

VATT ENERGY s.r.l.

via Giovanni Boccaccio,7 - 20123



Regione Siciliana

Realizzazione di parco Fotovoltaico della potenza complessiva di 79,61 MW, relativi cavidotto e sottostazione da realizzarsi nel territorio del comune di Catania, c/da Sigona



Elaborato : Relazione preliminare di calcolo strutture fotovoltaiche

Progettazione :

(dott. Ing. Giuseppe De Luca)



Ambiente : (dott. Agr. Daniele Monti)



Geologia: (Dr. Geol. Cosimo Pampalone)



Elab.n° R_{ST}

FORMATO	A4
SCALA:	-----
NOTE:	
DATA:	
NOTE:	
DATA EMISSIONE :	MARZO 2021

Sommario

DESCRIZIONE OPERA.....	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO.....	5
ANALISI DEI CARICHI.....	7
AZIONI SULLA STRUTTURA.....	7
Carichi permanenti non strutturali	7
Azione del vento	8
Azione sismica	9
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	12
MODELLO DI CALCOLO.....	13
VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI TRACKER A 26 MODULI.....	14
VERIFICHE GEOTECNICHE.....	24
CONCLUSIONI.....	25

DESCRIZIONE OPERA.

La presente relazione illustra le strutture che andranno a sostenere i pannelli fotovoltaici previsti per il progetto di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 79,61 MWp in DC da installare nel territorio del comune di Catania (CT).

Le strutture di supporto sono in acciaio zincato ancorata al terreno, nel dettaglio è previsto l'utilizzo di colonne in acciaio con profilo omega alle quali sono incernierate degli arcarecci di sezione scatolare e su quest'ultimi, si vincolano le aste di sezione omega che servono da sostegni ai pannelli fotovoltaici.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- **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 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

- **Eurocodice 3** - *“Progettazione delle strutture in acciaio”* - EN 1993-1-1.

MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

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:

Acciaio per carpenteria metallica

Le carpenterie metalliche come profili e piatti saranno del tipo:

		S 275 JR
Tensione caratteristica di rottura a trazione (per spessori $\leq 3\text{mm}$)	f_t [N/mm ²]	430,0
Tensione caratteristica di snervamento (per spessori $\leq 16\text{mm}$)	f_y [N/mm ²]	275,0

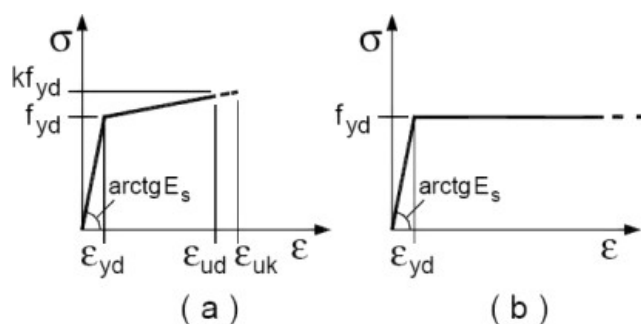


Figura 1 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione acciaio

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.

AZIONI SULLA STRUTTURA

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

- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- Azione del vento;
- 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 §6 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.

Carichi permanenti non strutturali

Peso proprio dei pannelli fotovoltaici, ognuno dei quali avente peso di **250 N**.

Azione del vento

Zona	$V_{b,0}$ (m/s)	a_0 (m)	K_s
4	28	500	0.36

Categoria di esposizione	K_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
2	0.19	0.05	4

Altitudine: $a_s = 72$ m s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 10 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto: $h = 2.60$ m

Periodo di ritorno: $T_R = 50.0$ anni \Rightarrow
 $c_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$

Velocità di riferimento del vento: $V_b = c_a \cdot V_{b,0}$ con:
 $c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + K_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$ per $a_s > a_0$

$$V_b = 28.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = c_R V_b = 28.021 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico: $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma: $C_p = 1.20$

Coefficiente di attrito: $C_f = 0.02$

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione: $C_e(z) = K_r^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
 $C_e(z) = C_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

$$C_e(z) = 1.80$$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 1060.27 \text{ Pa}$$

dove:

$$q_b = 1/2 r v_b^2 \quad \text{e' la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$r = 1,25 \text{ kg/m}^3 \quad \text{e' la densita' dell'aria}$$

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$$p_t = q_b C_e C_f = 17.67 \text{ Pa}$$

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".

