

REGIONE
BASILICATA



PROVINCIA DI
POTENZA



COMUNE DI
SANT'ARCANGELO

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO
A TERRA "SANT'ARC. 1" DELLA POTENZA NOMINALE DI 39.90 MW
LOCALITA' "MONTICELLI" NEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ)

ELABORATO:

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE



PROPONENTE:

COMPAGNIA DEL SOLE TRE S.R.L.
P.IVA IT04320520986
VIA ALDO MORO, 28
25043- BRENO (BS)

PROGETTAZIONE:

Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E



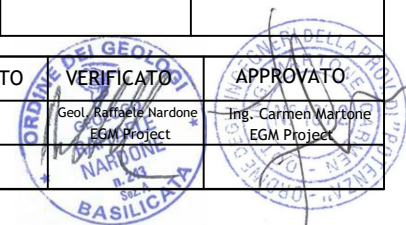
Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H



EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.7	R				

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
01	DICEMBRE 2023	Emissione		Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project



SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO	7
4	TERRENO DI FONDAZIONE	9
4.1	Sismicità dell’area	13
5	ANALISI DEI CARICHI	15
5.1	Carico neve	16
5.2	Vento	17
5.3	Valutazione dell’azione sismica	18
6	COMBINAZIONI DI CALCOLO	19
7	MODELLO DI CALCOLO	23
8	VERIFICHE GEOTECNICHE	25
8.1	Capacità portante dei pali	25
8.2	Verifica a carico limite verticale dei pali	27
8.3	Verifica a sfilamento dei pali	28

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	Struttura di sostegno interrato nel suolo	4
Figura 2-	Distanza strutture di supporto verticali	5
Figura 3:	Vista assonometrica della struttura di sostegno dei pannelli FV	6
Figura 4:	Distribuzione carichi lineari dei pannelli FV	15
Figura 5:	azione della neve per una falda inclinata a 20°	16
Figura 6 -	Combinazioni di calcolo	22
Figura 7 -	Modellazione struttura pannelli	23
Figura 8 -	Modellazione struttura pannelli	24
Figura 9-	Diagramma sforzo normale	27

1 PREMESSA

La seguente relazione illustra, in generale, i calcoli preliminari per la successiva realizzazione di un impianto agri-voltaico a terra della potenza nominale di 39.90 MWp, sistemi misti che associano, sullo stesso terreno contemporaneamente, colture alimentari e pannelli solari fotovoltaici (PVP), favorendo l’aumento di produttività agricola di un terreno (in questo caso di circa il 90%), consentendo nel contempo di produrre energia elettrica in maniera sostenibile. L’impianto in oggetto, sarà ubicato in località “Monticelli” nel Comune di Sant’Arcangelo (PZ) circa 7 Km in linea d’aria in direzione nord-ovest rispetto al nucleo urbano. La scelta del sito è stata dettata dai buoni livelli di irraggiamento e non incidenza su aree protette, in particolare, i terreni individuati per la realizzazione del campo agrivoltaico non ricadono nelle zone non idonee individuate dal PIEAR della Regionale Basilicata.

Nello specifico il Parco Fotovoltaico sarà ubicato ad EST dell’abitato di Sant’Arcangelo, ad una quota compreso tra 225 e 320 m s.l.m. ed è situata tra i corsi fluviali, Fiumarella Terlizzi e Fosso Pisciotola, affluente di Fiumarella Terlizzi che si immettono in destra orografica nel fiume Agri, così come di seguito riportato.

La caratteristica della tipologia di impianto è quella di adottare soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione.

Il modulo fotovoltaico selezionato è il modello Bifacciale EG-680NT66-HU/BF-DG, prodotto da EGing PV. Ha una potenza picco di 685.0 W, e la tecnologia delle celle è Si-mono.

Le caratteristiche dei moduli fotovoltaici scelti sono mostrate in figura 2.

Il modulo ha un fattore di bifaccialità di 80.00 %.

