



**REGIONE SICILIA  
PROVINCIA MESSINA  
COMUNE DI MISTRETTA**



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO AD INSEGUIMENTO POTENZA IMPIANTO 43,148 MW<sub>p</sub> DENOMINATO "MISTRETTA" NEL TERRITORIO COMUNALE DI MISTRETTA(ME) SU TERRENO D.4.4 A DESTINAZIONE SPERIMENTAZIONE AGROPASTORALE, COMPRENDETE LE OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA IN AT NEL COMUNE DI MISTRETTA (ME)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE E CALCOLI PRELIMINARE STRUTTURE**

Titolo elaborato

Committente

AS Management srl  
Via Paolo Andreani n.6  
20122 Milano  
P.IVA 06937190822

Progettazione



Ing. Antonio Nasti



Geol. Michele Ognibene

Firme



P03/22	ENHUBREL0006A0	P03/Mistretta/EPD/Rel. prelim. strutt.	-	A4	001/071
Commessa	Cod. elaborato	Nome file	Scala	Formato	Foglio
0	03.05.2023	Emissione	DL	FB	AN
Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 1/22
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO AD INSEGUIMENTO  
POTENZA IMPIANTO 43,1480 MW<sub>p</sub>  
DENOMINATO – MISTRETTA AGROVOLTAICO –  
NEL TERRITORIO COMUNALE DI MISTRETTA  
IN PROVINCIA DI MESSINA, COMPRENDENTE ANCHE LE OPERE PER  
LA CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA IN AT NEL COMUNE DI  
MISTRETTA (ME)**

**COMMITTENTE: AS MANAGEMENT SRL**

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 2/22
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

## SOMMARIO

1. OGGETTO .....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	3
3. REFERENZE TECNICHE .....	3
4. LOCALIZZAZIONE INTERVENTO E PARAMETRI DI RIFERIMENTO .....	3
5. MODELLO DI CALCOLO .....	4
6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	5
7. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA .....	5
8. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO .....	6
9. MODELLI DI CALCOLO .....	6
10. AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....	7
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI .....	7
11. DESTINAZIONE D’USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE .....	8
12. AZIONE SISMICA .....	10
13. AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA .....	10
14. AZIONI DOVUTE AL VENTO .....	11
15. AZIONE DELLA NEVE .....	12
16. AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI .....	13
17. COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	13
18. COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....	14
19. TOLLERANZE .....	14
20. DURABILITÀ .....	15
21. PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO .....	15
22. ANALISI DEI CARICHI APPLICATI SULLA STRUTTURA .....	16
23. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI .....	19
24. FONDAZIONI E CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE .....	21

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MWp</b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 3/22
--	-----------------------------------	------------------	-----------------------

## 1. OGGETTO

Il sottoscritto Ing. Antonio Nastri, iscritto all’Albo dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo al n. 7637, tramite la Solaning Srl nella carica di amministratore unico, ha ricevuto l’incarico dalla società AS MANAGEMENT SRL, per le verifiche strutturali relative ai sostegni al progetto di realizzazione di impianti agrovoltaiici a “ridotto impatto ambientale” per la produzione di energia elettrica con tecnologia agrovoltaiica, ad inseguimento monoassiale, da realizzare in Contrada Spadaro nel Comune di Mistretta (ME). L’impianto avrà una potenza complessiva installata di 43,1480 MWp e l’energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L’impianto agrovoltaiico verrà realizzato su un lotto di terreno, denominato “Mistretta” che si estende per una superficie complessiva di circa 148,99 ha.

Nel presente documento sono trattati gli argomenti progettuali di natura strutturale al fine di verificarne, in relazione a tutte le azioni antropiche e non agenti, la compatibilità secondo le vigenti Norme Tecniche.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle NTC 2018;

## 3. REFERENZE TECNICHE

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

## 4. LOCALIZZAZIONE INTERVENTO E PARAMETRI DI RIFERIMENTO

Il luogo di intervento è ubicato nel Comune di Mistretta (ME) in C/da Spadaro. Il lotto di terreno oggetto dell’intervento si estende per decine di ettari, ma considerata la tipologia delle strutture e la limitata variabilità dei parametri di riferimento all’interno del lotto per la determinazione delle azioni antropiche sulle strutture ai sensi delle NTC, si possono individuare, ai fini della verifica, i seguenti parametri di localizzazione/caratterizzazione; ciò anche sulla base della caratterizzazione del suolo di fondazione,

effettuata dal dott. Geol. M. Ognibene nella sua relazione geologica che è parte integrante del presente progetto.

