



Regione Emilia Romagna  
Comune di Forlì  
Provincia di Forlì

IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CA' BELLETTI"

Progetto Definitivo

Progetto delle opere di rete per la connessione alla rete AT di e-distribuzione in regime di Cessione  
Totale per l'impianto di produzione da fonte di Solare per una potenza in immissione  
richiesta di 19.200,00 KW, sito in via SANSOVINI SNC, nel Comune di FORLÌ (FC)

COMMITTENTE

PRIMO BAGIONI

SVILUPPO PROGETTO



RICHIESTA DI BENESTARE  
DOCUMENTAZIONE DA ALLEGARE  
A ITER AUTORIZZATIVO

CODICE RINTRACCIABILITA': 418972551

0	18/02/2025	Emissione per Progettazione Definitiva	PLANET	GRASSO	VITALI
Revisione	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
Progettista Ing. Matteo Zanatta		Scala -		COMMESSA	
EMESSO PER		FILE	FOGLIO	DI	FORMATO
<input checked="" type="checkbox"/> APPROVAZIONE		CAP-04_01-RT - Rel. calcolo carp. metalliche	1 / 25		A4
<input type="checkbox"/> COSTRUZIONE		Documento No. CAP-04_01-RT			
<input type="checkbox"/> AS BUILT					
<input type="checkbox"/> INFORMAZIONE					
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE CARPENTERIE METALLICHE - TERMINALE CAVO					

## INDICE

1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	3
2	NORME .....	4
3	MATERIALI .....	5
4	NATURA DEL TERRENO .....	6
5	SPECIFICHE DEL PROGETTO.....	7
5.1	PRINCIPALI IPOTESI DI CALCOLO .....	7
5.2	PROGRAMMA DI CALCOLO .....	7
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO .....	8
5.4	CARICHI SISMICI .....	8
6	CARICHI.....	10
6.1	CARICHI PERMANENTI.....	10
7	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	11
7.1	METODO DI CALCOLO.....	11
8	INPUT DATA PER LA STRUTTURA DI SUPPORTO .....	14
8.1	DATI GENERICI.....	14
8.2	FORZE E CONDIZIONI DICARICO.....	15
9	VERIFICA DELLA STRUTTURA.....	17
10	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO DI BASE.....	20
11	DEFORMATA DELLA STRUTTURA.....	24
12	CONCLUSIONI.....	25

## 1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione è riferita alla struttura di supporto dei terminali da impiegare all'interno della Cabina Primaria di Capocolle in comune di Bertinoro (FC).

Sarà realizzata una fondazione portaterminali che sarà costituita da una vasca in c.a. di dimensioni in pianta 2,25x6,15m posta ad una profondità di 1,75m dal piano campagna. Le pareti hanno uno spessore di 25 cm. Sulle pareti della vasca saranno le 3 strutture portaterminali costituite da traliccetti realizzati con profili angolari bullonati tra loro.

La struttura è realizzata con profili angolari in acciaio: le quattro colonne sono costituite da profili L80x10 mentre i diagonali sono costituiti da profili L50x6. La struttura è alta 2,34m ed è ancorata al suolo con 4 piastre e 4 ancoraggi chimici.

Al di sopra delle due strutture sono posizionati i terminali.

Nella presente relazione viene eseguito il calcolo della sola struttura in acciaio del portaterminale nonostante il modello di calcolo realizzato comprenda anche la fondazione.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito con il metodo semi-probabilistico degli stati limite, come richiesto dalle NTC2018, e con la modellazione della struttura agli elementi finiti fatta con il programma di calcolo Mastersap Top.

Le unità di misura presenti nella relazione sono:	Forza:	daN, N
	Massa:	kg
	Lunghezza:	m, cm, mm

## **2 NORME**

Sono state prese in considerazione le seguenti norme:

1. Legge 5 Novembre 1971 n°1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica”.
2. CNR-UNI 10011 giugno 1997: “Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.
3. D. Min. Infrastrutture e Trasporti 17 Gennaio 2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
4. Circolare 02/02/2009 n.617: “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»”.
5. D.M. 11 marzo 1988:di cui alla legge N. 339 del 28.06.1986 “Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne”

### 3 MATERIALI

#### Acciaio tipo S235JR

S275JR: $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$	(tensione di snervamento)
$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$	(tensione di rottura)
$\gamma_c = 1,05$	(coeff. Parzial resist.)
$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$	

#### Bulloni

Classe 8.8	$f_t = 800 \text{ N/mm}^2$	(tensione di rottura)
$f_y = 649 \text{ N/mm}^2$		(tensione di snervamento)

#### **4 NATURA DEL TERRENO**

Per l'analisi del terreno di fondazione sono stati presi in considerazione i risultati delle indagini eseguite e riportati nel Rapporto di prova geotecnico elaborato dal Dott. Geol. Massimo Castellaro.