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

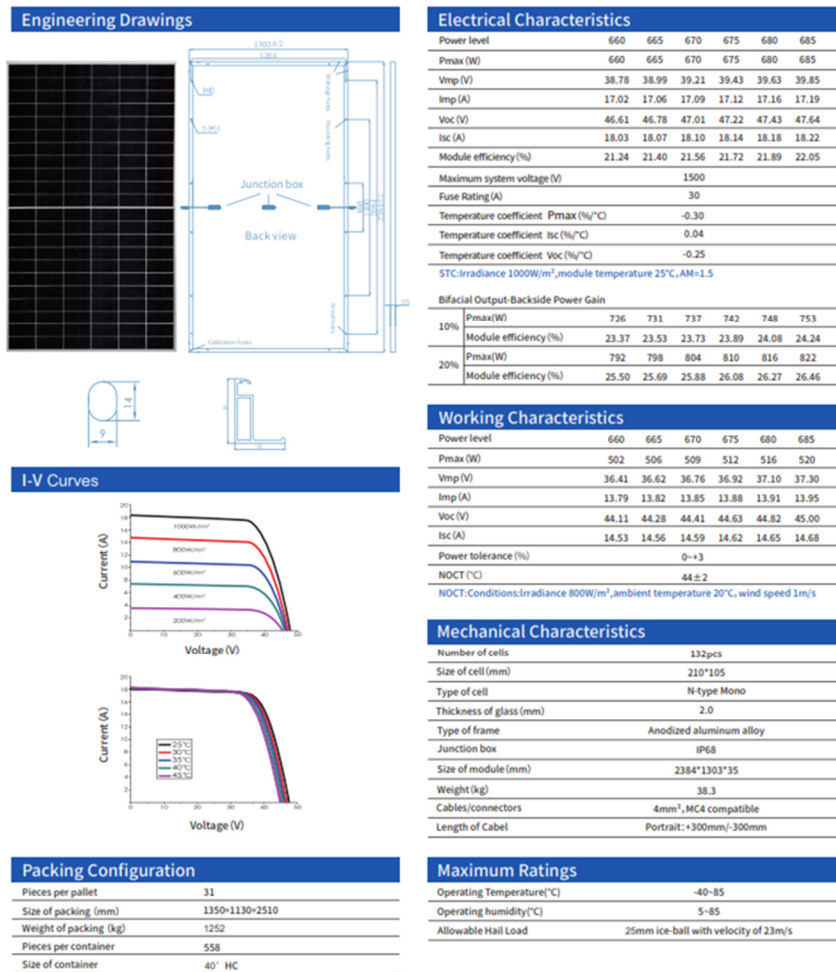


Figura 1-Caratteristiche dei moduli fotovoltaici



Figura 2-Esempio di un modulo fotovoltaico Bifacciale Si-mono

sezione tipo
vista laterale

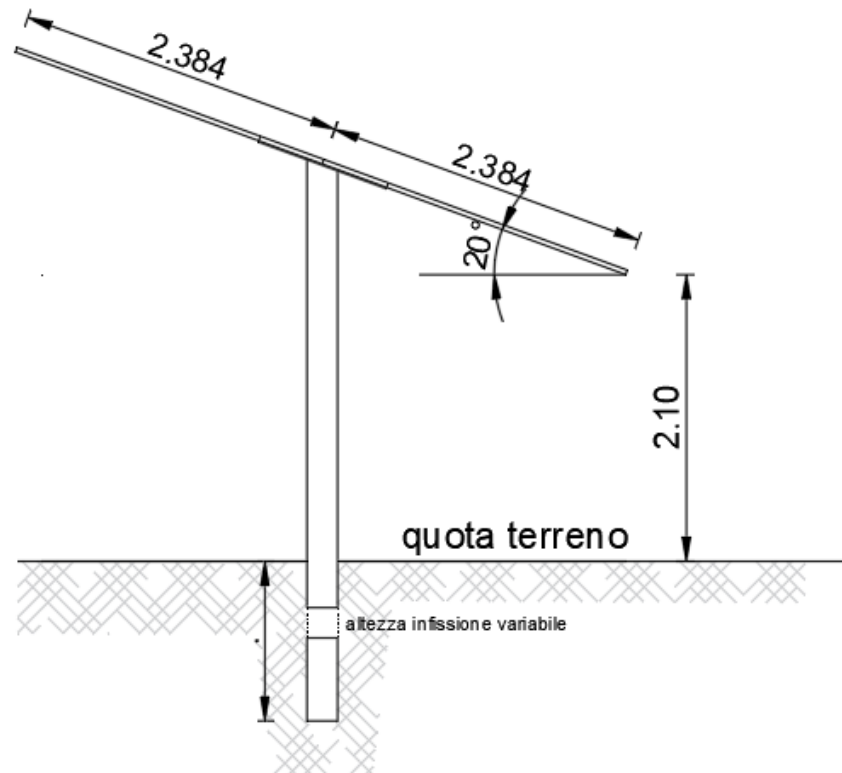


Figura 3: Struttura di sostegno interrato nel suolo

Si ipotizzano fondazioni costituite, dunque, da pali in acciaio scatolari 120x185mm infissi. Di seguito viene riportato il dimensionamento e le verifiche di tali sostegni. Le travi longitudinali su cui poggiano i pannelli sono scatolari 120x120mm di lunghezza pari a circa 7,60m.

