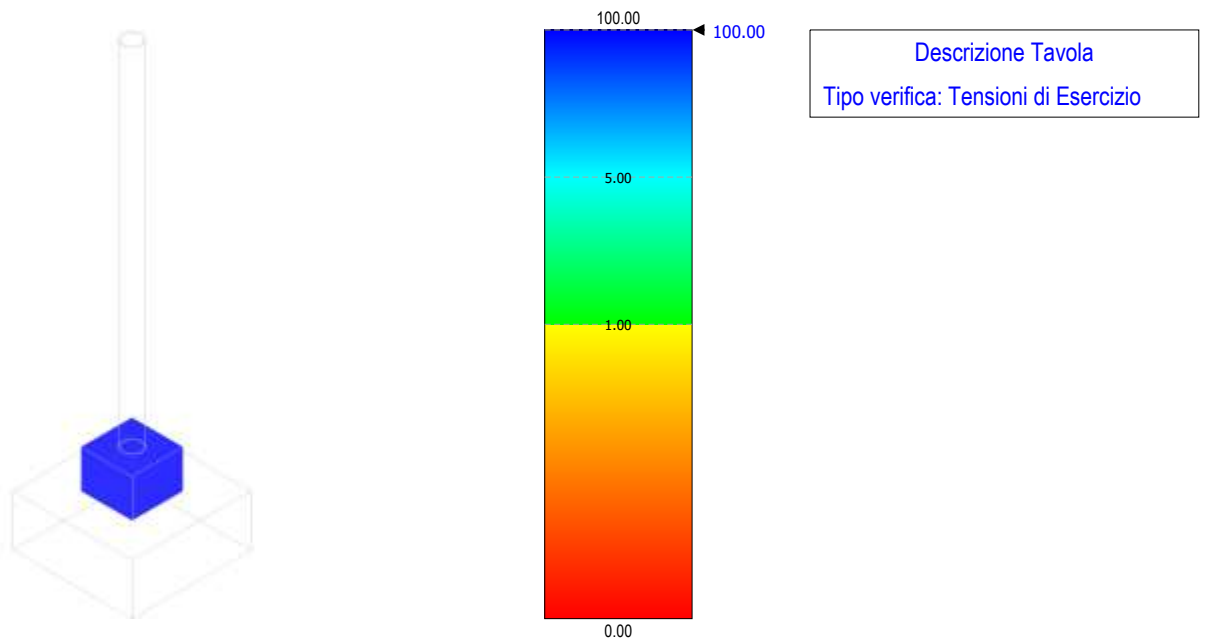


Figura 84 – tensioni di esercizio – fondazione scaricatore

### Coefficienti di Sicurezza

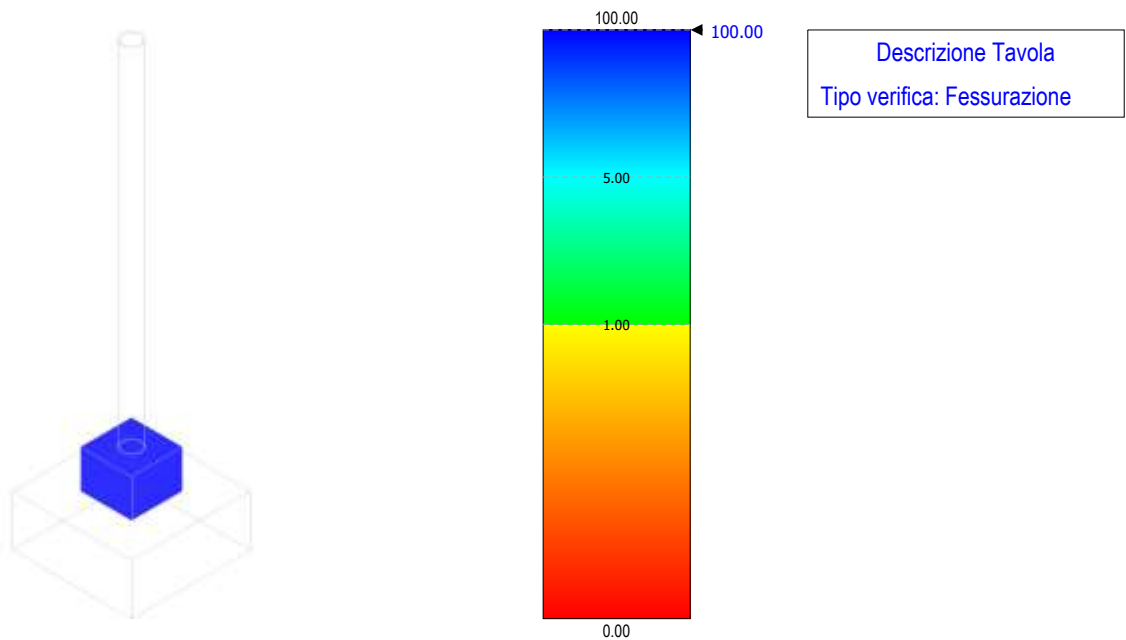
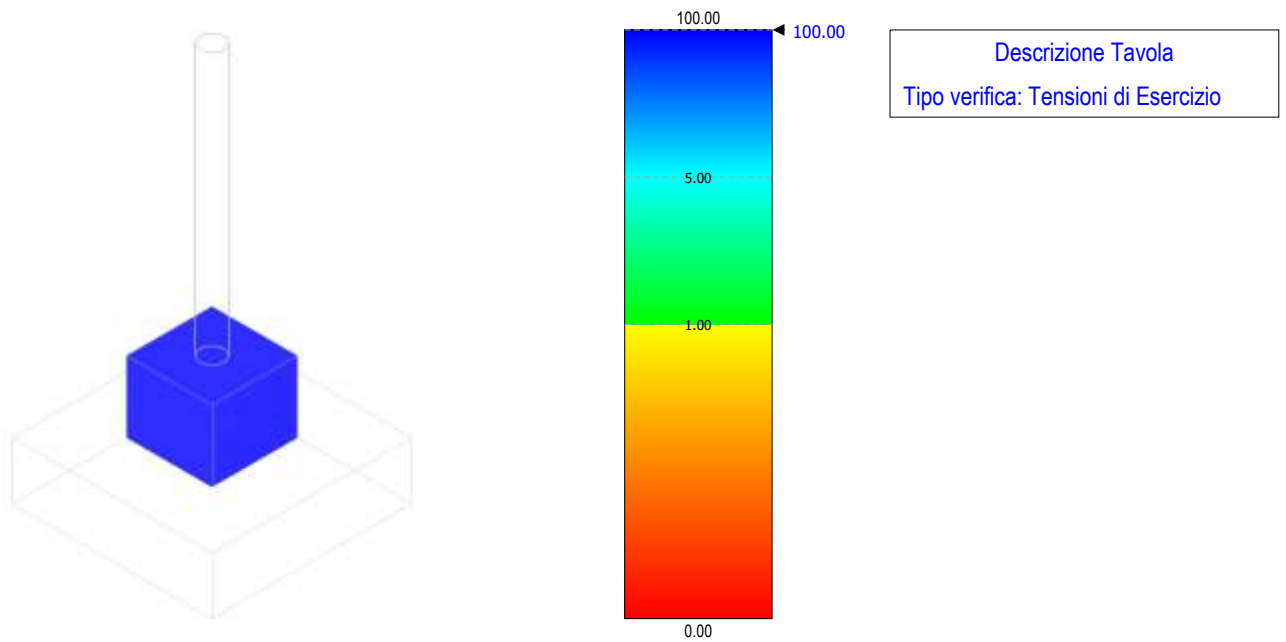
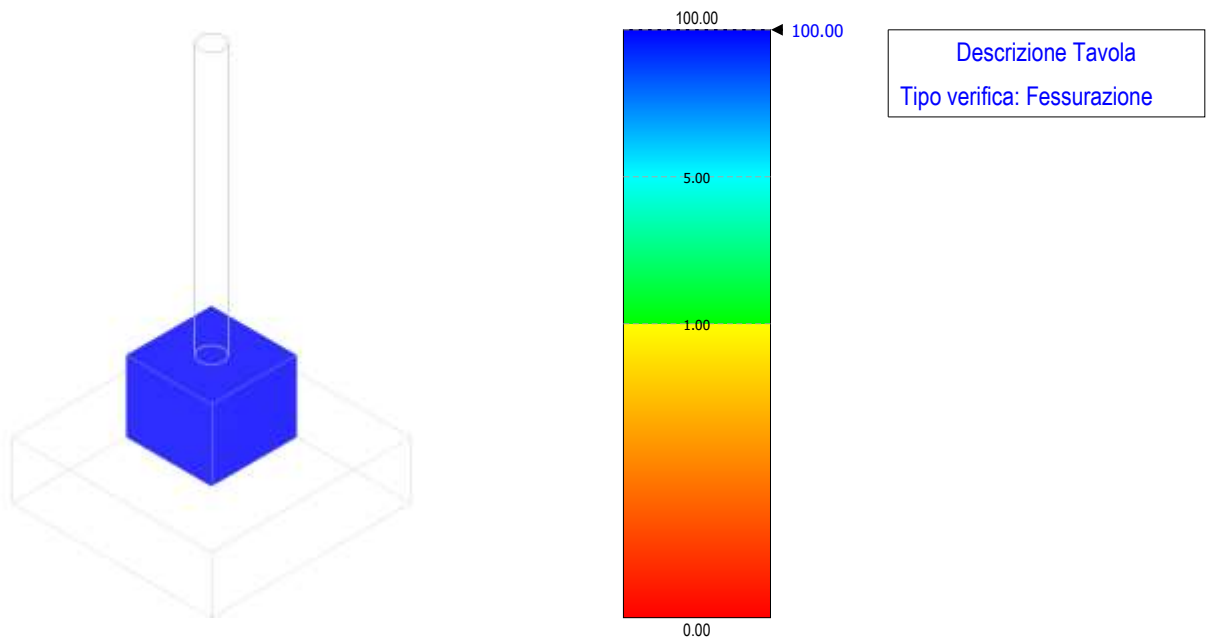