Vita Nominale	<b>50</b>
Classe d'Uso	<b>2</b>
Categoria del Suolo	<b>B</b>
Categoria Topografica	<b>1</b>
Latitudine del sito oggetto di edificazione	<b>37,8609</b>
Longitudine del sito oggetto di edificazione	<b>14,3861</b>
Altezza sul livello del mare (m)	<b>1040</b>

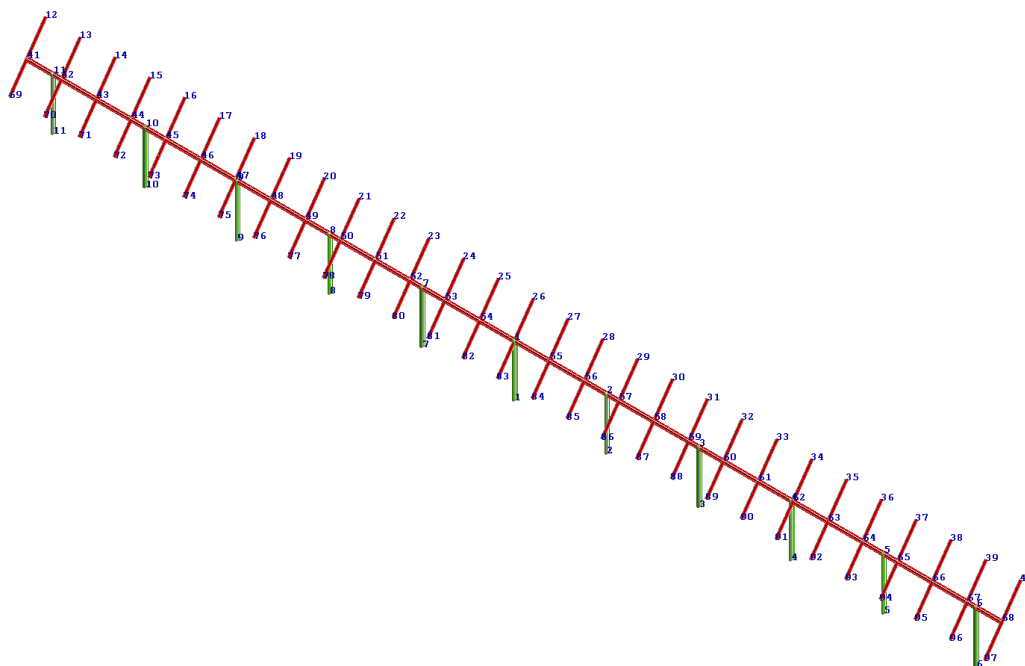
## 5. MODELLO DI CALCOLO

In entrambi i lotti di terreno i pannelli solari saranno installati mediante delle strutture di supporto in acciaio realizzate in maniera modulare.

Ciascun modulo, posto in serie, e per file, sarà realizzato mediante **11 ritti in acciaio IPE220** ad interasse massimo di 3,50 m; dei **Tubolari quadrati 150 x 150 x 4 mm** posti in orizzontale tra i predetti ritti, opportunamente fissati a loro mediante saldature a completa penetrazione ovvero mediante bullonature (in corrispondenza degli elementi di motorizzazione che consentono la rotazione lungo l'asse orizzontale costituito dal tubolare metallico stesso).

I pannelli solari, invece saranno fissati a dei profili **Tubolari 80 x 60 x 4 mm** con massimo interasse l'uno dall'altro pari a circa 132cm.

L'intero modulo siffatto si estende complessivamente in pianta per 36,98 m circa.



Modello di Calcolo

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 5/22
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

## 6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- Acciaio strutturale S235;
- Calcestruzzo classe C20/25 (se utilizzato);
- Acciaio in barre per c.a. classe B450C (se utilizzato).
- Viti e dadi conformi alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968
- Viti conformi alla norma UNI EN ISO 898-1:2001
- Dadi conformi alla norma UNI EN 20898-2:1994
- Rondelle in acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40
- Piastrine in acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40

## 7. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

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

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

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

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

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

In particolare, si è verificata:

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

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

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> <b>'ENHUBREL0006A0 - Relazione e calcoli preliminari strutture</b>	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 6/22
--	-----------------------------------	------------------	-----------------------

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

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

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

## 8. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2020

Ragione sociale completa del produttore del software:

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

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

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

### - *Affidabilità dei codici utilizzati*

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

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

<http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>

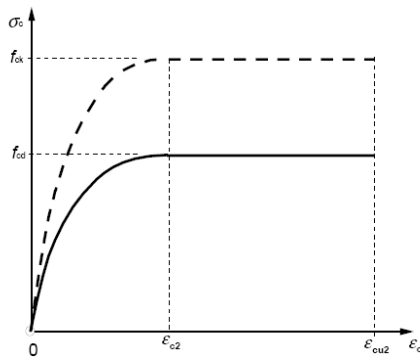
## 9. MODELLI DI CALCOLO

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

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

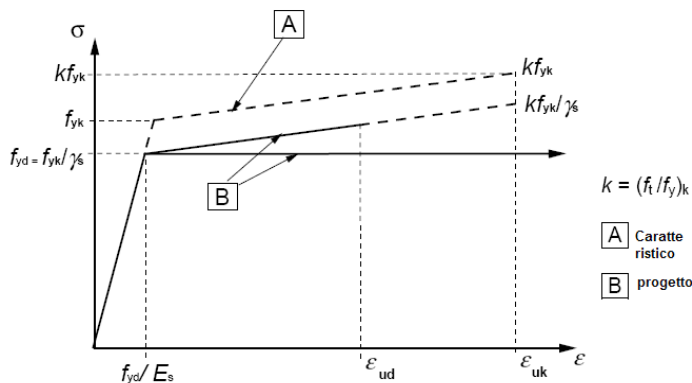
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