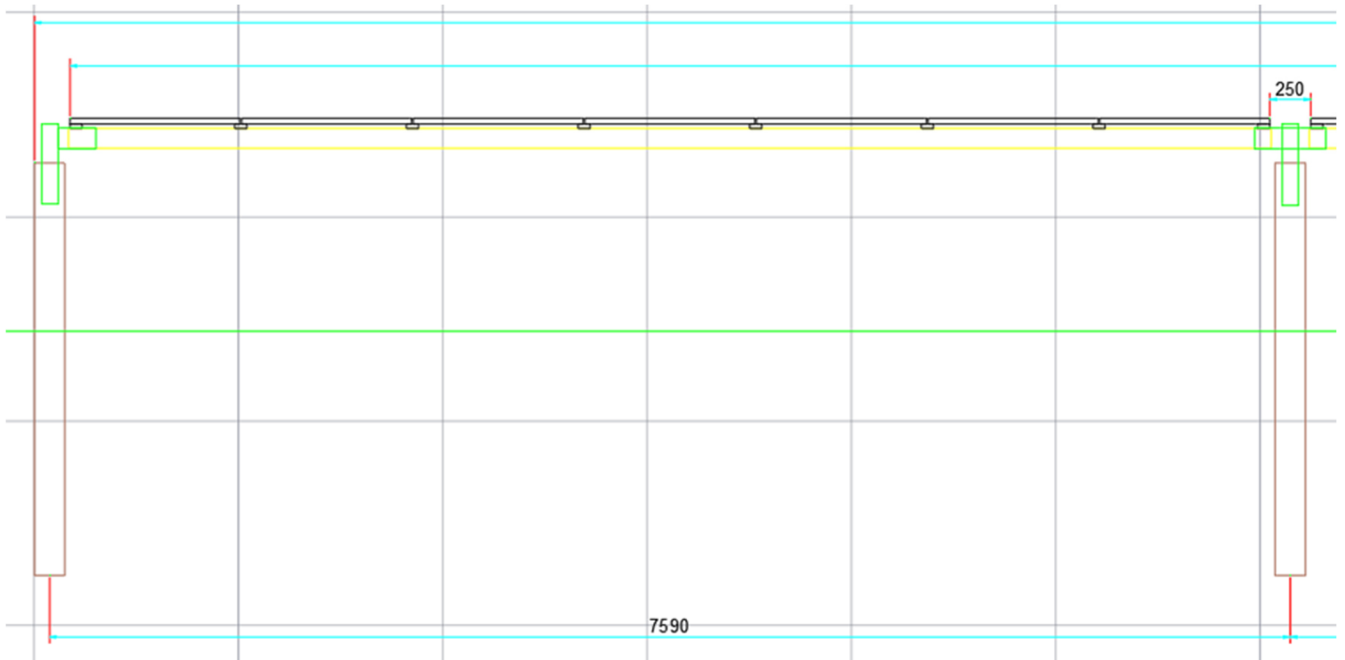


Figura 4-Distanza strutture di supporto verticali

Di seguito viene riportata una vista assometrica allo scopo di consentire una migliore comprensione delle strutture.