Figura 85 – verifica a fessurazione – fondazione scaricatore

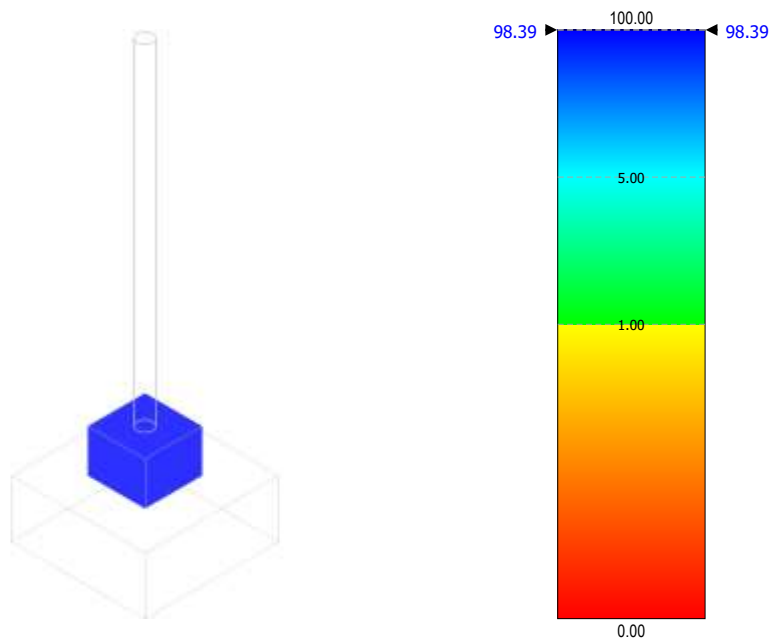
### Coefficienti di Sicurezza


**Figura 86 – tensioni di esercizio – fondazione TVC**

### Coefficienti di Sicurezza


**Figura 87 – verifica a fessurazione – fondazione TVC**

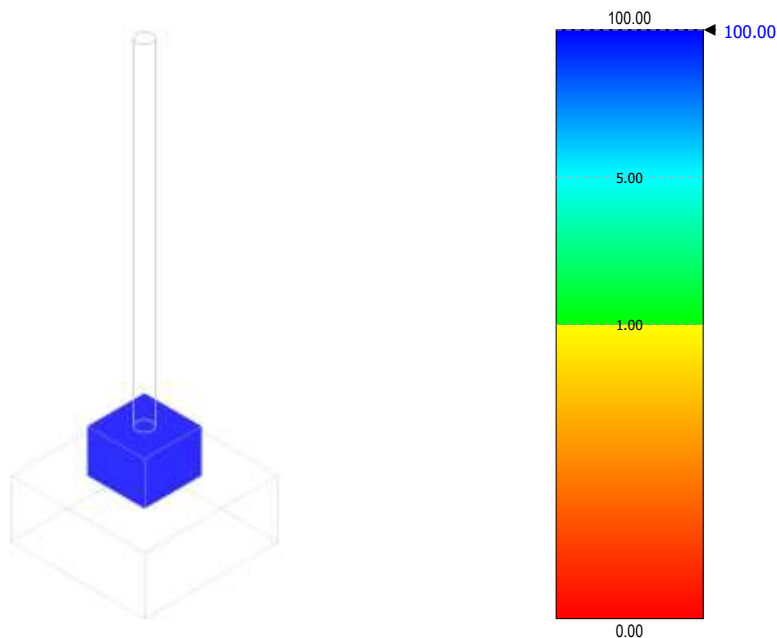
### Coefficienti di Sicurezza



[Descrizione Tavola](#)  
 Tipo verifica: Tensioni di Esercizio

**Figura 88 – tensioni di esercizio – fondazione TVI**

### Coefficienti di Sicurezza



[Descrizione Tavola](#)  
 Tipo verifica: Fessurazione

**Figura 89 – verifica a fessurazione – fondazione TVI**

### Coefficienti di Sicurezza

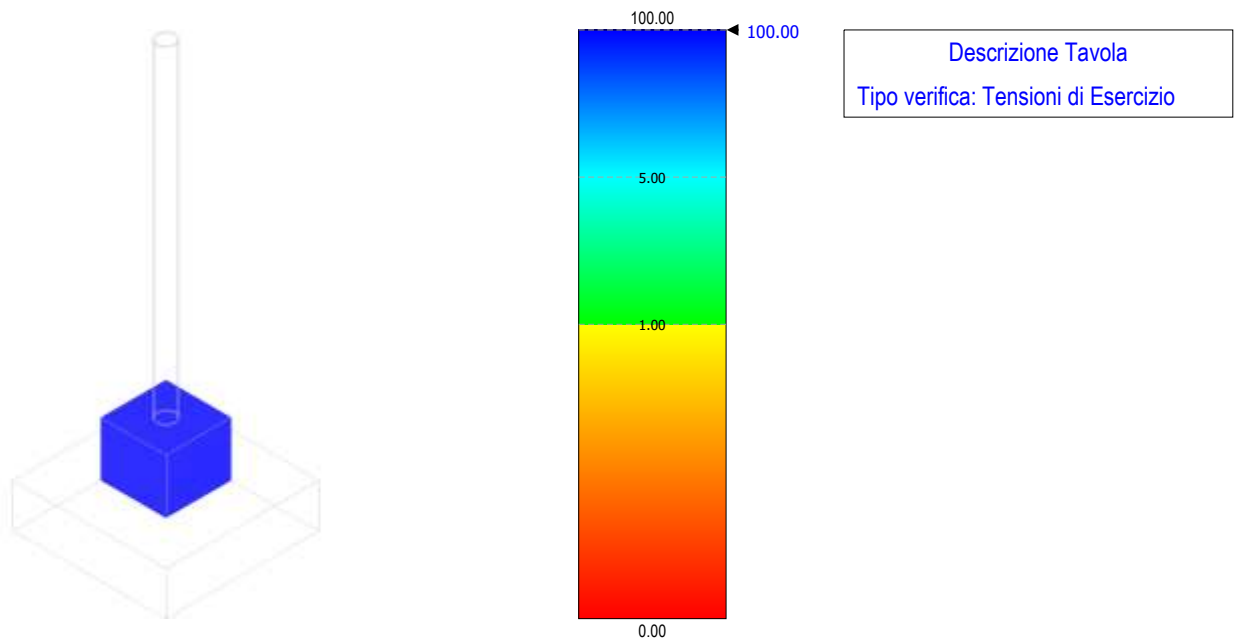


Figura 90 – tensioni di esercizio – fondazione TA

### Coefficienti di Sicurezza

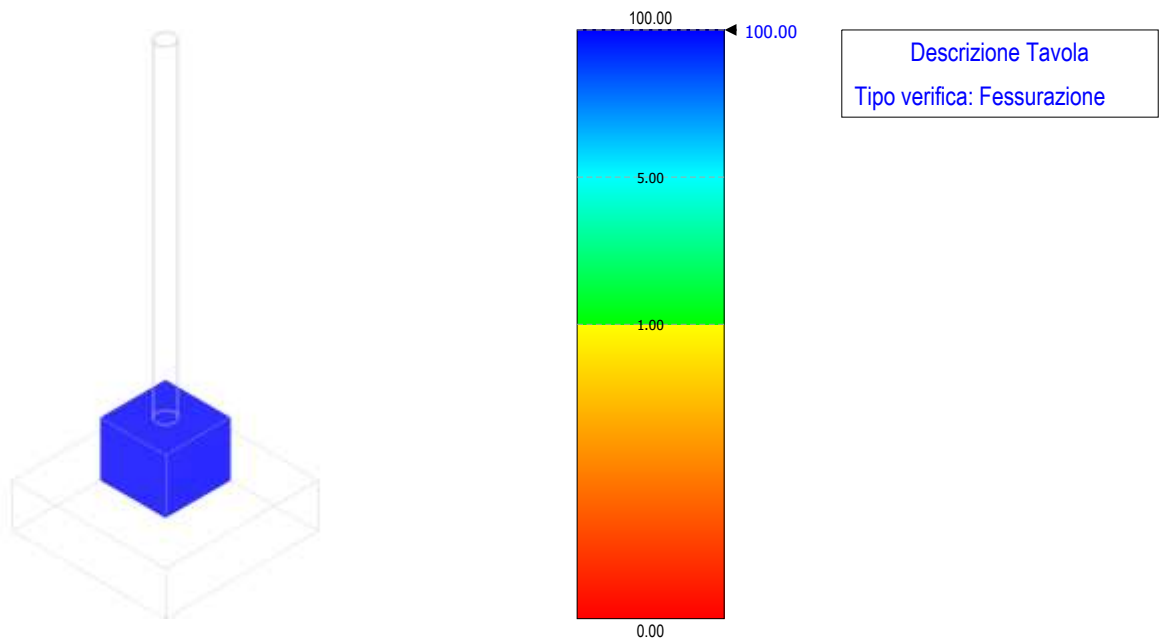
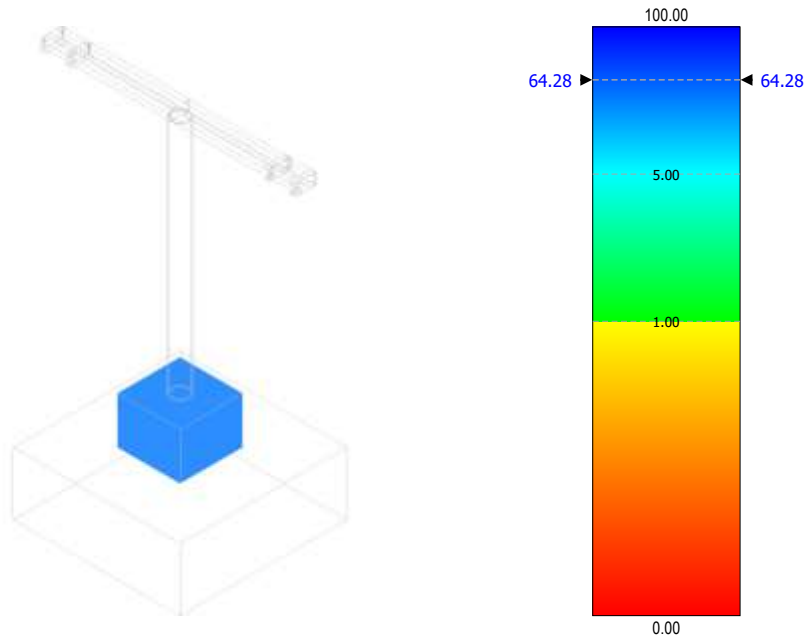