Tabella 9 - Coordinate sito

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
37.2838	14.9961	72

L'opera in oggetto è stata progettata per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **2**.

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

Spettro: **SpettroNT_2018**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Spettro: SpettroNT_2018

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000
Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0
Parametri del sito	
Comune	Unnamed Road, 96016 Lentini SR, Italia
Longitudine	14.9961
Latitudine	37.2838
Id reticolo del sito	48753-48975-48976-48754
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLD (TR=50.0)	0.0688
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLD (TR=50.0)	2.4905
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T [*] C [s] - SLD (TR=50.0)	0.268
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLV (TR=475.0)	0.2663
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLV (TR=475.0)	2.2700
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T [*] C [s] - SLV (TR=475.0)	0.420
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.000
Categoria terreno	B
Stato limite SLV	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.16
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.18
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.55
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	2.67
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.13
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.38
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.88
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura non regolare	0.800000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	3.000
Au/A1 - Telaio + piani + campate	1.300
Fattore di comportamento q = Kw*Kr*q0=Kw*Kr*Ce*Au/A1	3.120
Fattore di comportamento (SLD)	
q	1.500

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.30845	0.00000	0.08262
0.18318	0.22442	0.12770	0.13717
0.54953	0.22442	0.38310	0.13717
0.74187	0.16624	0.56964	0.09225
0.93422	0.13201	0.75618	0.06950
1.12656	0.10947	0.94271	0.05574
1.31891	0.09351	1.12925	0.04654
1.51125	0.08161	1.31578	0.03994
1.70359	0.07239	1.50232	0.03498
1.89594	0.06505	1.68885	0.03112
2.08828	0.05906	1.87539	0.02802
2.28062	0.05408	2.11146	0.02211
2.47297	0.05327	2.34752	0.01788
2.66531	0.05327	2.58359	0.01476
2.88776	0.05327	2.81966	0.01377
3.11021	0.05327	3.05573	0.01377
3.33266	0.05327	3.29180	0.01377
3.55510	0.05327	3.52786	0.01377
3.77755	0.05327	3.76393	0.01377
4.00000	0.05327	4.00000	0.01377