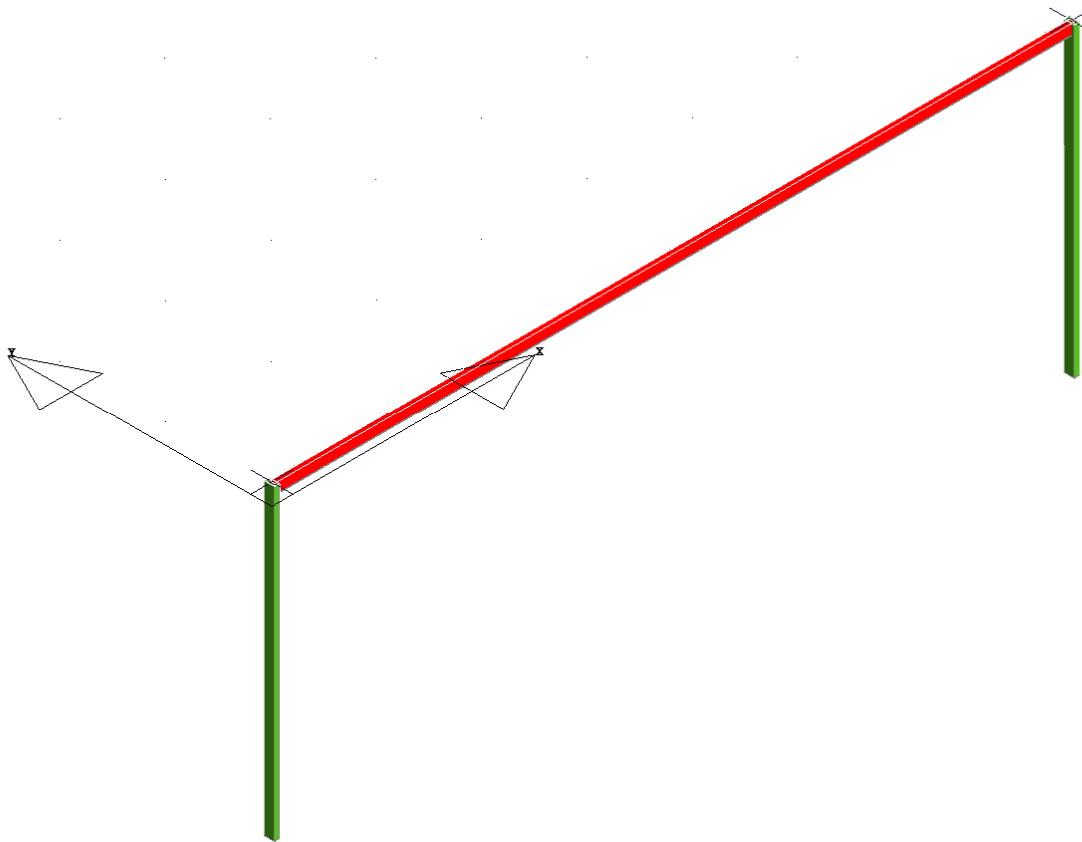


Figura 5: Vista assometrica della struttura di sostegno dei pannelli FV

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

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.

3. 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:

Caratteristiche acciaio

N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	f _{yk,1} /	f _{tk,1} /	f _{yd,1} /	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7}	
						f _{yk,2}	f _{tk,2}	f _{yd,2}							NCn t	Cnt
	[N/m ²]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
S275 - (S275)																
001	78.500	0,000012	210.00 0	80.769	P	275,00	430	261,90	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
						255,00	410	242,86								

Caratteristiche acciaio

N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7}	
															NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							

LEGENDA:

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

4. TERRENO DI FONDAZIONE

Il rilevamento geologico di campagna eseguito ha permesso di cartografare e distinguere le seguenti Unità Litologiche affioranti nel territorio studiato, descritte in ordine cronologico dalla più recente alla più antica.

Le unità affioranti fanno parte dei depositi della Catena Appenninica meridionale e si estendono sulla dorsale di Valsinni delimitata ad ovest dal bacino di Sant’Arcangelo. I terreni affioranti rientrano nel complesso Sicilide e nel complesso di Oriolo che rappresenta terreni sedimentati post – orogene, mentre la successione Sicilide si distingue in due falde: Falda di Rosito e Falda di rocca Imperiale.

Le unità sono così descritte dalla più antica alla più giovane:

Successione Sicilide.

Falda di Rosito:

- ***Membro di Sant’Arcangelo:*** questo membro fa parte della formazione delle argille variegata, ed è caratterizzato da un’alternanza di calcari e calcari marnosi grigio chiari o biancastri tipo maioilica, con strati di circa 10-15 m e di argille grigio verdi scure con intercalazioni di arenarie, brecciole calcaree, siltiti e argille brune e rosse. L’età è del Cretaceo sup. – paleocene. Tale membro ha uno spessore compreso tra 500 e 1000 m.

Complesso di Oriolo:

- ***Argille marnose grigio verdi:*** Questi sedimenti sono costituiti da Argille marnose grigio scure – nere in facies salmastra passanti ad argille sabbiose con qualche livello di conglomerati poligenico, lo spessore è di circa 60 m. L’età è del Pliocene inferiore.
- ***Sabbie conglomerati e calcareniti:*** Questi sedimenti sono costituiti da sabbie, conglomerati e da calcareniti passanti ad argille biancastre, sono sedimenti affioranti lungo il Fiume Agri, il Fosso Pisciotta e in località Monticelli.