### Legame costitutivo di progetto parabolarettangolo per il calcestruzzo.

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



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

legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;

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

## 10.AZIONI SULLA COSTRUZIONE

### AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

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

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

Gli stati limite ultimi sono:



<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 8/22
---	-----------------------------------	------------------	-----------------------

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

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite $P_{VR}$ :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

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

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

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

## **11.DESTINAZIONE D’USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE**

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

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

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| • carichi verticali uniformemente distribuiti | qk [kN/m <sup>2</sup> ] |
| • carichi verticali concentrati               | Qk [kN]                 |
| • carichi orizzontali lineari                 | Hk [kN/m]               |

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

Categ.	Ambienti	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>k</sub> [kN]	H <sub>k</sub> [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥4,00	≥4,00	≥2,00
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	<b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b>			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F – G	<b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b>			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categoria di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti	da valutarsi caso per caso		

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

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

I valori nominali e/o caratteristici q<sub>k</sub>, Q<sub>k</sub> ed H<sub>k</sub> di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati Q<sub>k</sub> essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

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

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 10/22
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

mm, distanti assialmente di 1,80 m.

## **12.AZIONE SISMICA**

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

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

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

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

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

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

## **13.AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA**

È stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 25° C.

## 14.AZIONI DOVUTE AL VENTO

La spinta del vento, nel caso in esame, viene applicata sostanzialmente ai punti di fissaggio dei pannelli solari agli elementi Omega che ne costituiscono, nel complesso, il telaio di supporto. Per tale motivo si procede al calcolo dell'azione del vento considerando il coefficiente di pressione ( $c_p$ ) specifico così come descritto al punto C.3.3.8.2 della circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del CSLPP, ovvero assimilando il sistema dei pannelli solari ad una tettoia isolata avente inclinazione rispetto all'orizzontale pari alla massima inclinazione possibile dei pannelli ( $55^\circ$ ).

Alla fine di considerare questa tipologia di carico si considerano del tutto trascurabili le azioni del vento sugli elementi orizzontali di sostegno (IPE), ancorché gli stessi sono praticamente coperti nella situazione individuata sopra per la massima esposizione all'azione del vento dei pannelli.

Secondo quanto prescritto dal D.M.17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", si è proceduto al relativo calcolo.

La relazione che consente il calcolo della pressione esercitata dal vento è, in ogni caso, la seguente:

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

<b>Tipo di struttura:</b>	“Tettoia”		
<b>ZONA:</b>	4		
<b>Categoria di Esposizione</b>	II		
<b>Altitudine sito:</b>	200	m s.l.m	
<b>v<sub>b</sub>:</b>	28,0	m/s	
<b>v<sub>r</sub>:</b>	28,0	m/s con Tempo di Ritorno Tr:	50 anni
<b>q<sub>r</sub>:</b>	0,48	KN/m <sup>2</sup>	
<b>Altezza dal suolo (z):</b>	4	m	
<b>c<sub>t</sub> :</b>	1	coeff. di topografia	
<b>c<sub>e</sub> :</b>	1,80	coeff. di esposizione	
<b>c<sub>d</sub> :</b>	1	coeff. dinamico	
<b>Inclinazione falda:</b>	55	°	
<b>c<sub>p</sub> :</b>	2,88	coeff. di pressione	
<b>p :</b>	2,50	KN/m <sup>2</sup>	
<b>p<sub>calcolo</sub> :</b>	2,50	KN/m <sup>2</sup>	

La pressione è applicata perpendicolarmente alla superficie del pannello.

## 15.AZIONE DELLA NEVE

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

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

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

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

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018 per un periodo di ritorno di 50 anni;

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

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

### Calcolo dell'azione della neve sui pannelli in posizione inclinata

<b>ZONA:</b>	III	
<b>Esposizione</b>	Battuta dai venti	
<b>Altitudine sito:</b>	170	m s.l.m
<b><math>q_{sk}</math>:</b>	0,60	$\text{KN/m}^2$
<b><math>C_E</math> :</b>	0,9	
<b><math>C_t</math> :</b>	1	
<b>Num. Falde:</b>	1	
<b>incl. falda 1 (<math>\alpha_1</math>):</b>		55 °
<b><math>\mu_1</math> (<math>\alpha_1</math>):</b>		0,133
<b><math>q_{s,(\alpha_1)}</math> =</b>		0,07 $\text{KN/m}^2$