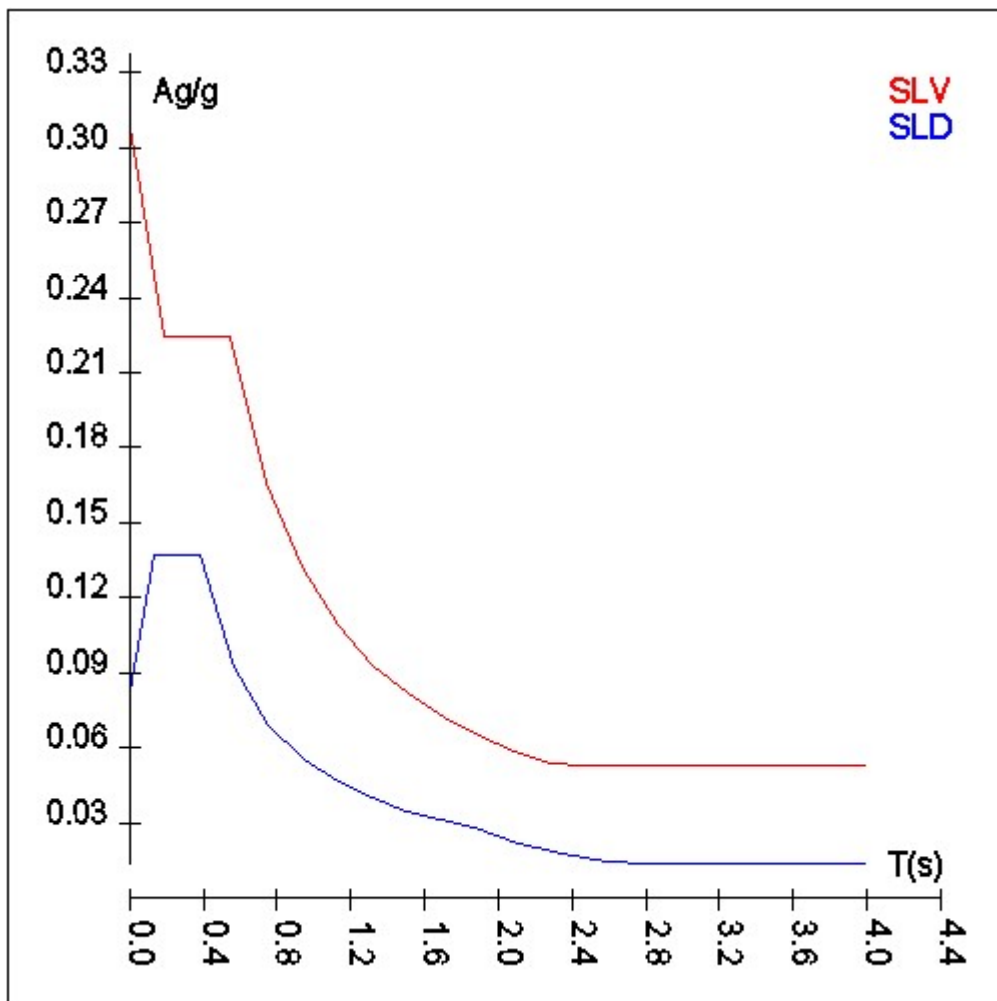


Figura 2 - Grafico spettri

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le azioni sulla costruzione sono state sono stati 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

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

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni sono state effettuate con l'**Approccio 2** attraverso la combinazione **A1+M1+R3**.

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.

MODELLO DI CALCOLO

Le verifiche strutturali preliminari sono state condotte utilizzando un modello di calcolo composto da elementi beam, simulanti il comportamento delle membrature componenti.

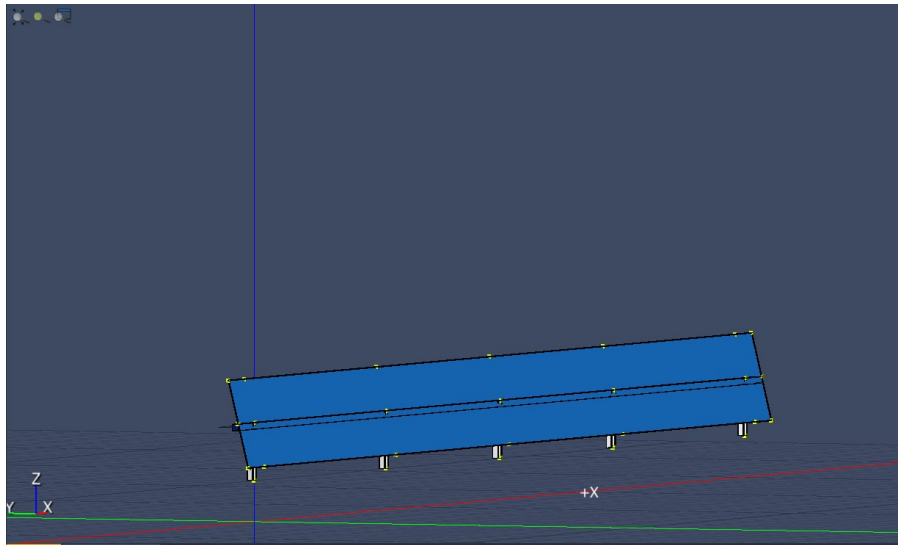
Nel dettaglio, per i pali di supporto della struttura si è considerato un incastro per i nodi inferiori. Per gli arcarecci longitudinali sono state modellate come aste libere all'estremità, e irrigidite nel nodo interno trave pilastro, per tenere conto della piastra di collegamento.