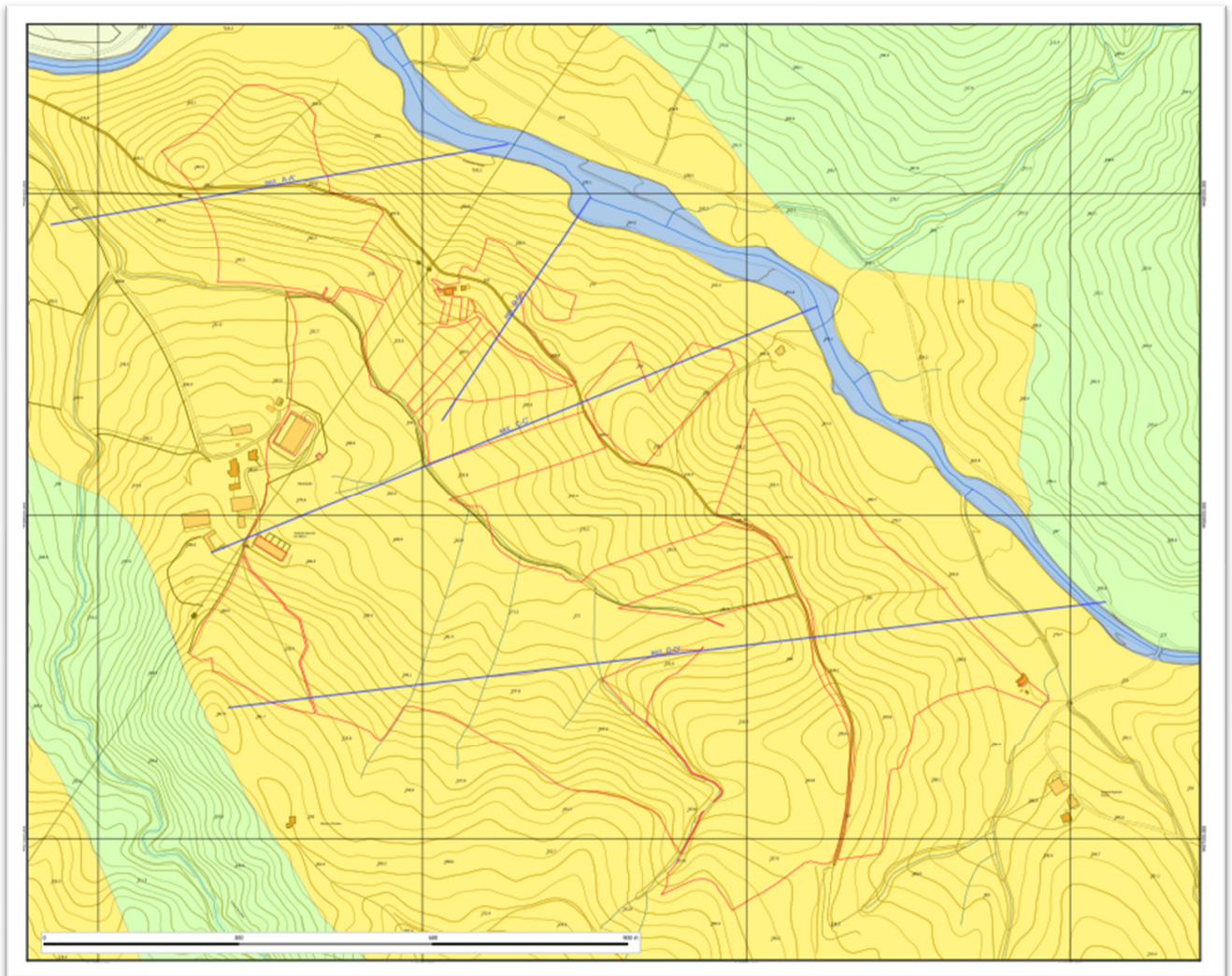
Depositi Recenti.

- ***Depositi Alluvionali recenti:*** rappresentano i sedimenti che fiancheggiano i corsi d’acqua e sono costituiti da ghiaie e sabbie.








In particolare nell’area di progetto risultano affioranti le seguenti unità dalla più antica alla più

recente:

- **Argille marnose grigio verdi:** Argille marnose grigio scure – nere passanti ad argille sabbiose con qualche livello di conglomerati poligenico. (Pliocene inferiore).
- **Depositi Alluvionali recenti:** costituiti da ghiaie e sabbie. (Attuale).



LEGENDA

-  Membro di Sant’Arcangelo: Alternanza di calcari e calcari marnosi grigio chiari o biancastri e di argille grigio verdi scure con intercalazioni di arenarie, brecciole calcaree, siltiti e argille brune e rosse. Cretaceo sup.– Paleocene.
-  Argille marnose grigio verdi: Argille marnose grigio scure – nere passanti ad argille sabbiose con qualche livello di conglomerati poligenico. Pliocene inferiore.
-  Sabbie conglomerati e calcareniti: Questi sedimenti sono costituiti da sabbie, conglomerati e da calcareniti passanti ad argille biancastre.
-  Argille marnose siltose di colore da azzurro a grigio-verdi compatte con intercalazioni di sabbie gialle e grigio-nere.
-  Depositi alluvionali recenti costituiti da ghiaie e sabbie.
-  Area dell’Impianto Fotovoltaico
-  Traccia di sezione

Stralcio della carta geologica dell’area di progetto.

Il modello geologico-tecnico del sottosuolo rappresenta la sintesi delle indagini geologiche e geotecniche eseguite.

Sono state individuate e distinte due unità geotecniche caratterizzate da uniformità sia litologiche che in termini di comportamento fisico-meccanico e geofisico, è stato possibile attribuire a ciascuna delle unità litostratigrafiche affioranti nell’area di progetto i valori delle proprietà fisico-meccaniche che meglio ne descrivono il comportamento globale.

Nel modello geologico tecnico non sono stati assegnati parametri geotecnici alla copertura vegetale di circa 1.m di spessore in quanto non utilizzabile ai fini fondali.