Figura 91 – verifica a fessurazione – fondazione TA

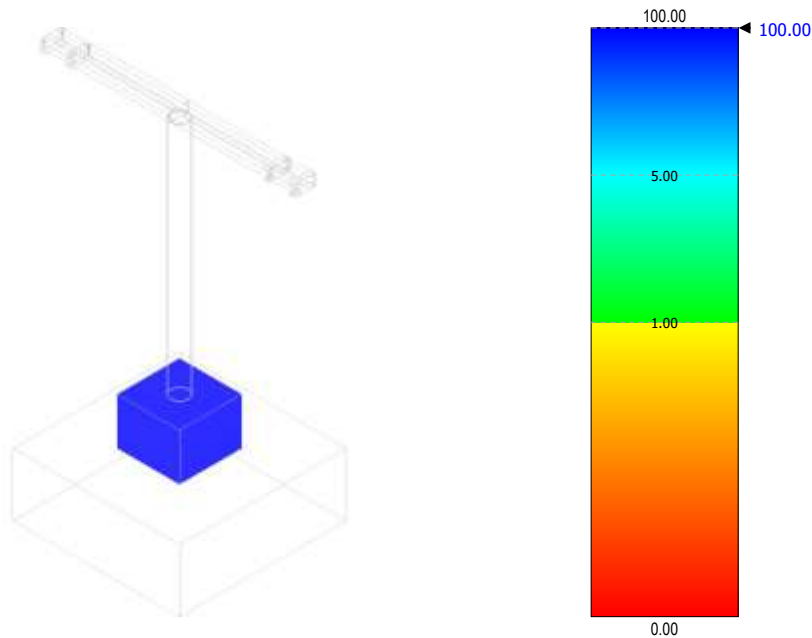
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
 Tipo verifica: Tensioni di Esercizio

Figura 92 – tensioni di esercizio – fondazione terminale cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
 Tipo verifica: Fessurazione

Figura 93 – verifica a fessurazione – fondazione terminale cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza

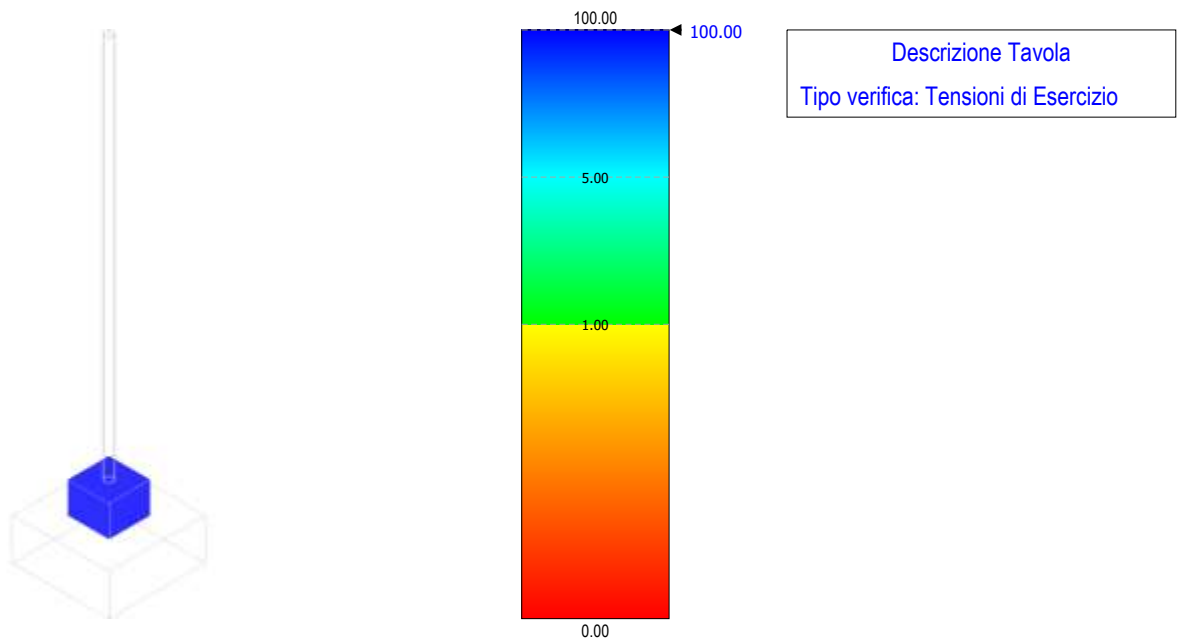


Figura 94 – tensioni di esercizio – fondazione M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza

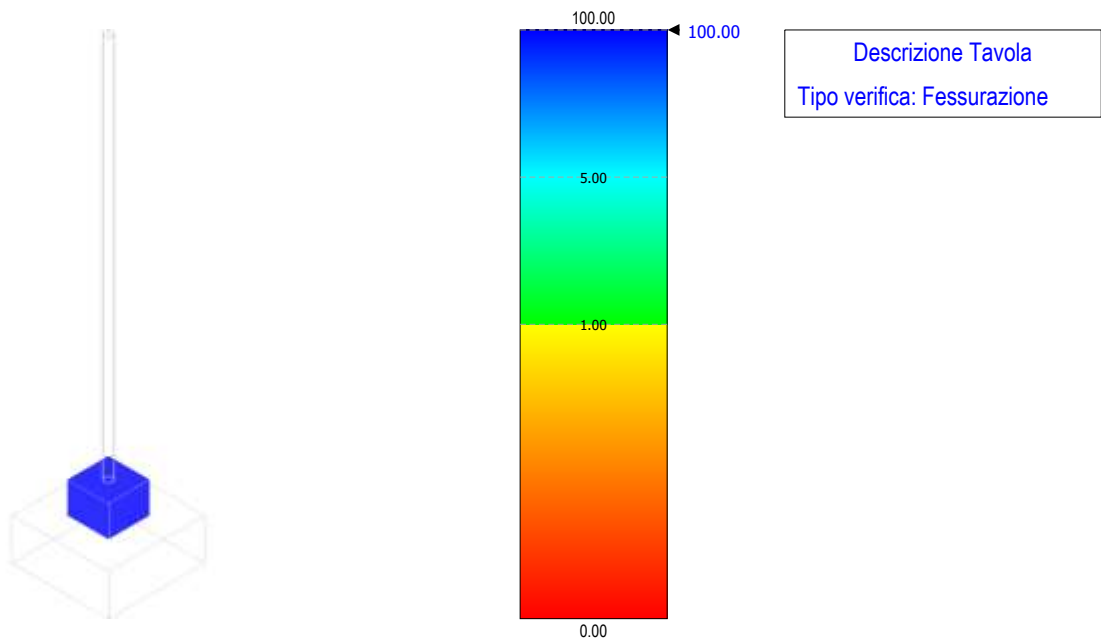


Figura 95 – verifica a fessurazione – fondazione M.A.T. neutro



### Coefficienti di Sicurezza

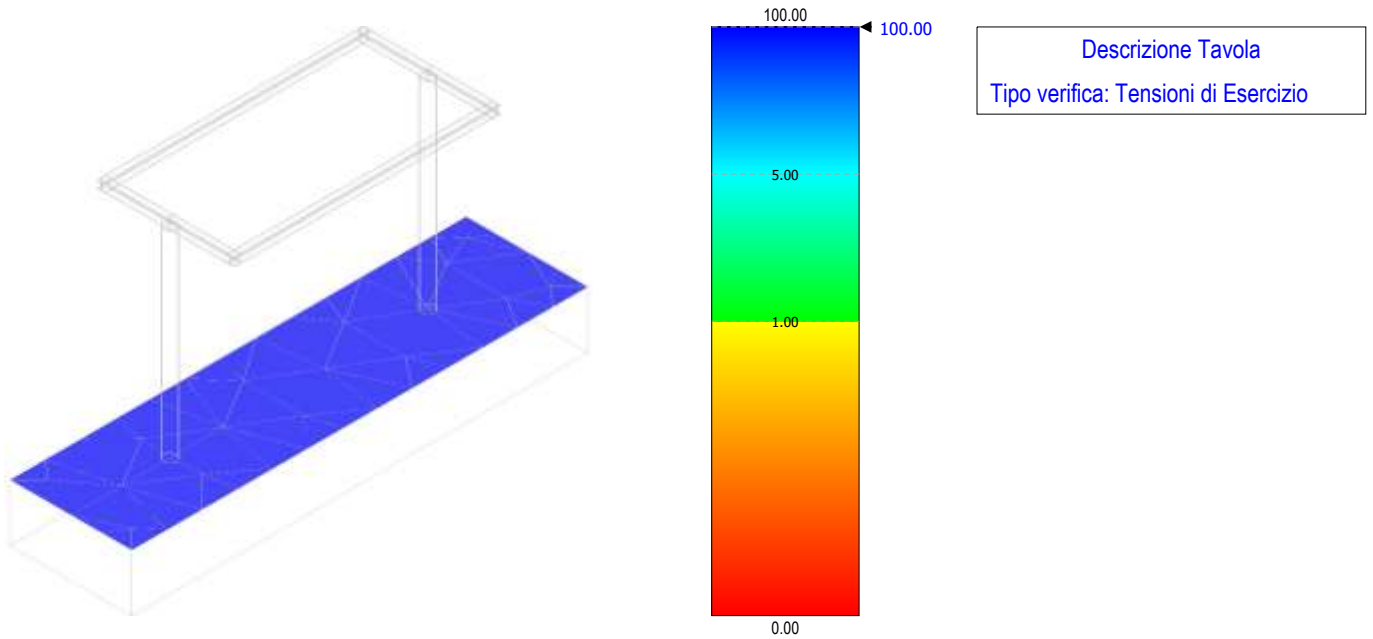


Figura 96 – tensioni di esercizio – fondazione sezionatore

### Coefficienti di Sicurezza

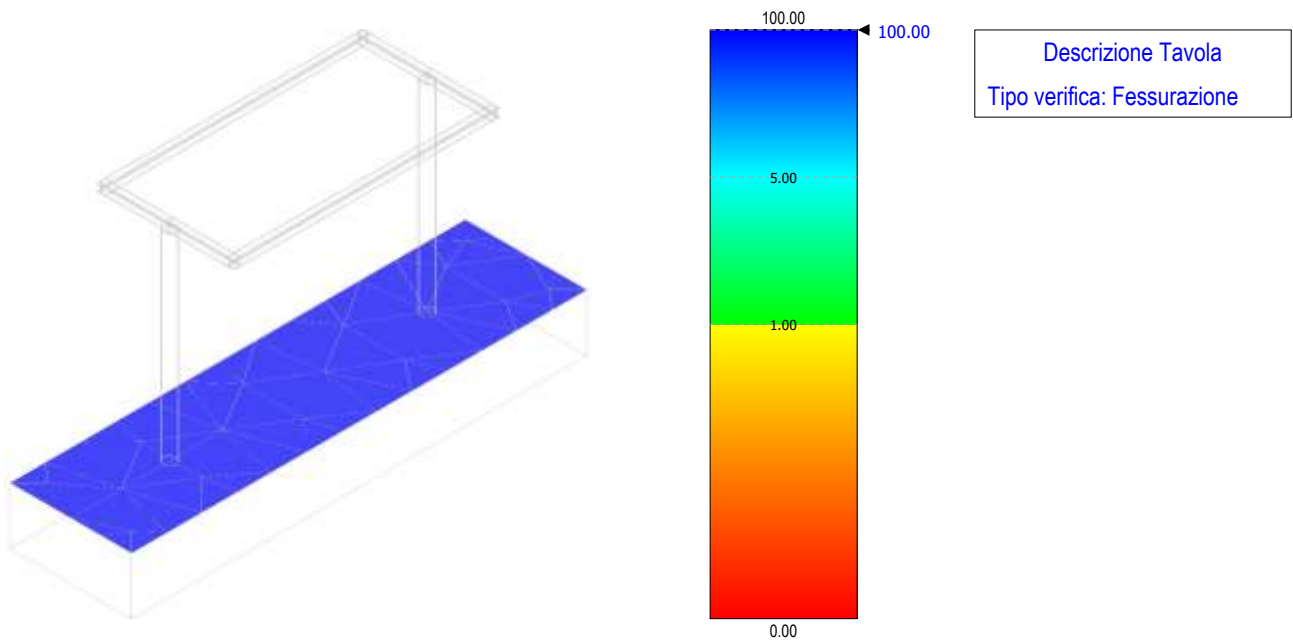
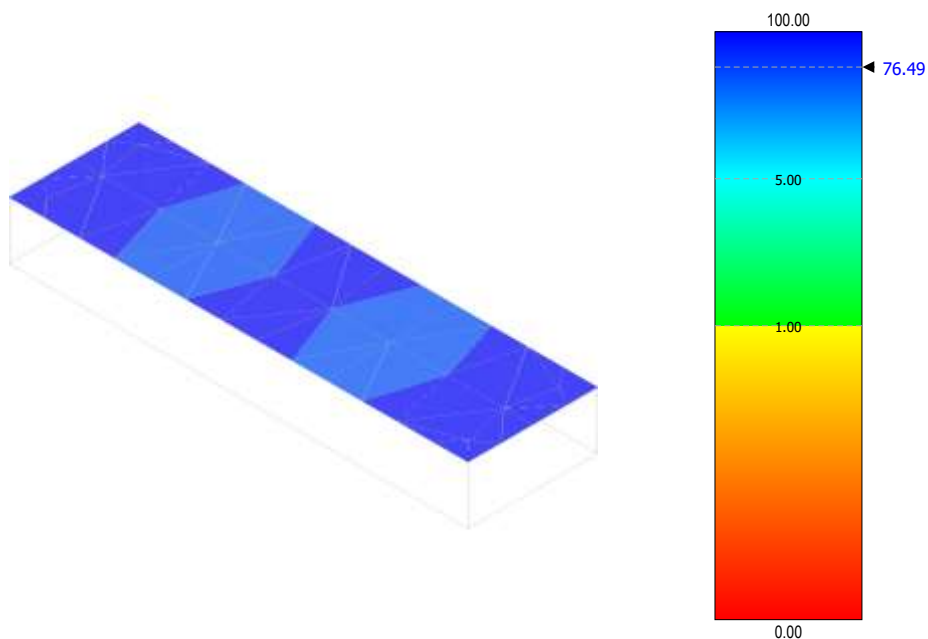


Figura 97 – verifica a fessurazione – fondazione sezionatore

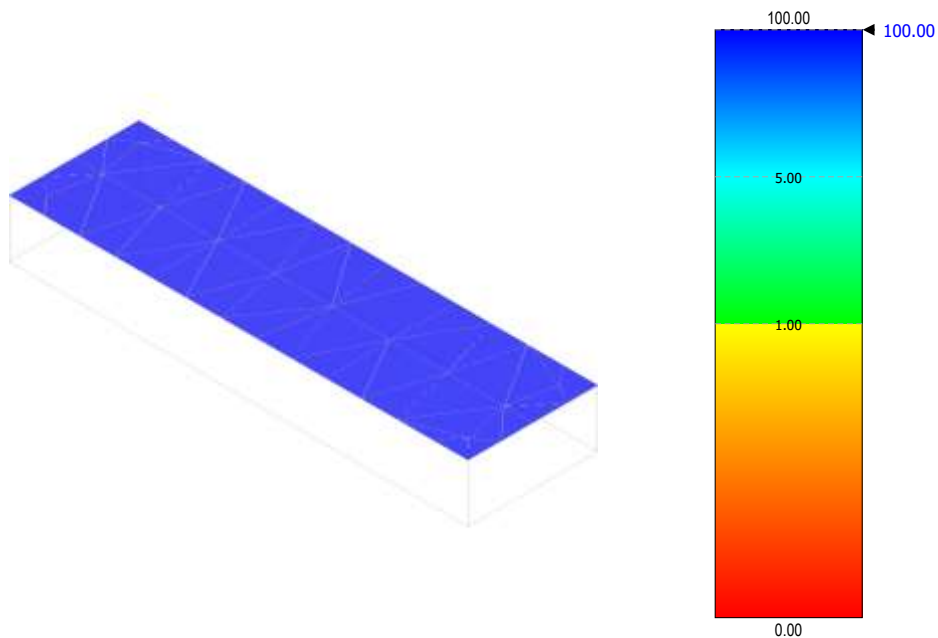
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
 Tipo verifica: Tensioni di Esercizio

**Figura 98 – tensioni di esercizio – fondazione interruttore**

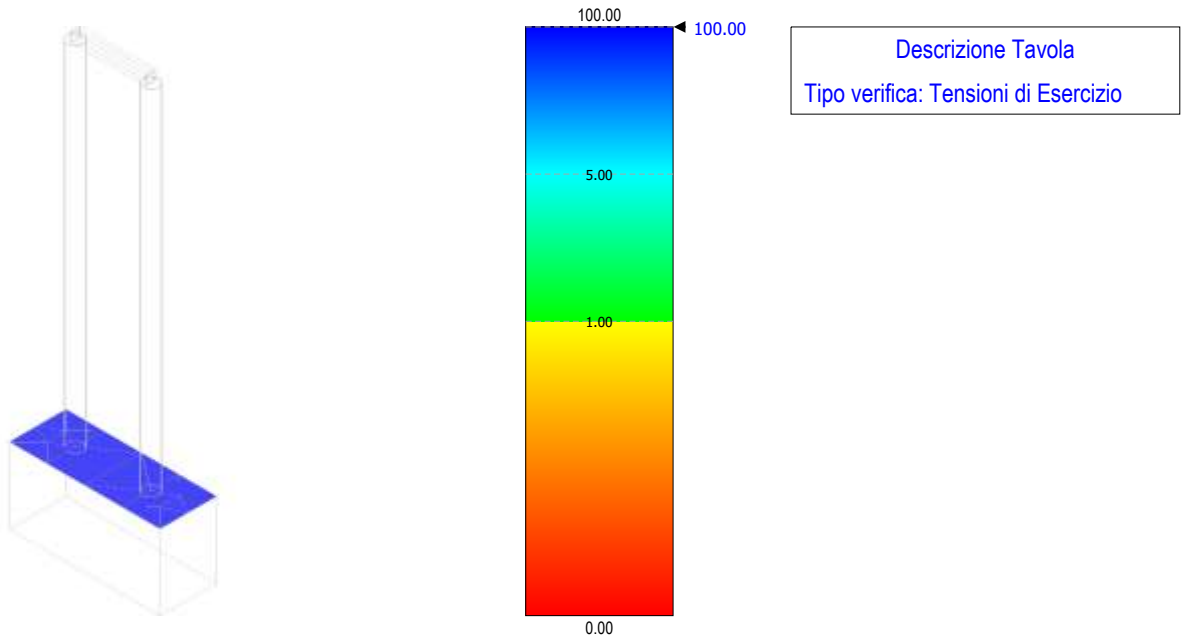
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
 Tipo verifica: Fessurazione