### Calcolo dell'azione della neve sui pannelli in posizione orizzontale

<b>ZONA:</b>	III	
<b>Esposizione</b>	Battuta dai venti	
<b>Altitudine sito:</b>	170	m s.l.m
<b><math>q_{sk}</math>:</b>	0,60	$\text{KN/m}^2$
<b><math>C_E</math> :</b>	0,9	
<b><math>C_t</math> :</b>	1	
<b>Num. Falde:</b>	1	
<b>incl. falda 1 (<math>\alpha_1</math>):</b>		0 °

Progetto: Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – Elaborato: <b>'ENHUBREL0006A0 - Relazione e calcoli preliminari strutture</b>	Data: <b>03/05/2023</b>	Rev. 0	Pagina 13/22
--	----------------------------	-----------	-----------------

$$\mu_1 (\alpha_1): \quad 0,998$$

$$q_{s,(\alpha_1)} = \quad 0,54 \text{ KN/m}^2$$

## 16.AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

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

## 17.COMBINAZIONI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 14/22
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

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

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

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

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

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

## 18.COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

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

<b>Categoria/Azione variabile</b>	<b><math>\psi_{0i}</math></b>	<b><math>\psi_{1i}</math></b>	<b><math>\psi_{2i}</math></b>
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

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

## 19.TOLLERANZE

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

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> ‘ <b>ENHUBREL0006A0</b> - Relazione e calcoli preliminari strutture	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 15/22
---	-----------------------------------	------------------	------------------------

EN206 - EN 1992-2005:  
Copriferro –5 mm (EC2 4.4.1.3)  
Per dimensioni ≤150mm ± 5 mm  
Per dimensioni =400 mm ± 15 mm  
Per dimensioni ≥2500 mm ± 30 mm

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

## **20.DURABILITÀ**

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

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell’esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi. Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

## **21.PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO**

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

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



Progetto: Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – Elaborato: <b>'ENHUBREL0006A0 - Relazione e calcoli preliminari strutture</b>	Data: <b>03/05/2023</b>	Rev. 0	Pagina 16/22
--	----------------------------	-----------	-----------------

## 22.ANALISI DEI CARICHI APPLICATI SULLA STRUTTURA

Di seguito sono indicati, per ciascuna condizione, i carichi applicati alla struttura.

### **Carico Termico (cond. 0) – sempre applicato**

Azione della temperatura

(carico uniformemente distribuito su tutte le aste)

$\Delta T=25^{\circ}\text{C}$

### **Carichi permanenti (cond. 2) – sempre applicato**

Peso pannelli (il peso complessivo di un singolo pannello è stimato di 15Kg/mq)

(Carico concentrato orizzontale nei 4 punti di fissaggio nel profilo)

15 Kg

### **Carico Vento (cond. 3) – applicato nella condizione di maggiore inclinazione dei pannelli (55°)**

Azione del vento sui profili tubolari di fissaggio dei pannelli

(Carico distribuito perpendicolarmente sui profili di fissaggio

considerando un interasse massimo tra essi di 1,08 m)

270 Kg/m

### **Carico Neve (cond. 4) – applicato nella condizione di minore inclinazione dei pannelli (0°)**

Azione della neve sulla superficie dei pannelli in posizione orizzontale (0°)

(Carico concentrato applicato sul tubolare centrale in corrispondenza

dei nodi di aggancio con i profili Omega di sostegno dei pannelli)