L'indagine geognostica ha permesso quindi di definire la stratigrafia e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Si rimanda all'elaborato relativo all'indagine geologica per i valori dei parametri,

Le indagini hanno potuto classificare il suolo anche dal punto di vista sismico. La categoria di appartenenza è risultata essere la "C": "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Le verifiche delle strutture saranno eseguite in base alle vigenti normative e tenendo presente tutte le indicazioni fornite nella Relazione geologica.

## 5 SPECIFICHE DEL PROGETTO

### 5.1 PRINCIPALI IPOTESI DI CALCOLO

Nel presente documento è stata analizzata la struttura di supporto (profili e bulloni) mentre i terminali non sono stati analizzati. Per la verifica di profili e bulloni sono state prese in considerazione le configurazioni di carico più gravose.

Il terminale è stato modellato come un cilindro pieno in porcellana per simularne il peso proprio. I carichi presi in considerazione sono i carichi permanenti, la forza di cantilever, la forza di deflagrazione e i carichi dovuti alle forze sismiche. Non è stata presa in considerazione la forza vento in quanto la struttura si trova all'interno di un fabbricato.

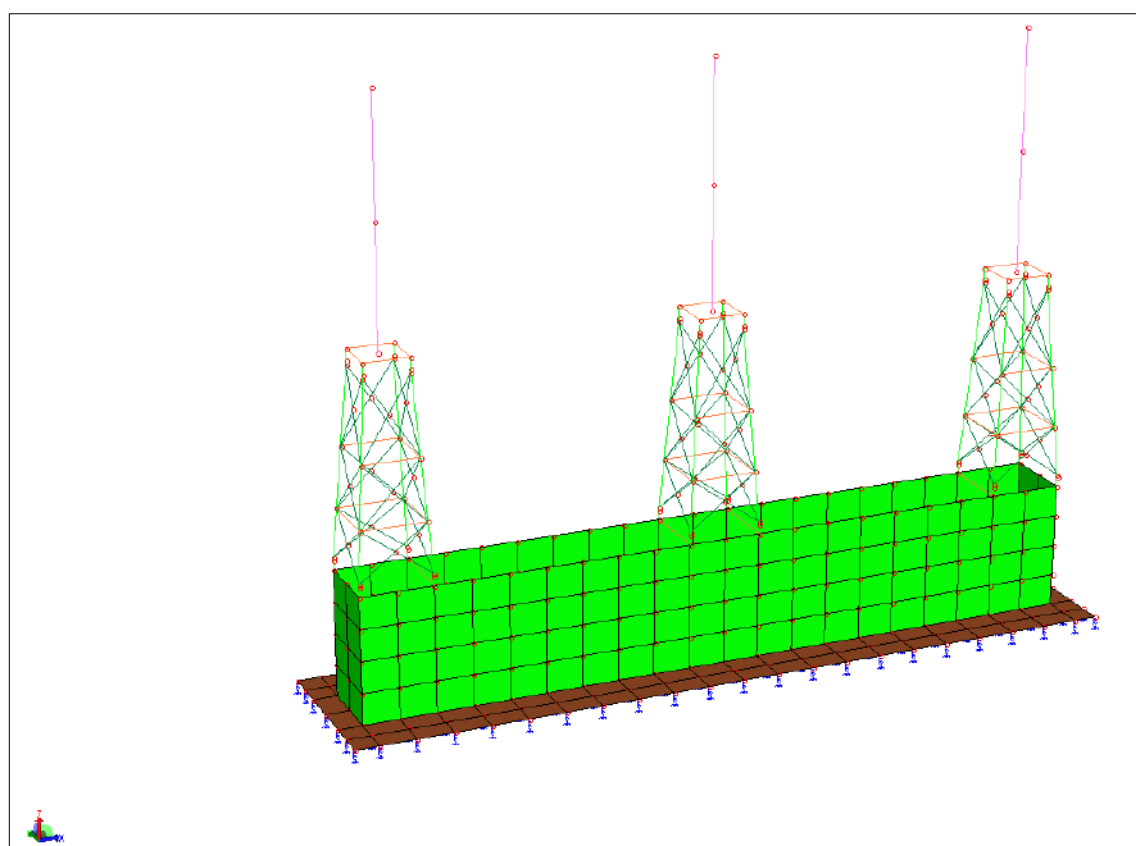
L'analisi è stata condotta secondo quanto previsto dalle NTC2018.

### 5.2 PROGRAMMA DI CALCOLO

Il calcolo è stato sviluppato utilizzando il programma di calcolo Mastersap Top, prodotto dall'azienda AMV ([www.amv.it](http://www.amv.it)). È un programma che usa il metodo degli elementi finiti. Nel programma, l'utente lavora in un ambiente grafico dove inserisce la geometria della struttura e i carichi, lancia l'analisi strutturale, visualizza i dati in uscita, esegue il controllo e il dimensionamento del calcestruzzo, muratura, acciaio, alluminio ed elementi in legno (usando differenti norme come EC2 EC3 EC5 EC6 EC8).