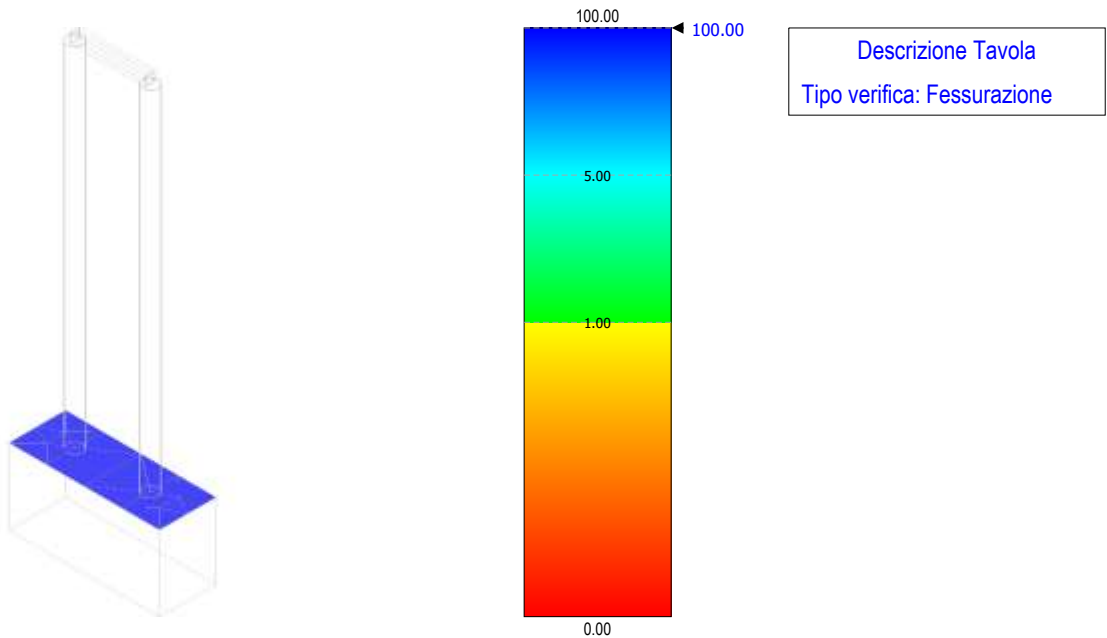
**Figura 99 – verifica a fessurazione – fondazione interruttore**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 100 – tensioni di esercizio – fondazione arrivo cavi MT**

### Coefficienti di Sicurezza



**Figura 101 – verifica a fessurazione – fondazione arrivo cavi MT**

### Coefficienti di Sicurezza

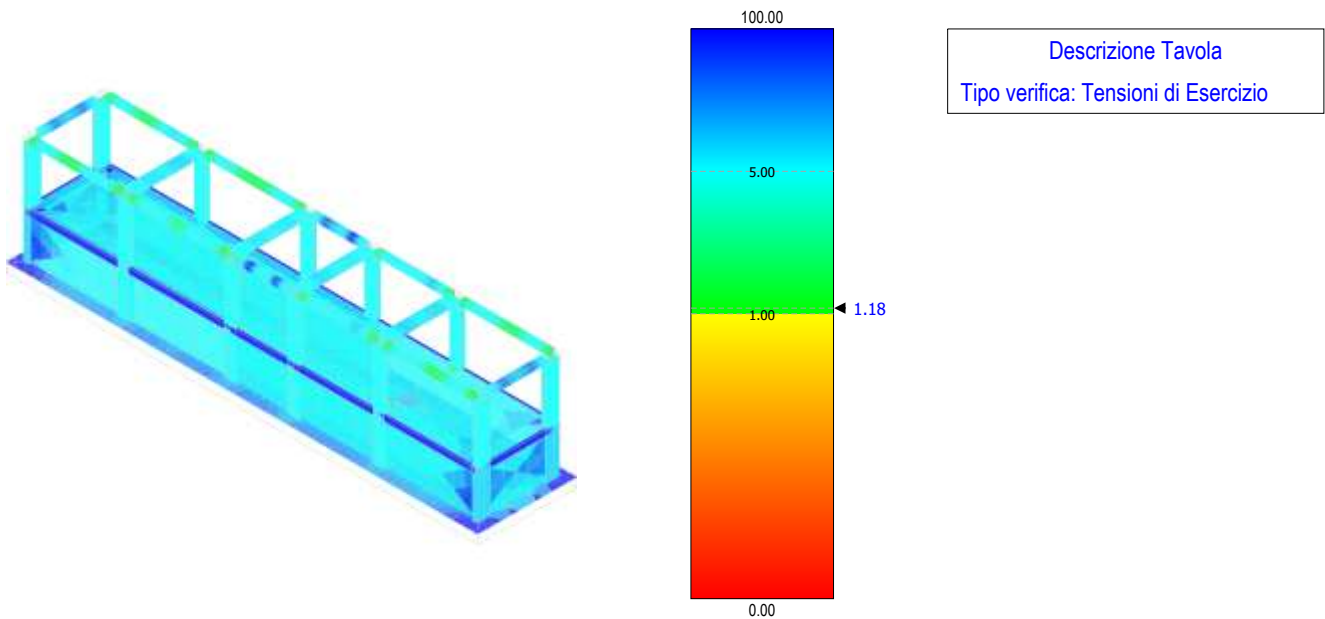


Figura 102 – tensioni di esercizio – edificio

### Coefficienti di Sicurezza

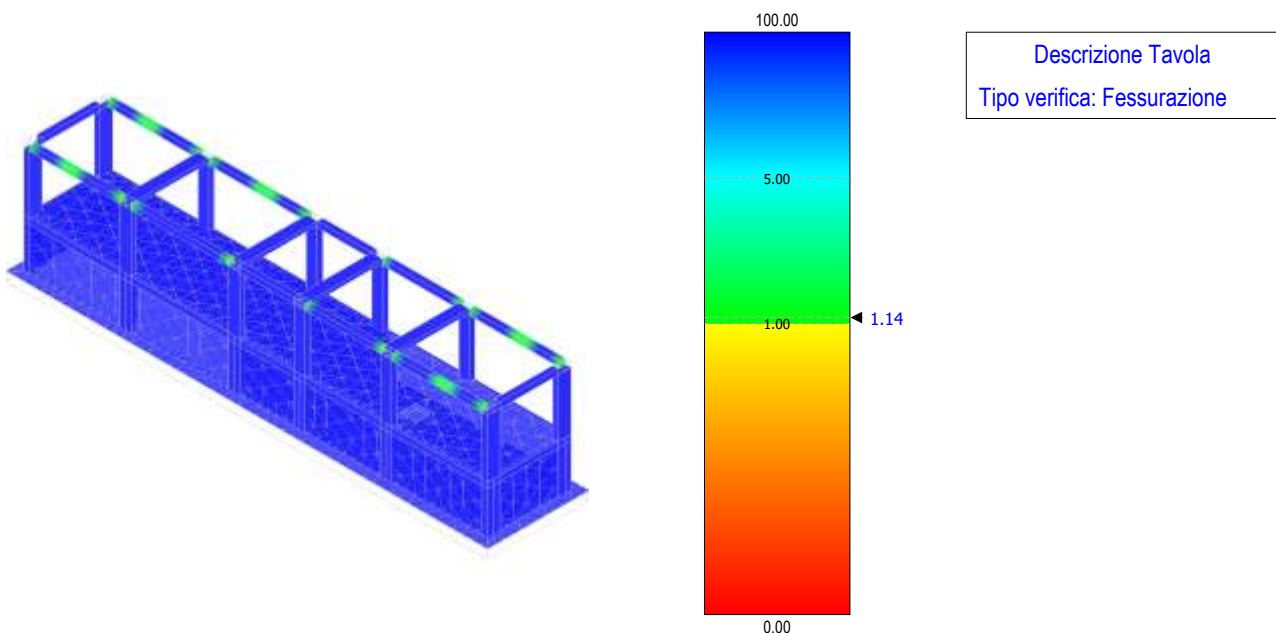



Figura 103 – verifica a fessurazione – edificio

## 11 CALCOLO DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Le verifiche geotecniche delle fondazioni, sono state sviluppate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	67 di 76

**Tabella 15 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni - Tabella 6.2.I del D.M. 2018**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 16 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno - Tabella 6.2.II del D.M. 2018**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

**Tabella 17 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali - Tabella 6.4.I del D.M. 2018**

Verifica	Coefficiente Parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

## 11.1 Carico limite fondazioni superficiali

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;


$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione;

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	68 di 76

$s, d, i, g, b, \psi, r$  = coefficienti correttivi.

Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B \quad e_B = \text{eccentricità parallela al lato di dimensione B;}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L \quad e_L = \text{eccentricità parallela al lato di dimensione L;}$$

con  $B' \leq L'$ .

## 12 VERIFICHE GEOTECNICHE

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito riportati i risultati sotto forma di grafici sintetici o tabelle.