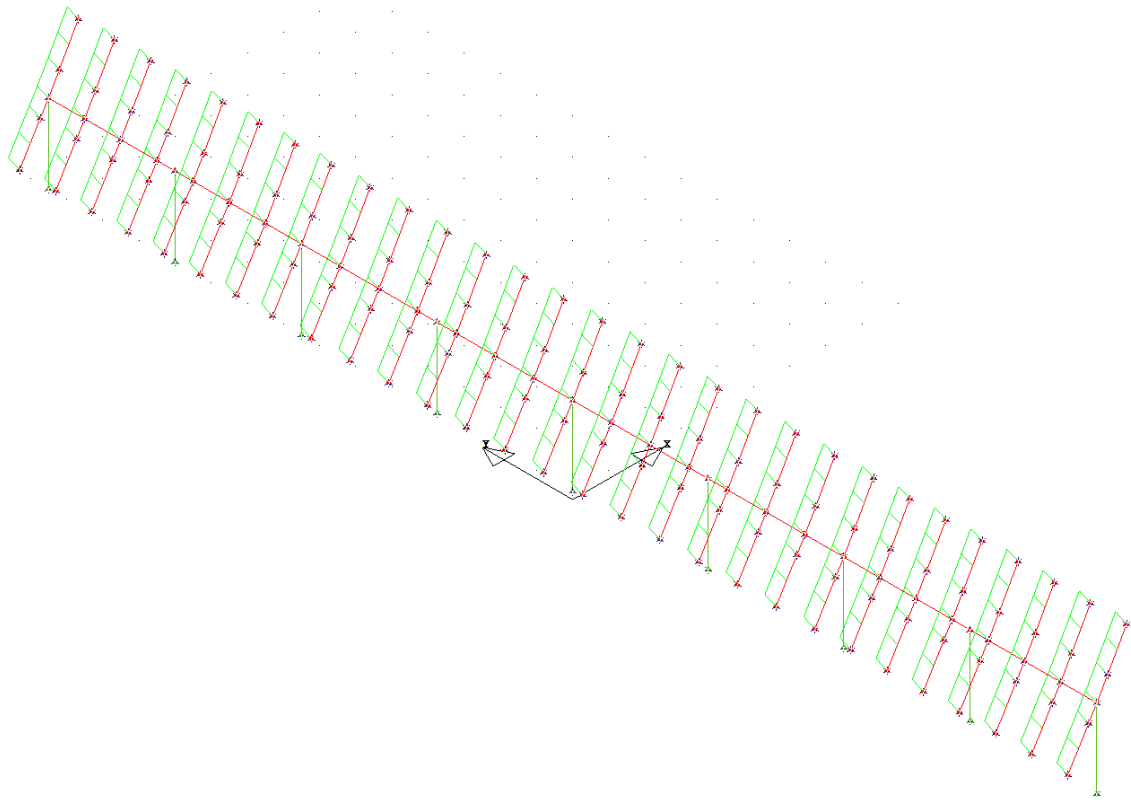
60 Kg

### **Carico Neve (cond. 5) – applicato nella condizione di maggiore inclinazione dei pannelli (55°)**

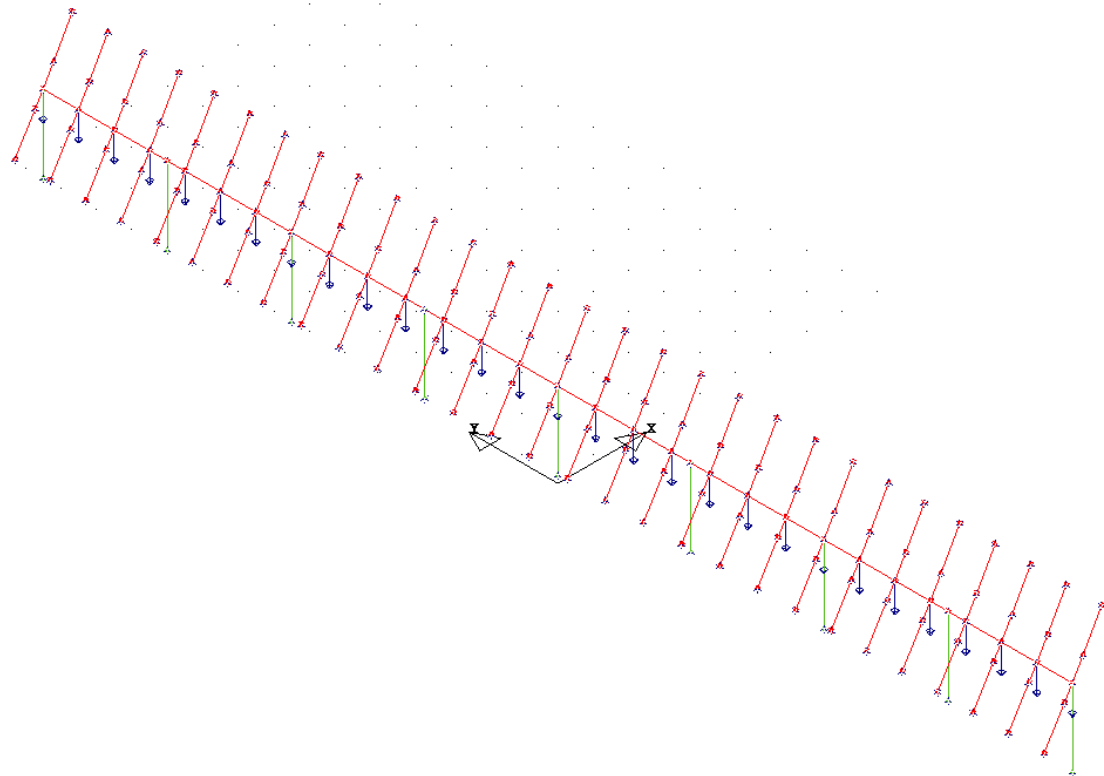
Azione della neve sulla superficie dei pannelli in posizione inclinata (55°)

(Carico concentrato verticale nei 4 punti di fissaggio nel profilo)