Il programma usa il solutore LIFE, sviluppato nel 2003.

Di seguito è riportata un'immagine del modello dove è possibile individuare gli assi di riferimento della struttura (Asse X=lato lungo della fondazione; Asse Y=lato corto della fondazione; Asse Z=verticale).



Schematico della struttura

5.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Per l’analisi delle strutture sono state prese in considerazione sette principali combinazioni di carico e per la verifica degli elementi è stata presa in considerazione la condizione peggiore.

Le combinazioni di carico prendono in considerazione i carichi permanenti, eccezionali la forza sismica.

Le combinazioni considerate sono:

- 1. Dinamica: carichi permanenti + sisma
- 2. Statica: carichi permanenti + forza di cantilever lungo Y sul 1° terminale
- 3. Eccezionale: carichi permanenti + deflagrazione sul 1° terminale
- 4. Statica: carichi permanenti + forza di cantilever lungo Y sul 2° terminale
- 5. Eccezionale: carichi permanenti + deflagrazione sul 2° terminale
- 6. Statica: carichi permanenti + forza di cantilever lungo Y sul 2° terminale
- 7. Eccezionale: carichi permanenti + deflagrazione sul 2° terminale

Il calcolo è stato sviluppato considerando sia l’analisi statica che l’analisi dinamica.

5.4 CARICHI SISMICI

Nel nuovo D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” i parametri per il calcolo dell’azione sismica sulle strutture non vengono dati in base alla zona, ma in base alle coordinate geografiche del sito. In base alla posizione dell’area nel reticolo geografico di riferimento, le norme restituiscono i valori di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T^*c$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Tali parametri dipendono anche dalla vita di riferimento VR della struttura e dalla probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Nel caso in esame, i valori dei parametri sono i seguenti:

Classe d’uso	IV
Vita nominale Vn	100 anni
Coefficiente d’uso Cu	2
Periodo di riferimento per l’azione sismica	200 anni

Vita nominale, classi d’uso e periodo di riferimento delle opere strutturali permanenti in progetto

	TR	$a_g/g$	$F_0$	$T^*c$	CC	Ss	$P_ga (a_g \cdot S)$ (m/s^2)
SLO	120	0.0470	2.4960	0.31	1.55	1.50	0.692
SLD	201	0.0560	2.5730	0.33	1.51	1.50	0.824
SLV	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLE	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLC	2475	0.1323	2.6430	0.42	1.39	1.49	1.934

Parametri di pericolosità sismica delle opere strutturali permanenti in progetto



Il D.M. 17 gennaio 2018 prevede inoltre che, ai fini del calcolo dell'azione sismica di progetto, i terreni in corrispondenza del piano di imposta delle fondazioni vengano classificati in una delle 7 categorie - A, B, C, D, E, S1, S2 - di sottosuolo di riferimento definite nelle Tabelle 3.2.II e 3.2.III del Paragrafo 3.2.2.

L'indagine sismica ha consentito di determinare una velocità media delle onde di taglio "s" nei primi 30 m di sottosuolo di 284 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di tipo C:

*"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*

Per ciò che concerne le condizioni topografiche dei luoghi interessati dagli interventi, che presentano una configurazione superficiale semplice, è possibile adottare la suddivisione, riportata in Tabella 3.2.IV dello stesso decreto, che prevede 4 distinte categorie topografiche - T1, T2, T3, T4; nel caso in esame il terreno rientra nella classe T1: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

## **6 CARICHI**

### **6.1 CARICHI PERMANENTI**

I carichi permanenti dovuti al peso proprio delle strutture sono calcolati automaticamente dal programma.

I carichi considerati sono i seguenti:

- forza di 400 daN di cantilever applicata al codolo del terminale lungo la direzione Y (la più penalizzante per la struttura di fondazione)
- forza di deflagrazione di 480 kN (rivolta verso l'alto)

Le forze di cantilever sono state considerate come carichi variabili e sono state applicate a ciascuno dei tre terminali non contemporaneamente. È stata scelta la direzione di applicazione Y perché è la più penalizzante per la struttura di fondazione. Per la struttura del traliccio, uguale su tutte e 4 le facce, è indifferente applicarla in direzione X o Y.

Il terminale è stato modellato come un cilindro in porcellana di diametro 34 cm, e alto 218 cm per simularne il peso proprio.

## 7 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

### 7.1 METODO DI CALCOLO

Il calcolo statico e sismico delle strutture di supporto dei terminali è stato condotto usando il programma di calcolo MASTERSAP TOP, basato sul conosciuto programma Sap.

Si riporta di seguito il certificato di affidabilità del programma rilasciato da AMV software Company al momento dell'acquisto.

Nelle pagine seguenti sono riportati gli schemi di calcolo, e i dati di input e output.

L'intera struttura è rappresentata come una struttura costituita da elementi monodimensionali e bidimensionali ad elementi finiti con nodi creati dal programma di calcolo.