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

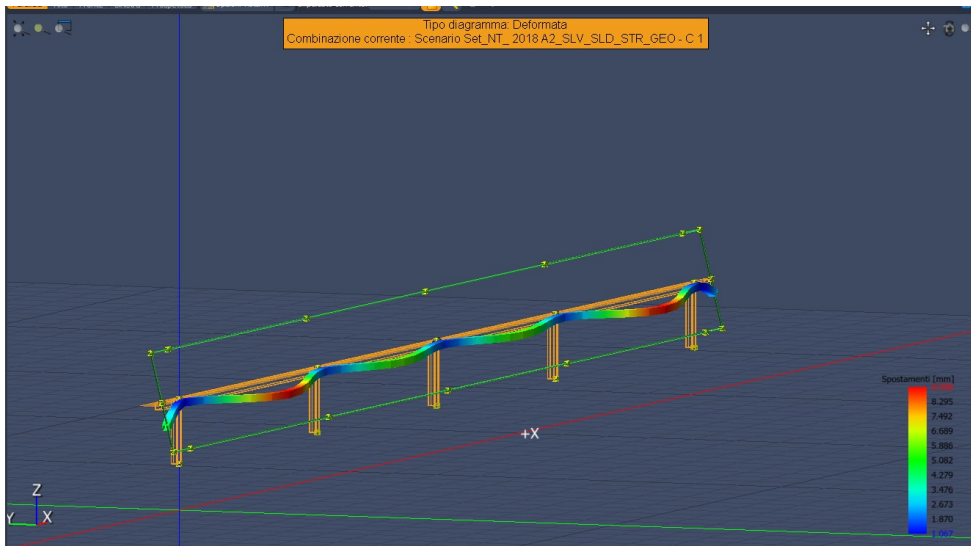
Qui di seguito si riportano i modelli suddivisi per tipologia (*14 o 18 moduli*).

Poiché la il carico da vento risulta essere la condizione più gravosa si riportano gli schemi dell'andamento delle deformate e delle tensioni relative alla condizione peggiorativa.

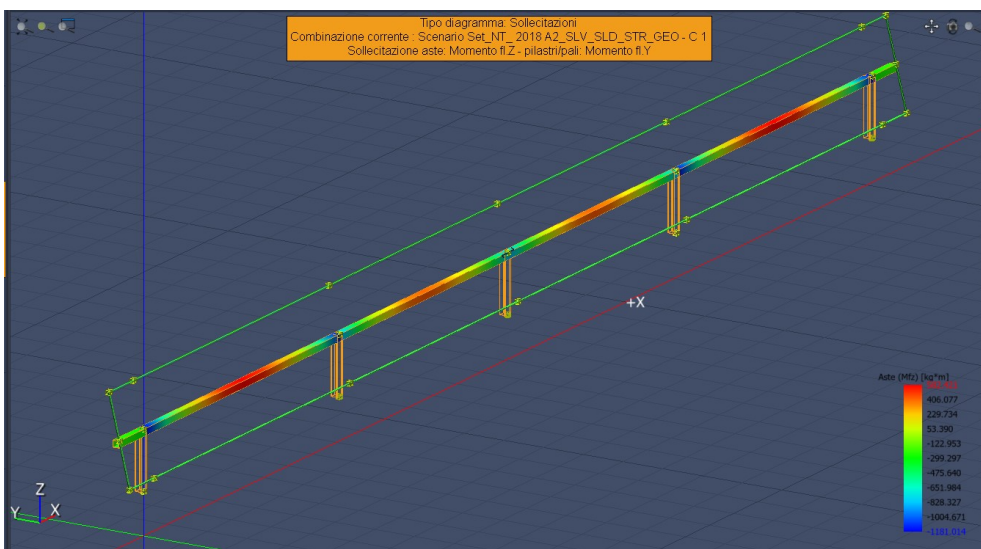
VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI TRACKER A 26 MODULI



Struttura Tracker a 26 moduli



Deformata Struttura Tracker a 26 moduli (azione vento)



Andamento tensioni struttura Tracker a 26 moduli (azione vento)