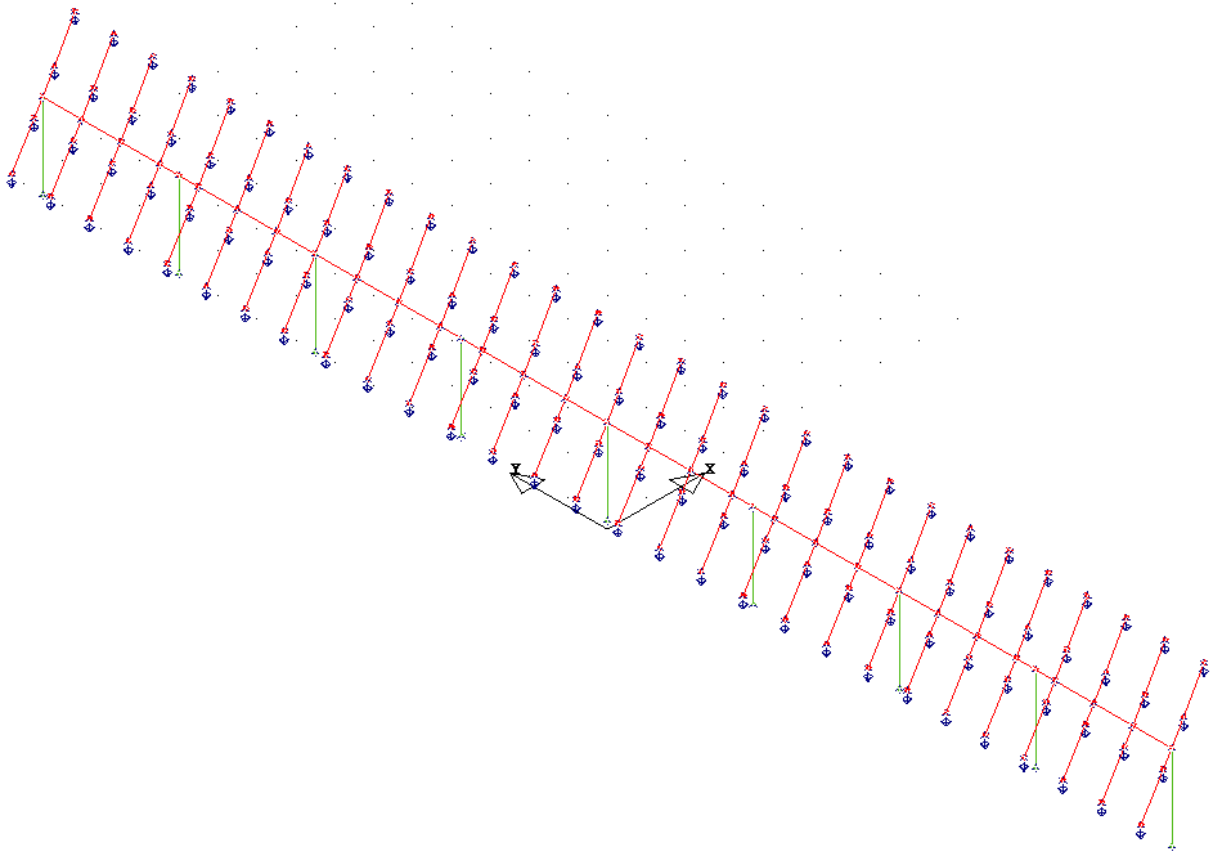
8 Kg



Azione del Vento

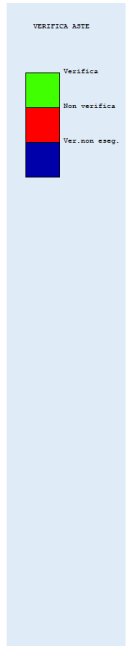
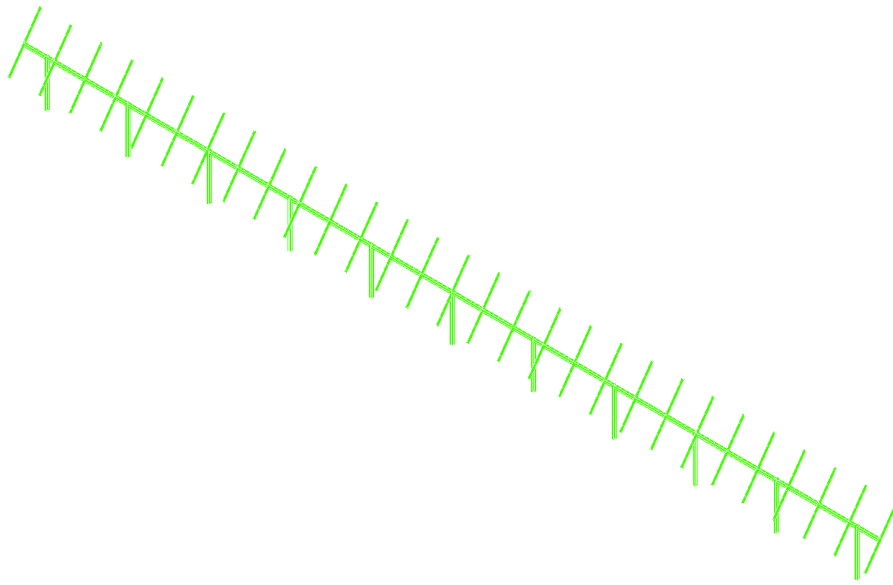