Le connessioni degli elementi sono determinate da sei parametri che rappresentano la possibilità di spostamento e rotazione:  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ ,  $r_x$ ,  $r_y$ ,  $r_z$ . L'asse verticale è l'asse Z. Le forze verticali agiscono lungo l'asse Z mentre le forze orizzontali agiscono lungo gli assi X e Y.

I carichi permanenti della struttura sono calcolati automaticamente dal programma.

Le fasi del calcolo sono le seguenti:

- Creazione del modello: la realizzazione del modello ad elementi finiti e la definizione dei carichi sono state effettuate con il modulo "Modellazione e analisi" del programma Mastersap. La struttura di fondazione è stata modellata mediante l'impiego degli elementi strutturali "Gusci e piastre", avendo cura di selezionare l'opzione "Platea" per gli elementi costituenti la piastra, che consente di assegnare la costante di sottofondo al terreno, considerato come un letto di molle di rigidezza definita (costante di Winkler per terreni non coesivi). La costante di sottofondo assegnata è pari a 2 kg/cm<sup>3</sup>. Il programma di calcolo determina automaticamente il valore delle costanti elastiche di ogni molla, valutando l'area di influenza degli elementi guscio cui appartiene lo stesso nodo. La struttura in acciaio è stata realizzata con elementi monodimensionali "travi e pilastri". Ad ogni elemento sono stati assegnati i rispettivi materiali e sezioni di progetto. Il modello FEM ottenuto è costituito da n 466 nodi, n° 616 elementi "Piastra", n° 161 elementi "Vincolo" e 287 elementi "trave".
- Assegnazione dei carichi: i carichi sono stati applicati come carichi puntuali applicati ai nodi, e carichi di superficie dovuti alla pressione del terreno esercitata sulle pareti. I carichi ai nodi sono stati combinati secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Si rimanda ai capitoli "Carichi applicati" e "Combinazione di carico" per approfondimenti.
- Analisi ad elementi finiti: l'analisi statica è eseguita dal modulo "Modellazione e analisi" del programma Mastersap. In tale fase, il programma genera automaticamente i file di input e output.
- Verifica: per gli elementi "Gusci e piastre", il programma effettua la verifica delle sezioni in c.a. tramite l'ausilio dell'applicativo MasterArm, dedicato alla verifica degli elementi in

c.a. gli elementi in carpenteria metallica sono stati verificati tramite l'applicativo Masterver.

Per il calcolo delle sollecitazioni della fondazione si sono adottate le ipotesi di materiali linearmente elastici.

Per le verifiche sono state assunte le sollecitazioni massime dell'intero modello e sono state eseguite le verifiche degli elementi maggiormente sollecitati.

Nelle pagine seguenti sono riportati gli schemi di calcolo, e alcuni dati di input e output.



**AMV S.r.l.**  
Via San Lorenzo, 106  
34077 Ronchi dei Legionari  
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.  
Fax +39 0481.777.125  
E-mail: [info@amv.it](mailto:info@amv.it)  
[www.amv.it](http://www.amv.it)

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.  
P.Iva: IT00382470318  
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO  
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV  
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it).

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodia-gnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. Luciano Migliorini

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luciano Migliorini', is placed below the typed name.

8 INPUT DATA PER LA STRUTTURA DI SUPPORTO

8.1 DATI GENERICI

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Portaterminali
Intestazione del lavoro	Porta terminali - modello traliccio
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	100 anni
Classe d'uso costruzione	IV
Vita di riferimento	200 anni
Localita'	Bertinoro – SP 61
Longitudine (WGS84)	12°10'12.06"E
Latitudine (WGS84)	44°11'16.20"N
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	0%
Numero di frequenze	20
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	120	0.0470	2.4960	0.31	1.55	1.50	0.692
SLD	201	0.0560	2.5730	0.33	1.51	1.50	0.824
SLV	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLE	1898	0.1211	2.6480	0.41	1.41	1.50	1.782
SLC	2475	0.1323	2.6430	0.42	1.39	1.49	1.934