Di seguito i risultati maggiormente significativi:

**Tabella 18 - carico limite A01-A02-A03-A07**

lc	N	Np	Qu	Qup	Qd	Nt	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8	57970,30	0,00	4274062,40	0,00	1858288,00	57970,30	32.056 (8)

Simbologia adottata

lc Indice combinazione

N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]

Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]

Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]

Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista

Qd Portanza di progetto  $((Pu+Pup)/\eta)$ , espressa in [kN]

Nt Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]

FS Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

**Tabella 19 - carico limite A04**

lc	N	Np	Qu	Qup	Qd	Nt	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8	57970,30	0,00	4178588,64	0,00	1816777,67	57970,30	31.340 (8)

Simbologia adottata

lc Indice combinazione

N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]

Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]

Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]

Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista

Qd Portanza di progetto  $((Pu+Pup)/\eta)$ , espressa in [kN]

Nt Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]

FS Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

**Tabella 20 - carico limite A05-A06**

lc	N	Np	Qu	Qup	Qd	Nt	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
8	57970,30	0,00	435100,81	0,00	189174,26	57970,30	3.263 (8)

Simbologia adottata

lc Indice combinazione

N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]

Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]

Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]

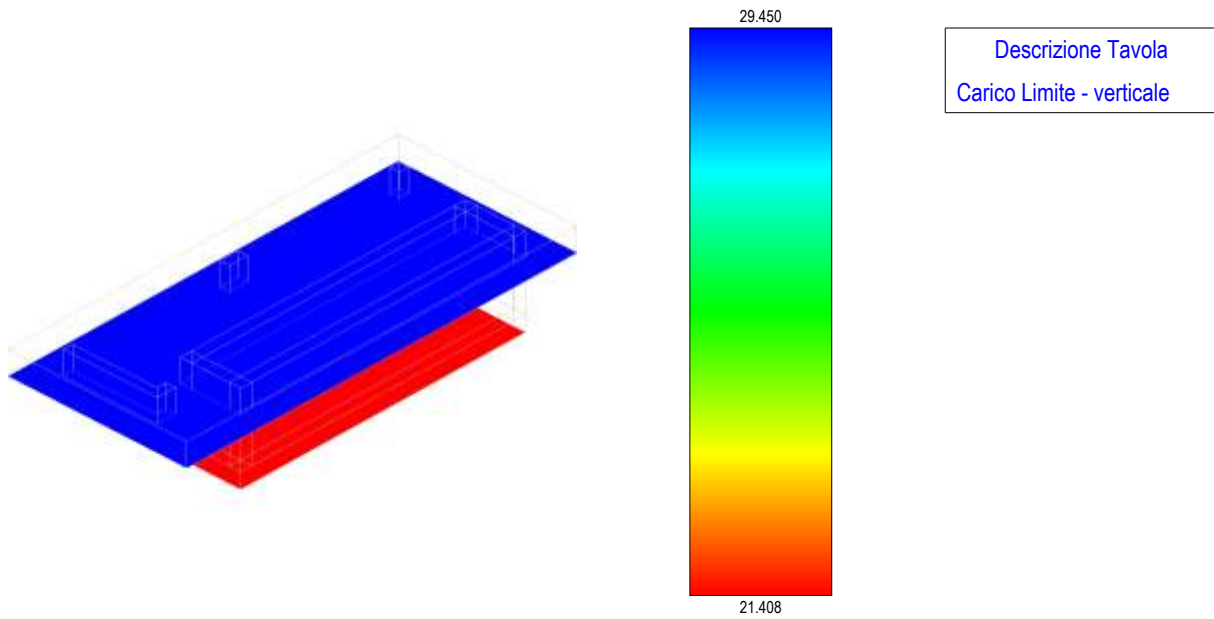
Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista

Qd Portanza di progetto  $((Pu+Pup)/\eta)$ , espressa in [kN]

Nt Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]

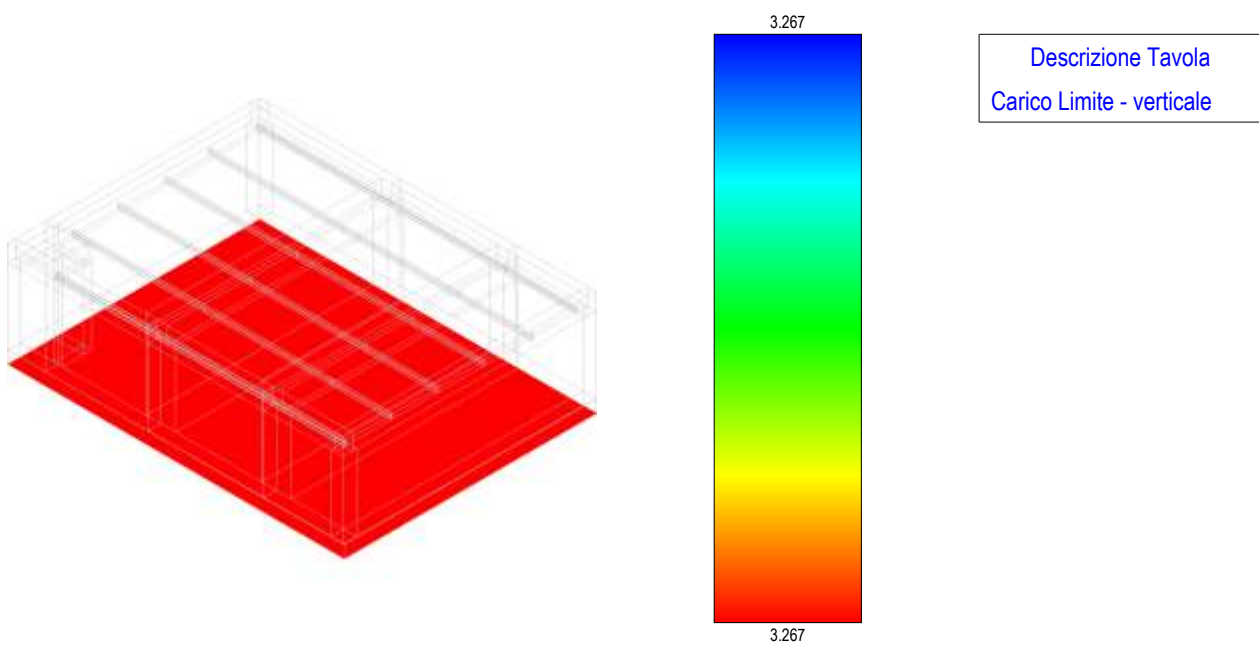
FS Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

### Geotecnica



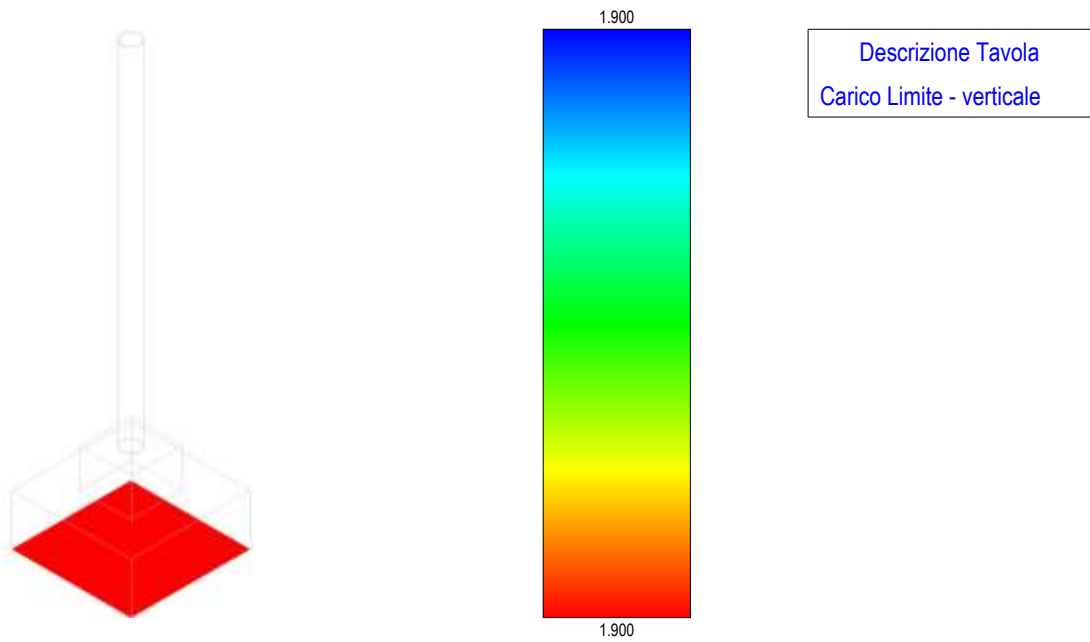
**Figura 104 - carico limite – fondazione cabina di raccolta**

### Geotecnica



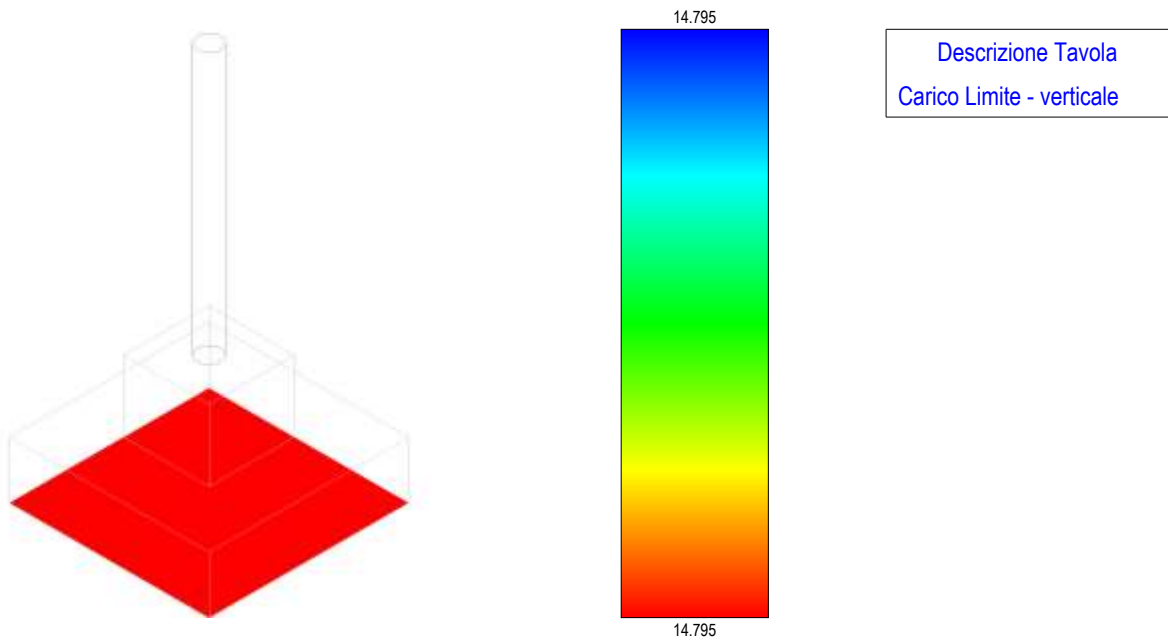
**Figura 105 - carico limite – fondazione trasformatore**