Unità	Descrizione litologica
Unità Geotecnica I	Argilla marnosa e argilla sabbiosa con livelli di conglomerati poligenici.
Unità Geotecnica II	Argilla marnosa e argilla sabbiosa con livelli di conglomerati da molto consistenti a estremamente consistenti.

Parametri caratteristici

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

Unità Geotecnica	γ_v (KN/m ³)	ϕ'	Cu (KPa)
I	19.0	23.4	78
II	24	31.8	272

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II D.M. 2018)

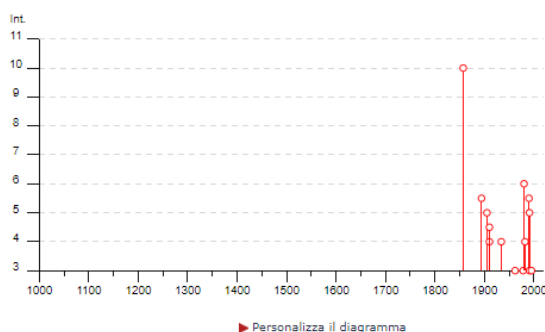
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

4.1 Sismicità dell’area

L’area in oggetto è caratterizzata da un’attività sismica di energia da bassa a moderata. Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2015 creato dal INGV nel periodo di tempo intercorso tra 1857 e il 2006 sono stati registrati e catalogati 18 terremoti con una magnitudo con una intensità epicentrale variabile da 5 a 11 e un momento magnitudo compreso tra 4.13 e 7.12. Di seguito si riportano gli eventi catalogati e il grafico della distribuzione temporale della magnitudo.

Sant’Arcangelo

PlaceID IT_63324
 Coordinate (lat. lon) 40.246, 16.274
 Comune (ISTAT 2015) Sant’Arcangelo
 Provincia Potenza
 Regione Basilicata
 Numero di eventi riportati 18



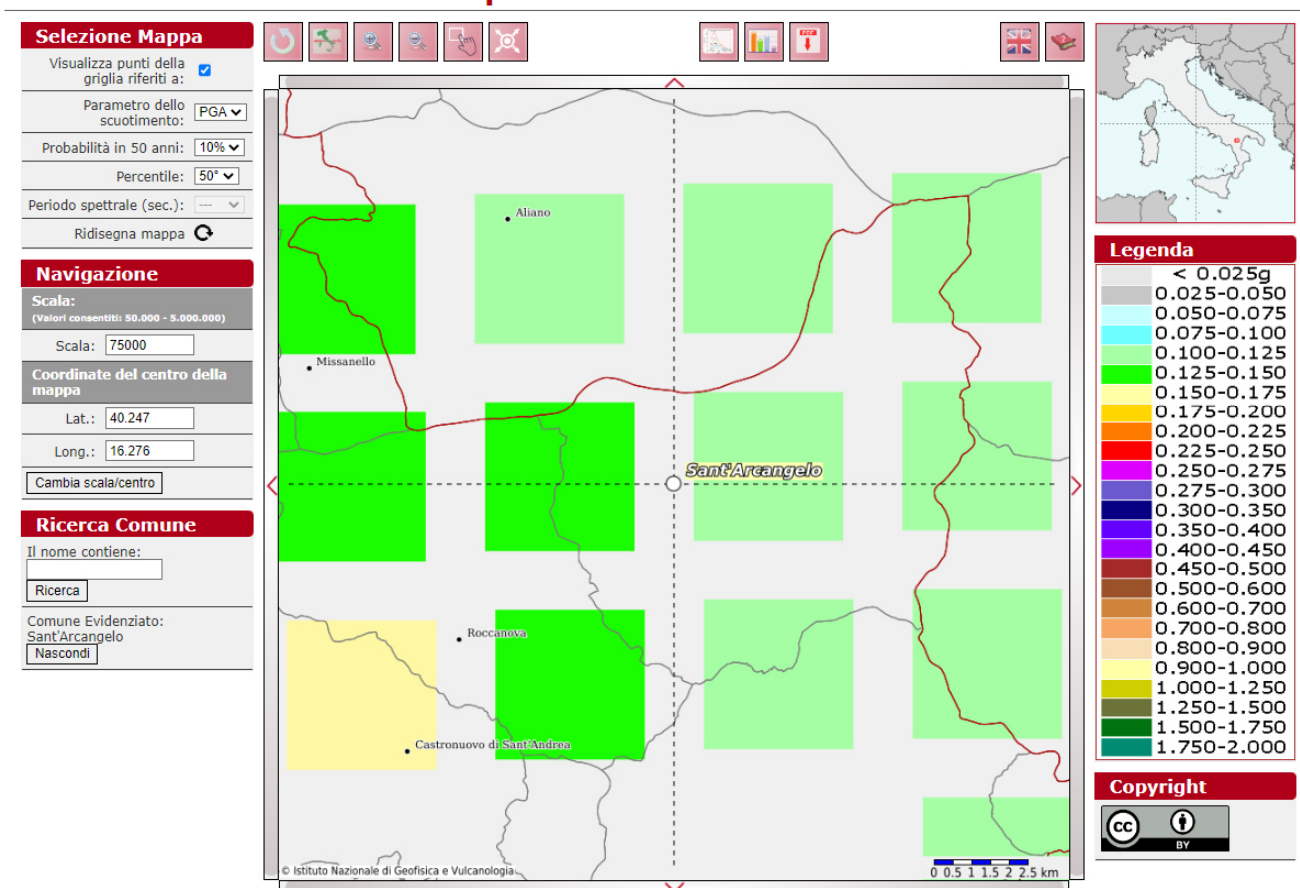
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
10	1897	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
NF	1893	01	25				Vallo di Diano	134	7	5.15
5-6	1894	05	28	20	15		Pollino	122	7	5.01
5	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
4	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4-5	1910	10	03	11	04		Basilicata meridionale	36	5-6	4.62
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
4	1934	07	03	16	11		Castelsaraceno	18	6	4.55
3	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
3	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1982	03	21	09	44	0	Golfo di Policastro	125	7-8	5.23
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3	1991	04	18	19	24	0	Piana di Metaponto	26		4.13
5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1995	05	29	20	44	2	Val d’Agri	103	5	4.18
NF	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabra settentrionale	161		4.70