Verifica Stabilità aste Metalliche

Scenario di calcolo: Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO

Simbologia

- L [cm] Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Ln1 [cm] Luce libera nella direzione principale 1 dell'elemento
Ln2 [cm] Luce libera nella direzione principale 2 dell'elemento
Sez. G Sezione Generica (Sigla)
fyd [kg/cm²] Tensione di progetto snervamento acciaio
ft [kg/cm²] Tensione di rottura acciaio
□M Coefficiente di sicurezza acciaio
N [kg] Sforzo Normale massimo
My [kg*m] My massimo
Mz [kg*m] Mz massimo
NRk [kg] :A*fy, Resistenza caratteristica instabilità a compressione ⁽¹⁾
MyRk [kg*m] :Wy*fy, Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Y ⁽¹⁾
MzRk [kg*m] :Wz*fy, Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Z ⁽¹⁾
□y Snellezza in direzione y
□z Snellezza in direzione z
□y Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir y
□z Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir z
□LT Coefficiente di riduzione per la instabilità flessione-torsionale, il coefficiente è applicato al termine relativo all'asse forte
kyy,kyz
kzy,kzz Coefficienti di interazione per l'instabilità (cfr. EC3 Annex B, tab B1 e B2, e cfr. Circ.NTC tab. C4.2.IV e C4.2.V)
Myeq [kg*m] My equivalente uguale a kyy*My oppure kzy*My
Mzeq [kg*m] Mz equivalente uguale a kyz*Mz oppure kzz*Mz
NRd [kg] :Resistenza instabilità a compressione ⁽²⁾
MyRd [kg*m] :Momento resistente all'instabilità in direzione Y ⁽²⁾
MzRd [kg*m] :Momento resistente all'instabilità in direzione Z ⁽²⁾
SF Coefficiente di sicurezza (asta verificata se >=1)
Comb Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [C], quando è sismica è individuata dal codice [(Cx+Cy) Cm Sc].
- C Individua la Combinazione di Carico non sismica (1, 2, ecc. come da scenario);
- Cx Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione x (SismaX, come da scenario);
- Cy Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione y (SismaY, come da scenario);
- Cm Individua la Combinazione spostamento masse (I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato);
- Sc Individua la sottocombinazione ottenuta mediante la permutazione dei segni (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8):
1) Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
2) Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
3) Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
4) Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.
5) Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
6) Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
7) Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
8) Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.

Le ultime quattro sono assenti quando non è richiesto il contributo del sisma in direzione verticale. Le combinazioni delle azioni sismiche così ottenute vengono combinate con i carichi verticali (come da scenario).

Note:

- (¹) Y è l'asse forte della sezione, e Z l'asse debole della sezione; i valori da utilizzare per le resistenze sono $N_{Rk}=f_y \cdot A, M_{yRk}=f_y \cdot W_y, M_{zRk}=f_y \cdot W_z$ dove:

Classe	1	2	3	4
A	A	A	A	A,eff
W _y	W _{pl,y}	W _{pl,y}	W _{el,y}	W _{el,y,eff}
W _z	W _{pl,z}	W _{pl,z}	W _{el,z}	W _{el,z,eff}

- (²) le equazioni di verifica, le azioni e le resistenze di progetto sono date dalle seguenti equazioni:

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{zRk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{zRk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$N_{Rdy} = \frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{yRd} = \frac{\chi_{LT} M_{yRk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{zRd} = \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{yyEq} = k_{yy} M_{yEd} \quad M_{yzEq} = k_{yz} M_{z,Ed}$$

$$M_{zyEq} = k_{zy} M_{yEd} \quad M_{zzEq} = k_{zz} M_{z,Ed}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdy}} + \frac{M_{yyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{yzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdz}} + \frac{M_{zyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

Asta: 1 [1,2] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp
 $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq :**Verificato**
SF $\square=8.540$

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	$\square Y$	$\square Z$	$\square Y$	$\square Z$	$\square LT$	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-10712	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65	0.65	--	1.12	0.67	0.67	1.12
								2	2		0	2	2	0

Cls	2	N	4	Mzeq	6	MyRd	8	Comb.	10
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	10712	0	0	54870	5889	4535	2	5.1
1	Z	10712	0	0	54870	5889	4535	2	5.1