### Geotecnica



**Figura 106 - carico limite – fondazione scaricatore**

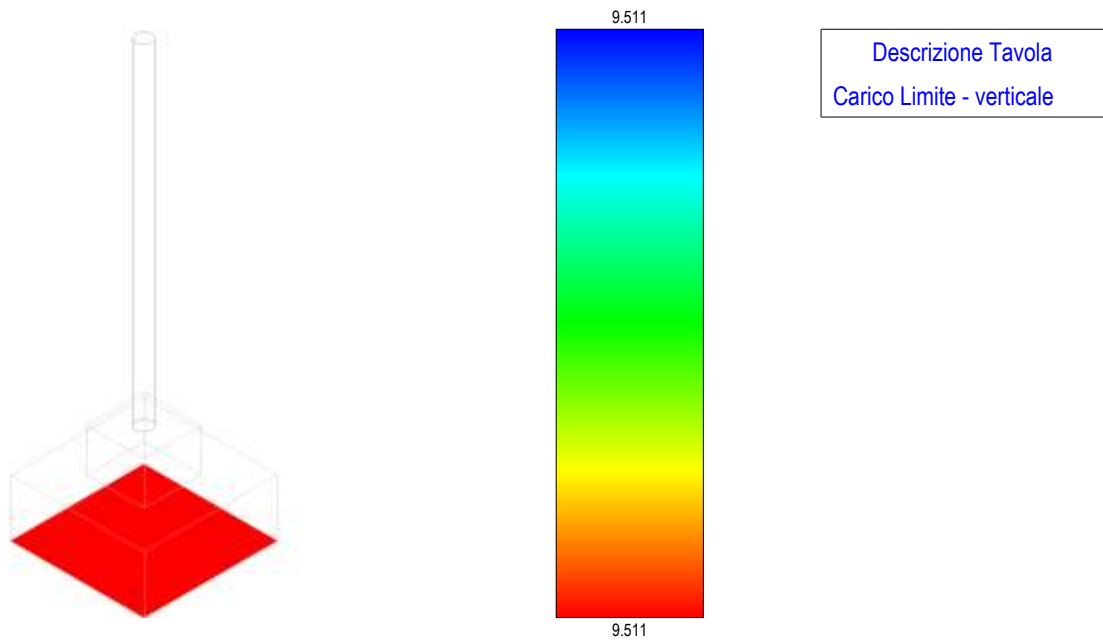
### Geotecnica



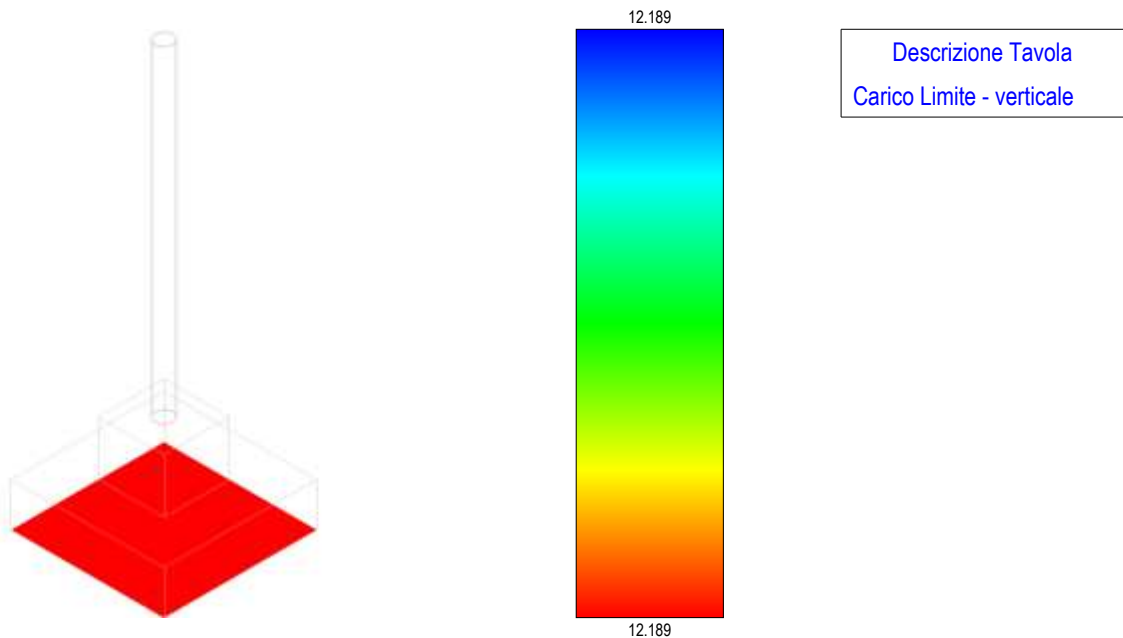
**Figura 107 - carico limite – fondazione TVC**