Grafico della distribuzione temporale e dei terremoti che hanno interessato l’area in oggetto

In relazione alla relativa vicinanza di importanti strutture sismo genetiche attivate frequentemente, soprattutto nella catena appenninica, le stime di pericolosità effettuate hanno fornito valori di accelerazioni di picco del suolo (PGA), con probabilità del 10% di essere superate in 50 anni, comprese tra 0.100 e 0.125 g.



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



5. ANALISI DEI CARICHI

Le forze agenti sulla fondazione in esame sono di seguito descritte:

Tabella 1: Analisi dei carichi agenti sulla fondazione

ANALISI DEI CARICHI			
P_{pan.}	Peso Proprio PANNELLO	0.37	kN
P_{neve}	Neve	0.50	kN/m ²
P_{vento}	Vento	0.45	kN/m ²

Considerando il peso di 14 pannelli agenti sulla trave si avrà:

$$(0,37 \times 14) / 7.6 = 0,70 \text{ kN/m}$$

Di seguito schematizzazione della struttura:

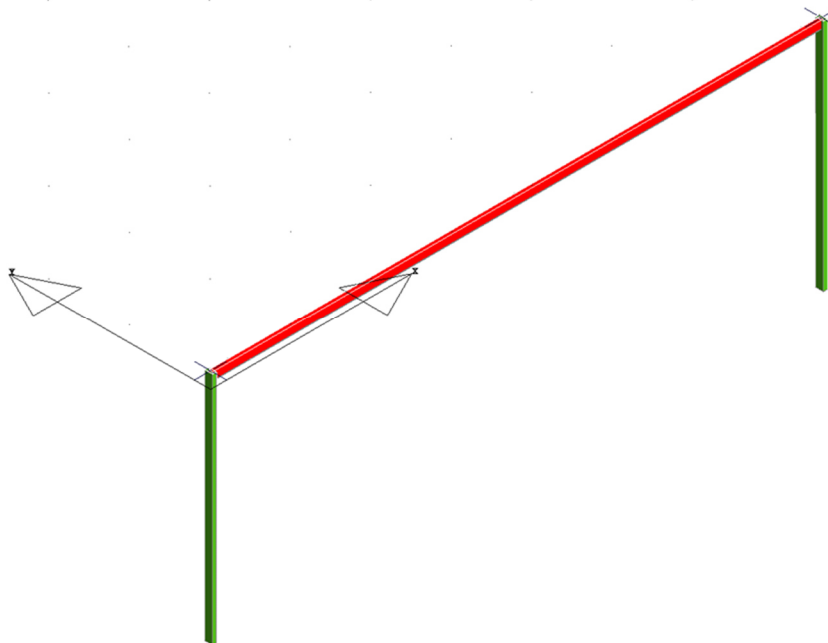


Figura 6: Distribuzione carichi lineari dei pannelli FV

Le azioni della neve e del vento sono di seguito dettagliate.

5.1 Carico neve

In accordo con le NTC2018, considerando un’altitudine sul livello del mare pari a 250m, classe di topografia normale (coefficiente di esposizione pari a 0,9), coefficiente termico pari a 1 ed inclinazione della falda 20° si ottiene un valore del **carico neve pari a 0.50 kN/m²**.