Azione della Neve – nel caso di pannelli in posizione orizzontale

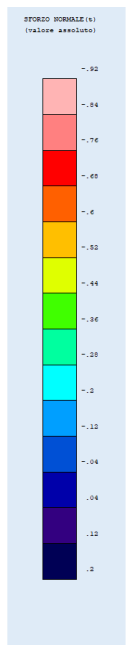
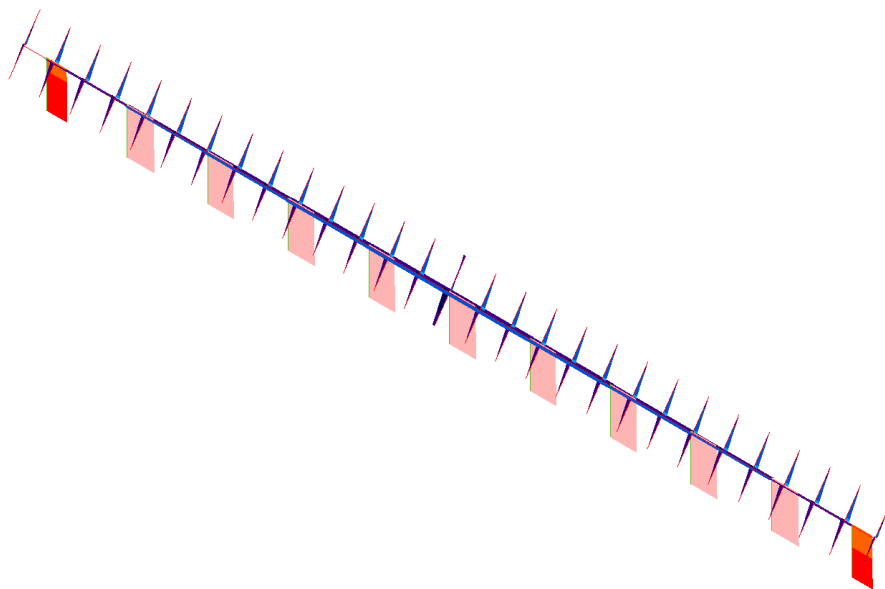


Azione della Neve – nel caso di pannelli in posizione inclinata

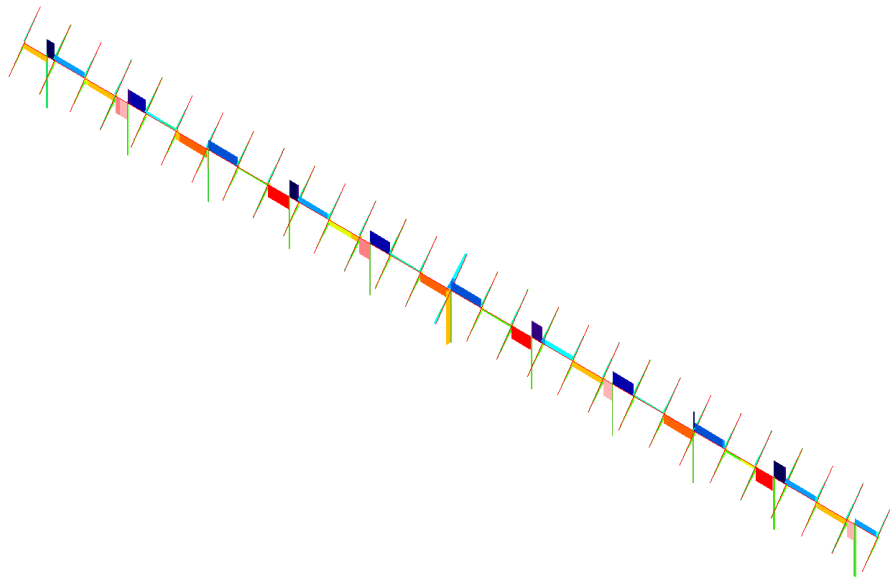
## 23.RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI



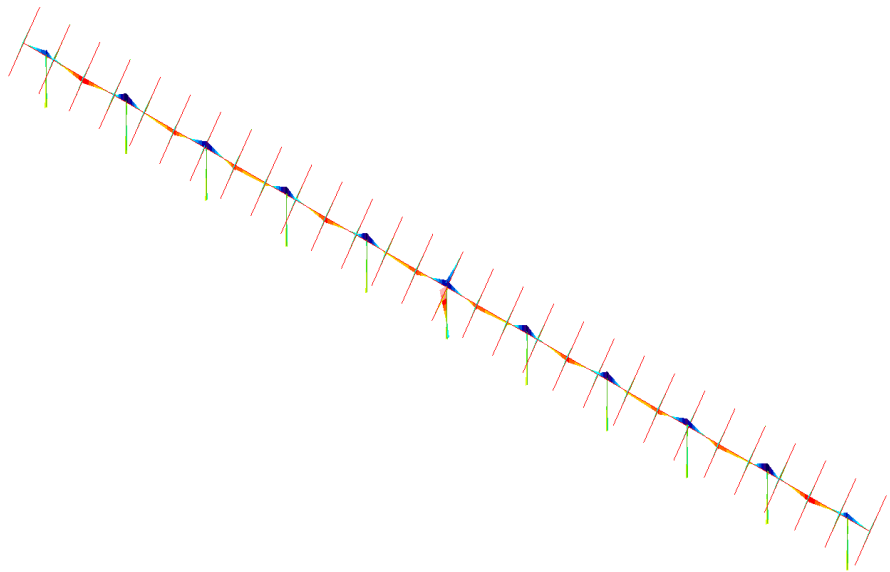
### CHECK VERIFICA GLOBALE



### DIAGRAMMA DELLO SFORZO NORMALE – INVILUPPO DI TUTTE LE COMBINAZIONI



**DIAGRAMMA DEL TAGLIO  $T_x$  e  $T_y$  – INVILUPPO DI TUTTE LE COMBINAZIONI**



**DIAGRAMMA DEL MOMENTO  $M_x$  e  $M_y$  – INVILUPPO DI TUTTE LE COMBINAZIONI**

Progetto: Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – Elaborato: <b>'ENHUBREL0006A0 - Relazione e calcoli preliminari strutture</b>	Data: <b>03/05/2023</b>	Rev. 0	Pagina 21/22
--	----------------------------	-----------	-----------------

## 24.FONDAZIONI E CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Considerata la tipologia dei terreni coinvolti e tenuto conto della specifica tipologia dell'opere si prevede di realizzare delle fondazioni del tipo a "palo infisso", procedendo all'infissione mediante battitura dello stesso ritto in acciaio IPE220 che costituisce elemento montante e di sostegno della struttura di che trattasi.

Tale particolare modalità di realizzazione della fondazione, se pur decisamente molto poco diffusa, ha come enorme vantaggio la possibilità di ridurre decisamente l'impatto ambientale sull'intera area di sedime. Infatti, qualora dopo il trascorrere del tempo utile di esercizio dell'impianto di che trattasi, si volesse riconvertire il lotto anche a scopi agricoli, lo si può certamente effettuare asportando le strutture che costituiscono l'impianto, sfilando semplicemente i pali dal terreno.

Prima dell'infissione dei ritti dovrà essere tuttavia asportato uno strato di almeno 50 cm di terreno vegetale di copertura avente matrice prevalentemente limo-argillosa e poco consistente, al fine di rendere il piano di posa più livellato possibile, nonché al fine di eliminare quanto più possibile parte dello stesso strato superficiale (che è complessivamente profondo per circa 1,60-1,80 m) avente caratteristiche meccaniche inferiori rispetto allo strato sottostante. Infatti, solo ad una quota oltre i 3 m dal piano di campagna si trovano le argille sabbiose moderatamente consistenti che hanno migliori caratteristiche di tipo meccanico e quindi sono maggiormente idonee a garantire una portanza del palo compatibile con le azioni di progetto.

Quindi, visti i calcoli di verifica, al fine di rispettare le ipotesi di progetto relativamente al vincolo considerato alla base di ciascun ritto portante (incastro), considerata la stratigrafia e le caratteristiche meccaniche riportate nella relazione geologica, si prescrive una lunghezza di infissione **non inferiore a 6 m, in maniera tale da avere almeno 4,3 m di infissione all'interno dello strato avente maggiori caratteristiche meccaniche** (argille sabbiose moderatamente consistenti).

Inoltre, si prescrive che, al fine di considerare le spinte (attiva e passiva) esercitate sulla superficie dei profili infissi, sarà necessario procedere ad una incisiva costipazione del terreno mediante mezzi meccanici (es. rullo costipatore) a seguito dell'infissione. In questo modo si potrà far diminuire i vuoti tra le particelle di terreno aumentandone così il peso per unità di volume e quindi aumentare le spinte del terreno e con esse la stabilità dei pali/ritti delle strutture.

<b>Progetto:</b> Impianto agrovoltaiico nel comune di <b>Mistretta</b> da <b>43,1480 MW<sub>p</sub></b> denominato – <b>Mistretta</b> – <b>Elaborato:</b> <b>'ENHUBREL0006A0 - Relazione e calcoli preliminari strutture</b>	<b>Data:</b> <b>03/05/2023</b>	<b>Rev.</b> 0	<b>Pagina</b> 22/22
--	-----------------------------------	------------------	------------------------

In alternativa alla costipazione mediante mezzo meccanico è altresì preferibile realizzare una sorta di plinto di fondazione in calcestruzzo debolmente armato, da ricoprire interamente con terreno di riporto, avente dimensioni pari a 50 x 50 cm e 40 cm di profondità. Tale pseudo-plinto potrebbe essere così assimilabile ad una fondazione costituita da plinto su micropalo infisso.