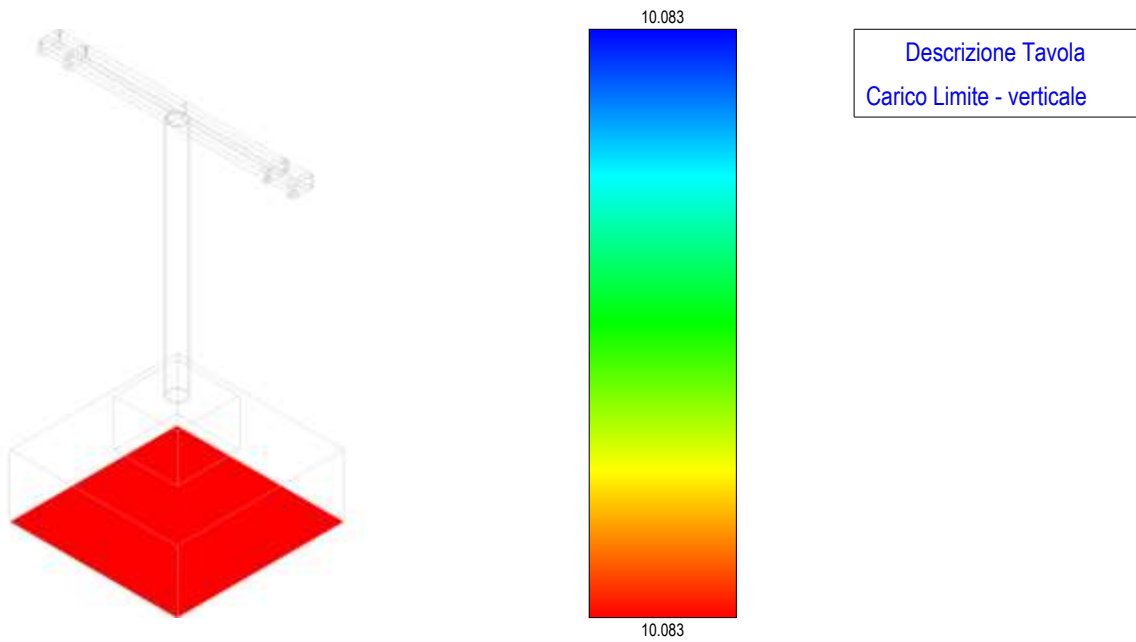
### Geotecnica


**Figura 108 - carico limite – fondazione TVI**

### Geotecnica

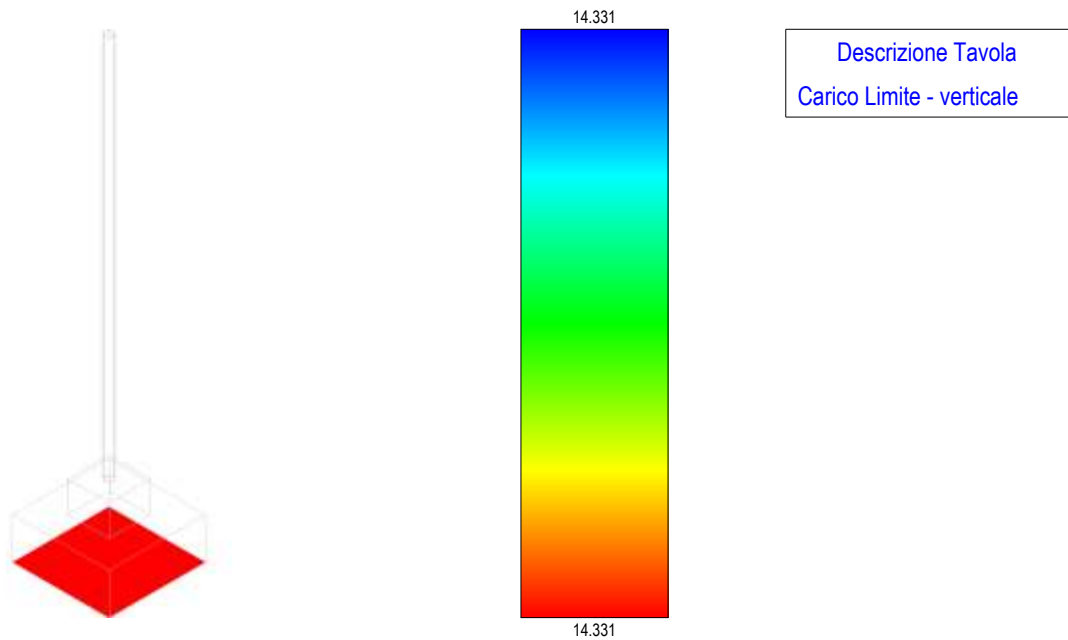

**Figura 109 - carico limite – fondazione TA**

## Geotecnica



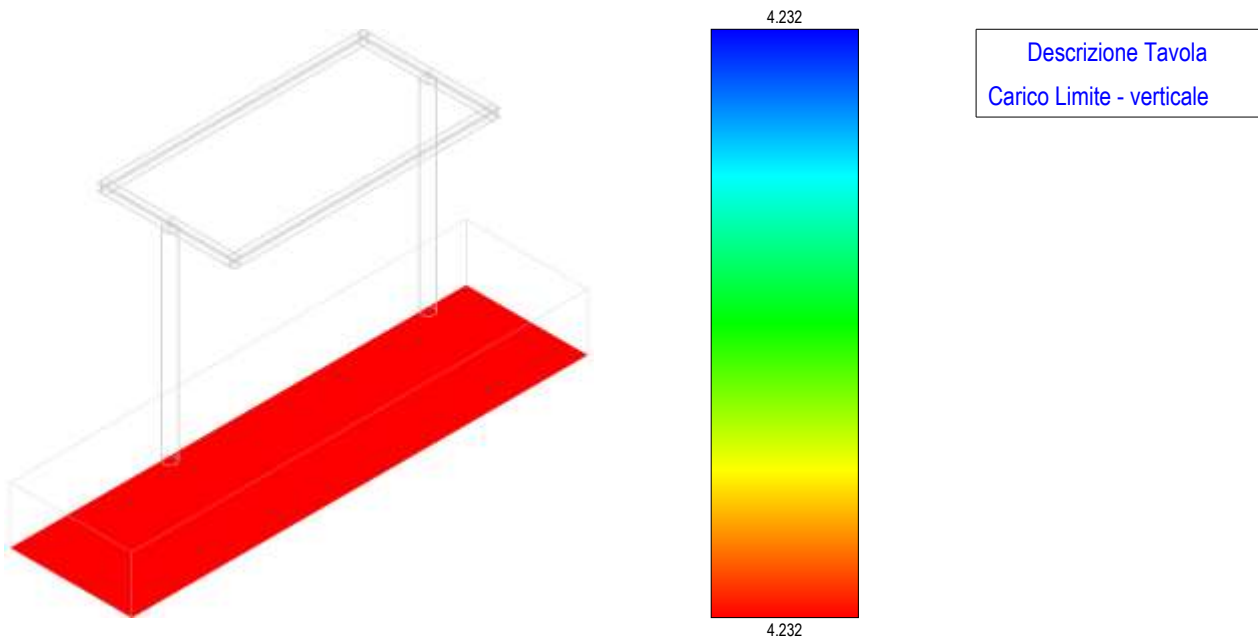
**Figura 110 - carico limite – fondazione terminale cavo AT**

## Geotecnica



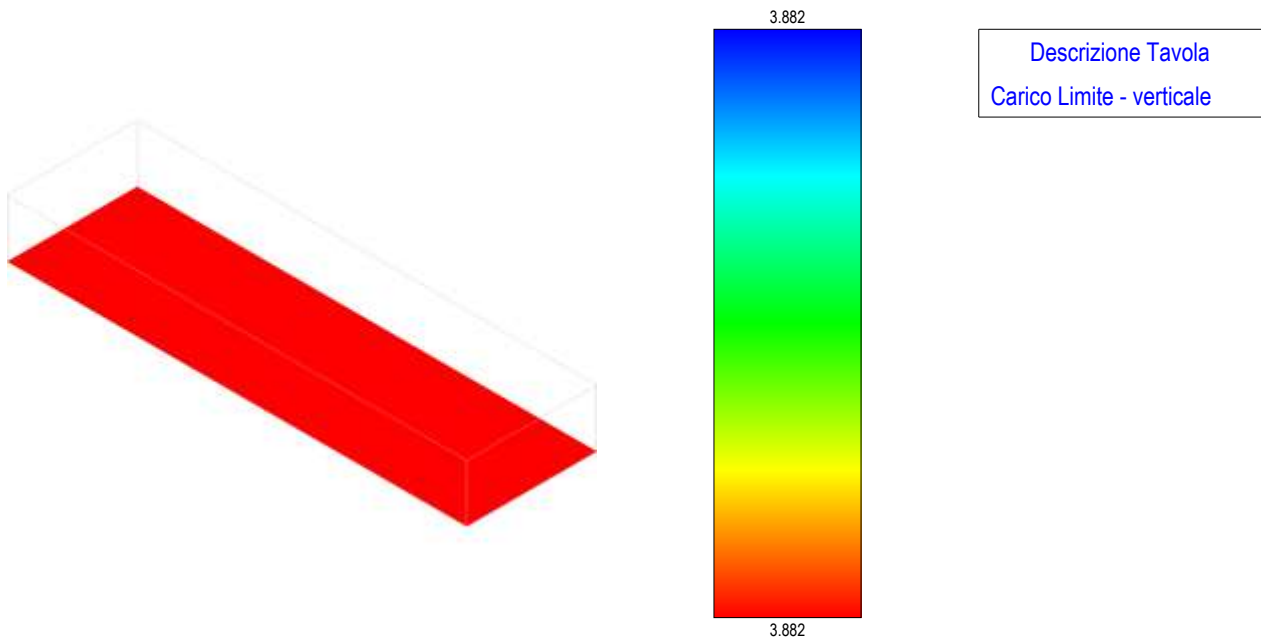
**Figura 111 - carico limite – fondazione M.A.T. neutro**

### Geotecnica




**Figura 112 - carico limite – fondazione sezionatore**

### Geotecnica



**Figura 113 - carico limite – fondazione interruttore**

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	GE.VGL01.PD.10.1
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	74 di 76

### Geotecnica

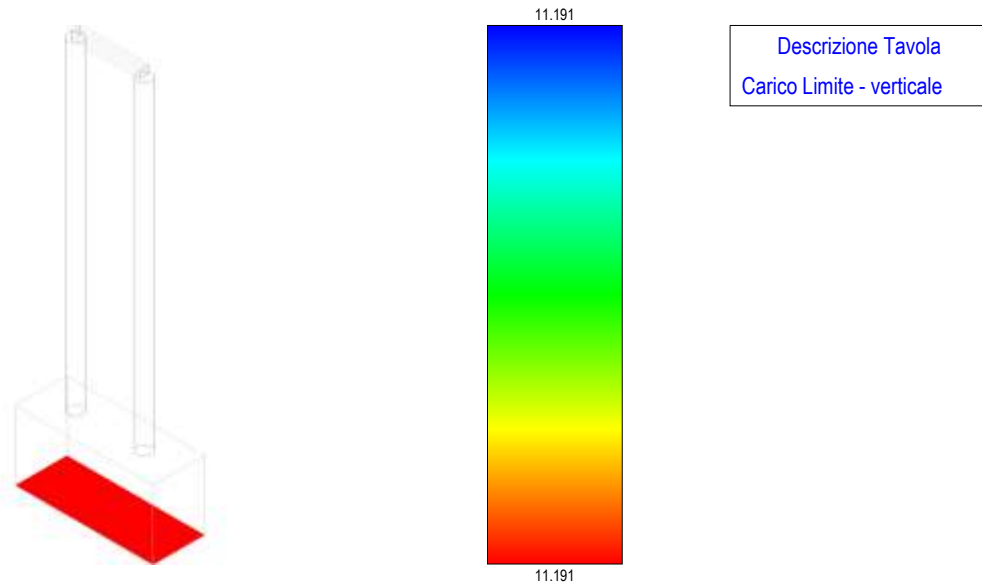


Figura 114 - carico limite – fondazione arrivo cavi MT

### Geotecnica

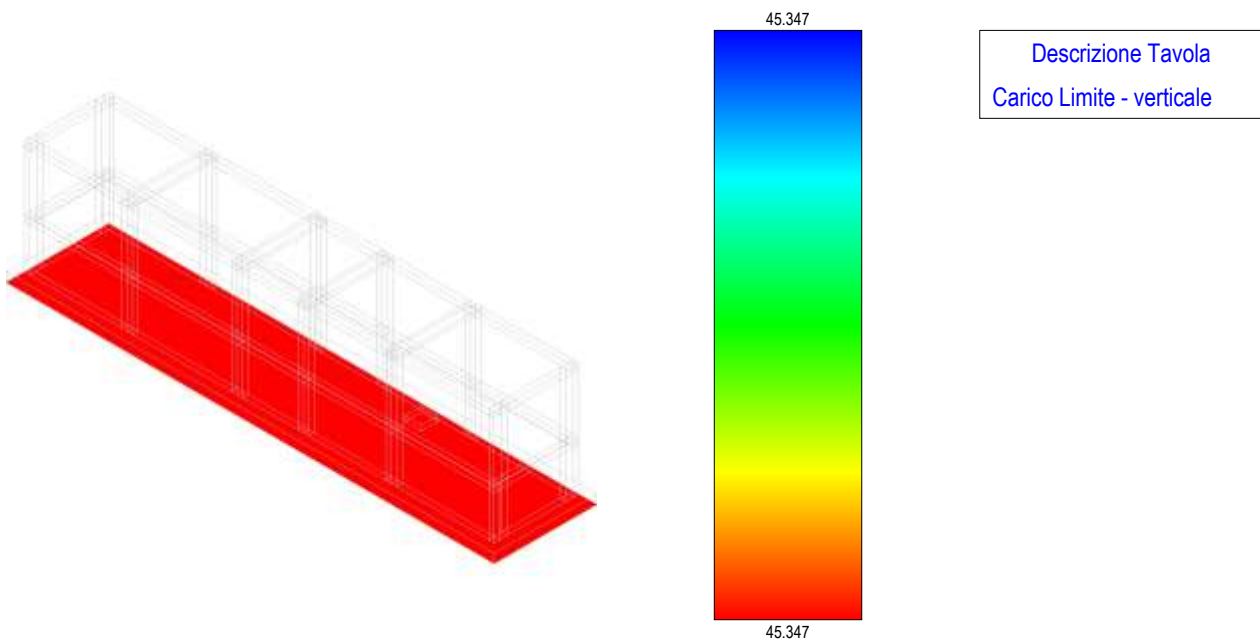



Figura 115 - carico limite – fondazione edificio

## 13 CONCLUSIONI

Le opere sopra descritte sono conformi ai requisiti prestazionali richiesti dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. del 17/01/2018. **Ulteriori indicazioni e aspetti saranno analizzati nella fase esecutiva**

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.10.1 10/05/2021 21/06/2021 00 75 di 76
---	---	---	--

**del progetto e comunque prima dell'inizio dei lavori in sede di acquisizione di autorizzazione in zona sismica ai sensi dell'articolo 94 del D.P.R.380/2001.**