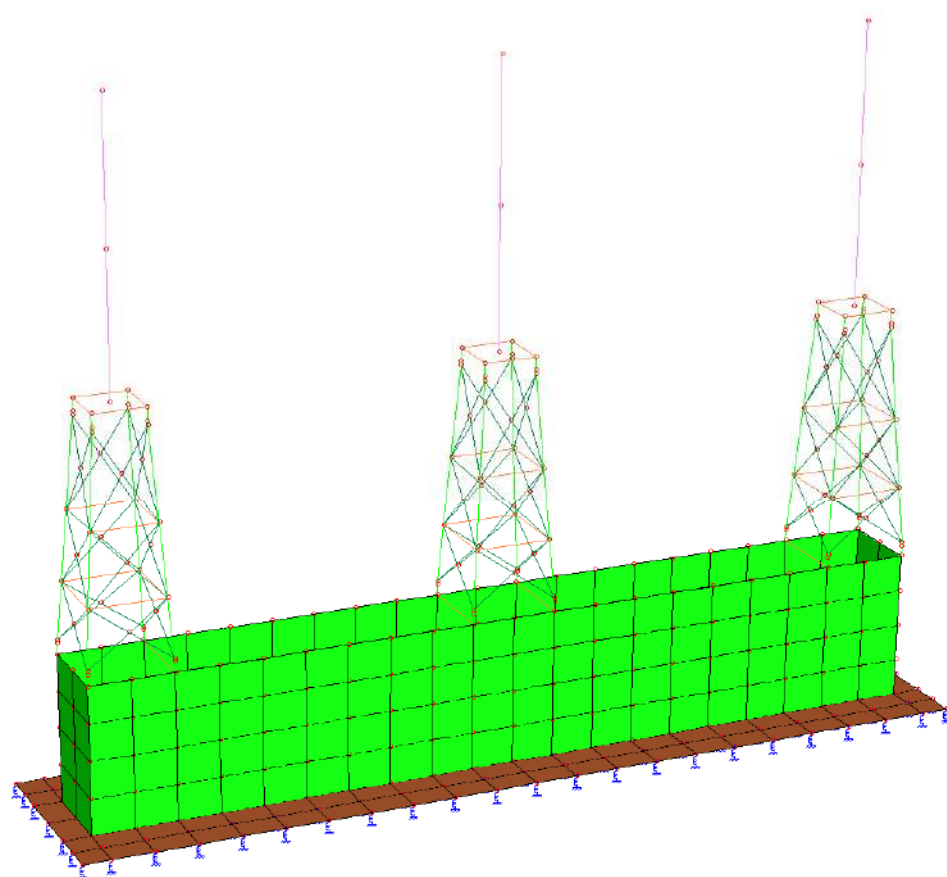
STATO LIMITE ULTIMO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=1
--	-------

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Presente
Fattore di comportamento qv per sisma verticale per SLV	1.5
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3





**Modello della struttura**

## 8.2 FORZE E CONDIZIONI DICARICO

### CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

#### Carico di superficie nella direzione locale z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Pressione terreno	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	0.119000	1.0000	0.3300

#### Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Terreno	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.200000	1.0000	1.0000

### CONDIZIONI DI CARICO AI NODI

Num.cond.carico	Descrizione							
1	Cantilever Term1	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		510		+4.00e+02				
2	Deflagrazione term 1	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		510			+4.80e+04			
3	Cantilever Term2	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		549		+4.00e+02				
4	Deflagrazione Term 2	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		549			+4.80e+04			
5	Cantilever Term3	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		462		+4.00e+02				
6	Deflagrazione Term 3	Nodo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		462			+4.80e+04			

COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
2	Cantilever Term1	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
7	Deflagrazione Term 1	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
8	Cantilever Term 2	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
9	Deflagrazione Term 2	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
10	Cantilever Term 3	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
11	Deflagrazione Term 3	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000



## 9 VERIFICA DELLA STRUTTURA

Questo paragrafo mostra le verifiche strutturali sugli elementi delle strutture.

I profili sono in acciaio S275.

La verifica degli elementi è stata fatta con l'applicativo MasterVer del programma di calcolo MASTERSP, prodotto da AMV srl. Si deve verificare che l'indice di resistenza IR sia inferiore al valore limite, pari a 1.

Le stampe contengono le seguenti informazioni:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  (daN),  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  (daN\*cm).
- Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:
- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- $M_x$  (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- $M_y$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;
- $M_z$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