Asta: 2 [101,3] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp
 $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq :**Verificato**
SF $\square=8.540$

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	$\square Y$	$\square Z$	$\square Y$	$\square Z$	$\square LT$	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-346	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65	0.65	--	1.00	0.60	0.60	1.00
								2	2		4	2	2	4

Cls	2	N	4	Mzeq	6	MyRd	8	Comb.	10
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	346	0	0	54870	5889	4535	2	>100
1	Z	346	0	0	54870	5889	4535	2	>100

Asta: 3 [201,4] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp
 $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq :**Verificato**
SF $\square=8.540$

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	$\square Y$	$\square Z$	$\square Y$	$\square Z$	$\square LT$	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-323	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65	0.65	--	1.00	0.60	0.60	1.00
								2	2		4	2	2	4

Cls	2	N	4	Mzeq	6	MyRd	8	Comb.	10
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	323	0	0	54870	5889	4535	2	>100
1	Z	323	0	0	54870	5889	4535	2	>100

Asta: 4 [301,5] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp
 $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq :**Verificato**
SF $\square=8.540$

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	$\square Y$	$\square Z$	$\square Y$	$\square Z$	$\square LT$	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-346	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65	0.65	--	1.00	0.60	0.60	1.00
								2	2		4	2	2	4

Cls	2	N	4	Mzeq	6	MyRd	8	Comb.	10
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	346	0	0	54870	5889	4535	2	>100
1	Z	346	0	0	54870	5889	4535	2	>100

Asta: 5 [401,6] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp

$\sigma_M=1.05$ fyk/ $\sigma_M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq :Verificato

SF $\sigma=8.540$

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	σ_Y	σ_Z	σ_Y	σ_Z	σ_{LT}	kyy	kyy	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-10692	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65	0.65	--	1.12	0.67	0.67	1.12
								2	2		0	2	2	0

Cls	2	N	4	Mzeq	6	MyRd	8	Comb.	10
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	10692	0	0	54870	5889	4535	2	5.1
1	Z	10692	0	0	54870	5889	4535	2	5.1

Verifica Resistenza aste Metalliche

Scenario di calcolo: Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
fyd [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio
ft [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
□M	Coefficiente di sicurezza acciaio
X [cm]	Punto di verifica
N [kg]	Sforzo Normale
TY [kg]	Taglio dir Y
TZ [kg]	Taglio dir Z
MT [kg*m]	Momento torcente
MY [kg*m]	Momento flettente dir Y
MZ [kg*m]	Momento flettente dir Z
MY4 [kg*m]	Momento flettente dir Y + N*□ez, per sezioni di classe 4
MZ4 [kg*m]	Momento flettente dir Z + N*□ey, per sezioni di classe 4
cls	Classe della sezione per la sollecitazione della combinazione corrente
Comb.	Combinazione della sollecitazione
Nr [kg]	Sforzo Normale resistente
Vyr [kg]	Taglio resistente in dir Y
Vzr [kg]	Taglio resistente dir Z
Mry [kg*m]	Momento flettente resistente dir Y
Mrz [kg*m]	Momento flettente resistente dir Z
SF_V	Coefficiente di sicurezza taglio
SF_M	Coefficiente di sicurezza pressoflessione
SF	Coefficiente di sicurezza complessivo (asta verificata se >=1) ⁽¹⁾

Gerarchia travi/pilastri (quando richiesto):

NEd [kg]	Sforzo Normale di verifica
Npl,Rd [kg]	Sforzo Normale resistente (NTC 4.2.4.1.2)
VEdY(*) [kg]	Taglio trave dir Y dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdZ di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdY [kg]	Taglio resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
VEdZ(*) [kg]	Taglio trave dir Z dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdY di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdZ [kg]	Taglio resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)
MEdY [kg*m]	Momento flettente dir Y
Mpl,RdY [kg*m]	Momento resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
MEdZ [kg*m]	Momento flettente dir Z
Mpl,RdZ [kg*m]	Momento resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)

Verifiche Incendio:

Ky	fy(T)/fy(20°) fattore riduzione resistenza alla temperatura T
KE	E(T)/E(20) fattore riduzione modulo elastico alla temperatura T

SF Coefficiente di sicurezza (asta verificata se >=1)⁽²⁾

□* Smplicazione sollecitazioni sismiche (solo per q>1)⁽³⁾

Fatt.Ampl.Sisma Fattore moltiplicativo di gruppo per le azioni sismiche (solo se diverso da 1.0)

Note:

⁽¹⁾: SF rappresenta il minimo tra SF_V ed SF_M dove:

- SF_V = VR/Vd con VR e Vd azione tagliante resistente ed agente

- SF_M = 1/[N/Nr + MY/Mry + MZ/Mrz], i valori di Mry ed Mrz sono ridotti opportunamente quando Vd > 0.5 Vr

⁽²⁾: SF rappresenta il minimo tra i seguenti rapporti:

- MEdY/Mpl,RdY (travi)

- MEdZ/Mpl,RdZ (travi)

- NEd/(0.15*Npl,Rd) (travi)

- VEdY(*)/(0.5*Vpl,RdY) (travi)

- VEdZ(*)/(0.5*Vpl,RdZ) (travi)

- VEdY/(0.5*Vpl,RdY) (pilastri)

- VEdZ/(0.5*Vpl,RdZ) (pilastri)

⁽³⁾: □* = min(q, 1.1*□ov*□), con □ secondo NTC 7.5.4.2

Asta: 0 [2,3] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=812.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-864	-160	0	217	-1179	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	34	4.2	>100	4.2

Asta: 1 [3,4] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=699.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
699	1	1	742	138	0	161	-868	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
699	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	39	5.7	>100	5.7

Asta: 1 [1,2] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-10712	-0	-1104	0	773	-0	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	26	3.4	>100	3.4

Asta: 2 [4,5] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=699.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	1	-742	-138	0	161	-868	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	39	5.7	>100	5.7

Asta: 2 [101,3] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-346	-0	-1597	0	1118	-0	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	18	4.0	>100	4.0

Asta: 3 [5,6] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=812.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq : **Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
812	1	0	865	160	0	217	-1181	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
812	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	34	4.2	>100	4.2

Asta: 3 [201,4] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq : **Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-323	0	-1484	0	1039	-0	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	20	4.3	>100	4.3

Asta: 4 [6,106] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=100.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq : **Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-0	-184	-109	6	150	-133	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	29242	29242	5850	5850	4108	>100	21	>100	21

Asta: 4 [301,5] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq : **Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-346	0	-1596	0	1117	0	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	18	4.0	>100	4.0

Asta: 5 [102,2] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=100.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\square M=1.05$ fyk/ $\square M=2619$ kg/cmq ft=4300 kg/cmq : **Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-0	-184	-109	6	150	-133	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	29242	29242	5850	5850	4108	>100	21	>100	21

Asta: 5 [401,6] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\sigma_M=1.05 f_{yk}/\sigma_M=2619$
 kg/cmq $f_t=4300 kg/cmq$: **Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-10692	0	-1049	-0	734	0	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF V.	SF M	SF Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	28	3.5	>100	3.5

VERIFICHE GEOTECNICHE

È previsto che le strutture metalliche verticali siano infisse nel terreno, per cui al fine di verificare il sistema terreno-fondazione, si procederà secondo quanto disposto dal punto 6.4.3.1 del D.M. 17/01/2018 per gli SLU per le fondazioni profonde.

Dai risultati dell'analisi, ipotizzando un coefficiente di correlazione cautelativo pari a $\zeta=1.7$, i coefficienti di sicurezza relativi alle azioni di trazione e orizzontali, sono rispettivamente $CS_T = 1.14$ e $CS_O = 6$.

CONCLUSIONI

L'opera sopra descritta è conforme ai requisiti prestazioni richiesti dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. del 17/01/2018. Ulteriori indicazioni e aspetti saranno analizzati nella fase esecutiva del progetto.

IL PROGETTISTA

(DOTT. ING. GIUSEPPE DE LUCA)