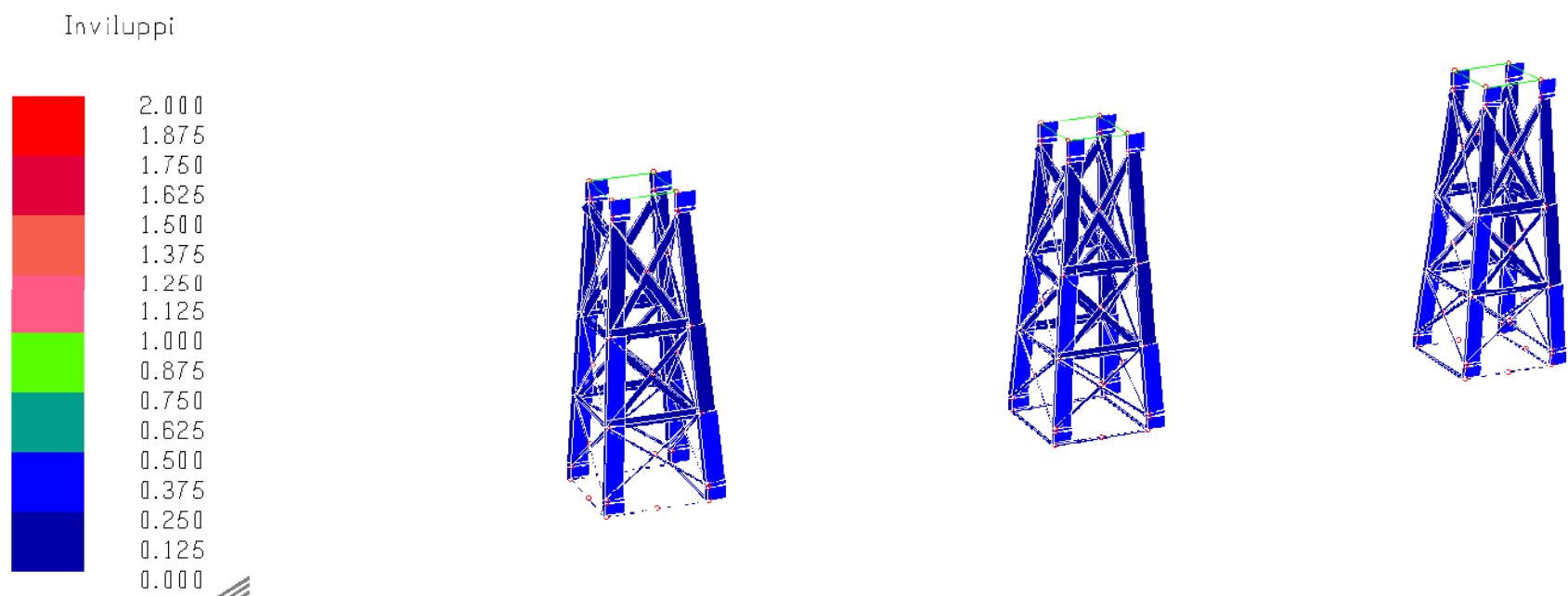
Vengono poi riportate:

- classe: rappresenta la classe della sezione; qualora i singoli componenti della sezione (ad esempio ala e anima) abbiano classi diverse viene presa quella più alta; non viene riportata in caso di trazione o taglio puro.
- 

Il potenziale svergolamento viene indagato solo per sezioni a I. Viene riportato il valore di  $\chi_{LT}$ , che determina il momento resistente di progetto. La stabilità euleriana comporta la determinazione di tre coefficienti  $\chi_{min}$ ,  $\chi_y$ ,  $\chi_z$ . Il tabulato propone:

- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale  $F_x$  (compressione più elevata trovata);
- momento flettente  $M_y$  più elevato riscontrato in tutte le ascisse;
- momento flettente  $M_z$  più elevato riscontrato in tutte le ascisse;
- classe: rappresenta la classe della sezione;
- minimo: rappresenta il minimo fra i coefficienti di riduzione del modo di instabilità intorno agli assi coinvolti nella verifica.

Per semplicità non sono stati riportati i tabulati di calcolo forniti dal programma, ma si riporta un'immagine che mostra attraverso una mappa grafica, i risultati della verifica.



### Verifica degli elementi in acciaio

L'immagine mostra come nessun elemento supera il valore di resistenza pari a 1 (mappa in rosso), il che significa che tutti gli elementi sono verificati.

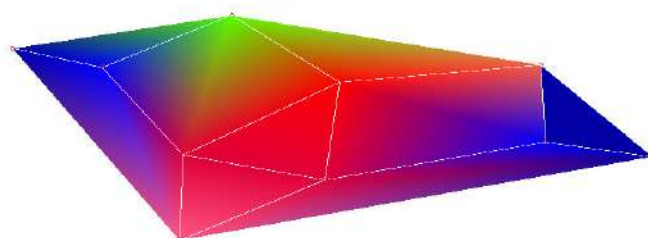
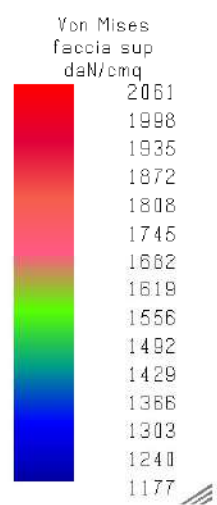
È stato poi verificato il bullone M16 che collega i profili L50x6 ai montanti L80x10 sollecitati con una forza assiale (NeD).

$F_{v,Ed}$ (N)	Profilo	$\varnothing$ (mm)	n.b.	Classe	n°	$\alpha$	k	A (mm <sup>2</sup> )	$F_{v,Rd}$ (N)	$F_{b,Rd}$ (N)	$F_{v,Ed}/F_{v,Rd}$	$F_{v,Ed}/F_{b,Rd}$
19810	L50x6	16	T.S.	8.8	1	0,48	2,30	201	77208	36169	0,26	0,55

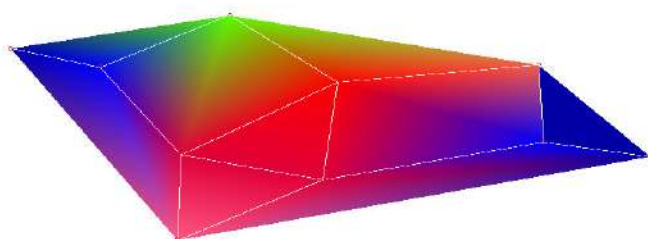
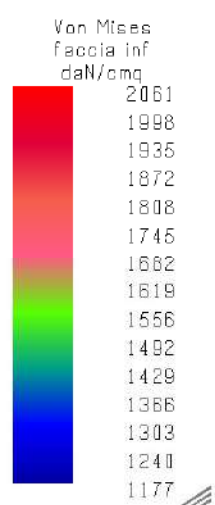
Il bullone è verificato.

È stato fatto anche il modello delle 4 piastre in acciaio sulle quali è fissato il terminale. Il terminale è fissato a ciascuna piastra mediante un bullone di diametro 30 mm. La Piastra è fissata poi ai traversi superiori del traliccio mediante 4 bulloni M16. di seguito si riporta il modello della piastra alla quale in corrispondenza del bullone M30 è stato applicato un carico di  $480/4 \text{ kN} = 120 \text{ kN}$  rivolto verso l'alto. La piastra in acciaio ha uno spessore di 30 mm.

Le tensioni risultano inferiori al valore  $2750/1,05 = 2619 \text{ daN/cm}^2$



**Tensioni sull'acciaio – faccia superiore**



**Tensioni sull'acciaio – faccia inferiore**


10 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO DI BASE

Ciascun montante del traliccio è fissato ad una piastra in acciaio di spessore 15 mm che ancorata tramite 1 ancoraggio chimico M30 di tipo Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30.

È stata quindi fatta la verifica sui 4 ancoraggi delle piastre di collegamento alla fondazione. Tali ancoraggi sono costituiti da 4 tasselli chimici HILTI di tipo HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30.

Di seguito si riporta la verifica eseguita mediante il software Profis Anchor prodotto dalla ditta HILTI. È stata considerata la condizione di carico più sfavorevole per gli ancoraggi e cioè quella con la deflagrazione. Nel calcolo è stato applicato un carico di 37 kN in quanto il software hilti, considerando le eccentricità di applicazione, riporta sul tirante un carico di circa 120 kN, pari al carico effettivamente agente alla base del montante nell'ipotesi di deflagrazione.

Dalla verifica emerge che il tassello di tipo HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30 risulta verificato con una lunghezza di infissione minima di 550mm su una base di cls avente classe di resistenza minima pari a C35/45.



Profis Anchor 2.9.0

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

1

23/09/2020

Commenti del progettista:

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:

Return period (service life in years):

Profondità di posa effettiva:

Materiale:

Certificazione No.:

Emesso / Valido:

Prova:

Fissaggio distanziato:

Piastra d'ancoraggio:

Profilo:

Materiale base:

Installazione:

Armatura:

HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30

50

$h_{w,act} = 550\text{ mm}$  ( $h_{w,inst} = -\text{ mm}$ )

8.8

ETA 11/0483

30/08/2019 | -

metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029)

$e_b = 0\text{ mm}$  (Senza distanziamento);  $t = 25\text{ mm}$


$l_a \times l_p \times t = 230\text{ mm} \times 230\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo a L, L 80 x 10; (L x W x T) = 80 mm x 80 mm x 10 mm

non fessurato calcestruzzo, C35/45,  $f_{c,cube} = 45,00\text{ N/mm}^2$ ;  $h = 1.350\text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

nessuna armatura o interasse tra le armature  $\geq 150\text{ mm}$  (qualunque  $\varnothing$ ) o  $\geq 100\text{ mm}$  ( $\varnothing \leq 10\text{ mm}$ )  
con armatura di bordo longitudinale  $d \geq 12$



<sup>®</sup> - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 2  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/09/2020

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

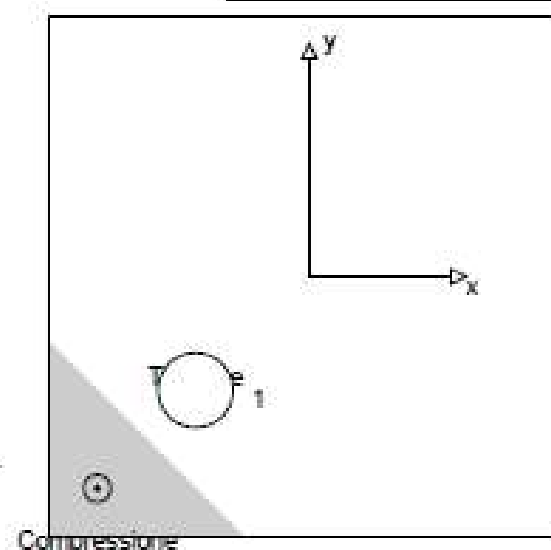
Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	121,528	0,000	0,000	0,000

Compressione max. nel calcestruzzo: 2,20 [‰]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 68,03 [N/mm²]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(-50/-50): 121,528 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(-93/-93): 83,528 [kN]

Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_n$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	121,528	299,200	41	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	121,528	208,548	59	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	121,528	143,973	85	OK
Fessurazione**	121,528	246,983	50	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,n}$ [kN]	$\gamma_{M,n}$	$N_{Ed,n}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
448,800	1,500	299,200	121,528

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{s,N}$ [mm²]	$A_{s,N}^0$ [mm²]	$\tau_{Rk,act,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]
347,815	864,000	18,00	930	465	125
$\psi_c$	$\tau_{Rk,act}$ [N/mm²]	$k$	$\psi_{s,Np}^0$	$\psi_{s,Np}$	
1,067	19,20	3,200	1,000	1,000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1,000	0	1,000	0,781	1,000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Ed,p}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	
995,374	312,822	1,500	208,548	121,528	

Group anchor ID  
1

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm²]	$A_{c,N}^0$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
902,500	2,722,500	825	1,650		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	0,745	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Ed,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	
10,100	873,920	1,500	143,973	121,528	

Group anchor ID  
1



www.hilti.it

Profis Anchor 2.9.0

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina:  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data:

3  
  
23/09/2020

### 3.4 Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\Psi_{t,sp}$		
455,625	1.210.000	550	1.100	1,466		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{rs,N}$	$k_f$
0	1,000	0	1,000	0,768	1,000	10,100
$N_{crk,d}^0$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{rd,sp}$ [kN]	$N_{sd}$ [kN]			
873,920	1,500	246,983	121,528			
Group anchor ID						
1						

Impresa:  
Progettista:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
E-mail:

Pagina: 4  
Progetto:  
Contratto N°:  
Data: 23/09/2020

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

#### 5 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$N_{sk}$	=	90,020 [kN]	$\delta_N$	=	0,139 [mm]
$V_{sk}$	=	0,000 [kN]	$\delta_V$	=	0,000 [mm]
			$\delta_{NV}$	=	0,139 [mm]

Carichi a lungo termine:

$N_{sk}$	=	90,020 [kN]	$\delta_N$	=	0,278 [mm]
$V_{sk}$	=	0,000 [kN]	$\delta_V$	=	0,000 [mm]
			$\delta_{NV}$	=	0,278 [mm]

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo! Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

#### 6 Attenzione

- Fenomeni di ridistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- La pulizia del foro deve essere effettuata in conformità alle istruzioni di posa (soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar), spazzolare due volte, soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar)).
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Contattare Hilti per verificare la fornitura delle barre HIT-V.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)
- The characteristic bond resistances depend on the return period (service life in years): 50

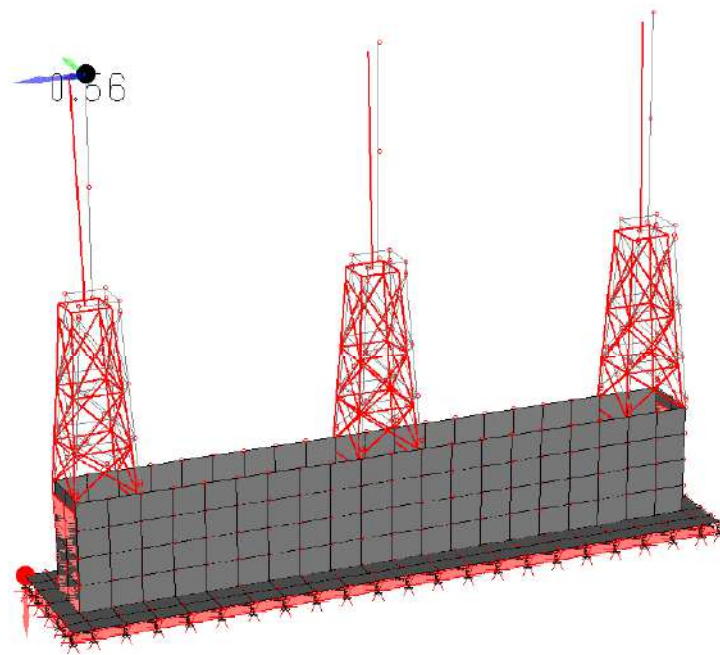
**L'ancoraggio risulta verificato!**

## 11 DEFORMATA DELLA STRUTTURA

È stata inoltre valutata la deformata della struttura in acciaio di supporto.

Nella combinazione di carico elastica (SLE) è stato registrato uno spostamento verticale massimo pari a 0,56 cm.

La seguente immagine mostra la deformata della struttura con indicato il massimo spostamento.



Deformata della struttura

Tale spostamento è compatibile con la struttura e con il suo funzionamento.



## **12 CONCLUSIONI**

È stata condotta la verifica strutturale del sostegno portaterminale oggetto di installazione nella CP Capocolle in comune di Bertinoro (FC).

L'analisi si concentra sui principali elementi strutturali che compongono le strutture.

Dalle verifiche condotte, emerge che, i profili e i collegamenti delle strutture sono verificati per i carichi permanenti, le forze del vento e l'azione sismica, in accordo con le norme NTC2018.