4 CARICO NEVE SULLA COPERTURA E COMBINAZIONI DI CARICO

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/m}^2\text{])} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

μ_i (coefficiente di forma)

q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/m²])

C_E (coefficiente di esposizione)

C_t (coefficiente termico)

4.1 Combinazione per il caso di copertura ad una falda

Inclinazione falda	0 [deg]
--------------------	---------

μ_1	0,80
---------	------

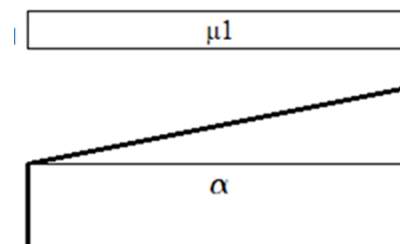


Figura 7: azione della neve per una falda inclinata a 20°

Considerando una lunghezza di influenza pari a 7 m gravante sulle travi, il carico distribuito sulle travi scatolari sarà pari a $0,50 \cdot 7 = 3,50 \text{ kN/m}$

5.2 Vento

In accordo con le NTC2018, considerando un’altitudine sul livello del mare pari a 250m, tempo di ritorno 50 anni, classe di rugosità del terreno D, inclinazione della falda 20° coefficiente aerodinamico pari a 1,8, coefficiente dinamico pari a 1 e coefficiente di esposizione pari a 1,8 (ed assimilando la struttura in esame al caso di tettoia ad uno spiovente avente le altezze riportate in figura 6).

Considerando l’inclinazione di 20° del pannello, si ottiene un valore del **carico vento pari a 0,45 kN/m²**.

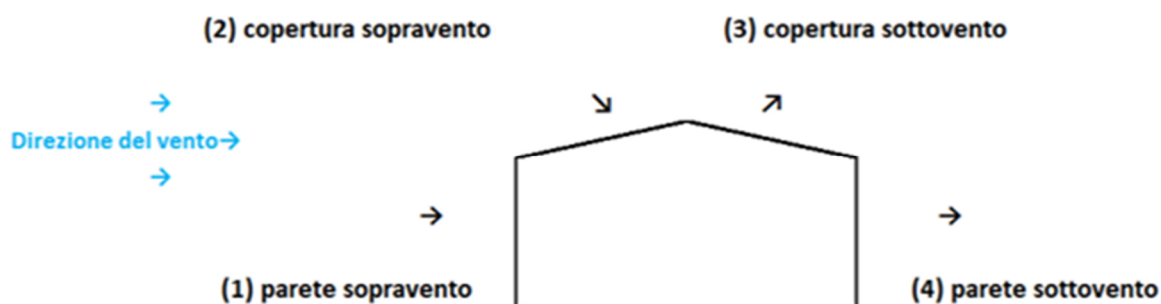


Figura 5: Azione del vento

Considerando una lunghezza di influenza pari a 7 m gravante sulle travi, il carico distribuito sulle travi scatolari sarà pari a $0.45 * 7 = 3.15$ kN/m.



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO
AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA
NOMINALE DI 39.90 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL
COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ)**

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

**DATA:
DICEMBRE
2023
Pag. 18 di 49**

5.3 Valutazione dell’azione sismica

Tenuto conto delle ridotte masse strutturali e non strutturali presenti e tenuto conto che la combinazione di carico sismica (SLU ed SLE) ai sensi delle NTC, non prevede cumulo con azioni da vento e neve (sotto la quota di 1000 m s.l.m.) si considera trascurabile l'effetto delle azioni sismiche.

Nel seguito di questo documento non verranno quindi sviluppate le verifiche relative.

6. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le azioni sulla struttura sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (1)$$

dove:

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell’acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta pretensione e precompressione;

Q azioni sulla struttura o sull’elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un’intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$ coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 17 gennaio 2018;

ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula precedente).

Se si è in zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L’azione sismica va combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E eventuale azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
- Q_{ki} valore caratteristico dell’azione variabile Q_i .

Gli effetti dell’azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 14 gennaio 2018, sono state effettuate con l’Approccio 2 come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 17 gennaio 2018, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 2.6.II tutti unitari), i valori calcolati delle resistenze totali dell’elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO.

Tabella 2: Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_R)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_G

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.

Tabella 3: Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell’angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell’unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

I valori di resistenza del terreno sono stati verificati tramite i coefficienti della colonna R3 pali infissi definiti nella Tab. 6.4.II del D.M. 2018

Tabella 4: Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

* da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. PESO PROPRIO	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
2. SOVRACCARICO PERMAN.	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
3. Var.Neve h<=1000	.75	1.50	.75	1.50	.75	.75	1.50	.75	.75	1.50	.75	.75	1.50	.75
4. Var.Coperture	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
5. Vento dir. 0	0.00	0.00	.90	.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6. Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.90	.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.90	.90	1.50	0.00	0.00	0.00
8. Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.90	.90	1.50

Figura 8 - Combinazioni di calcolo

7. MODELLO DI CALCOLO

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

Viene definita un’opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.

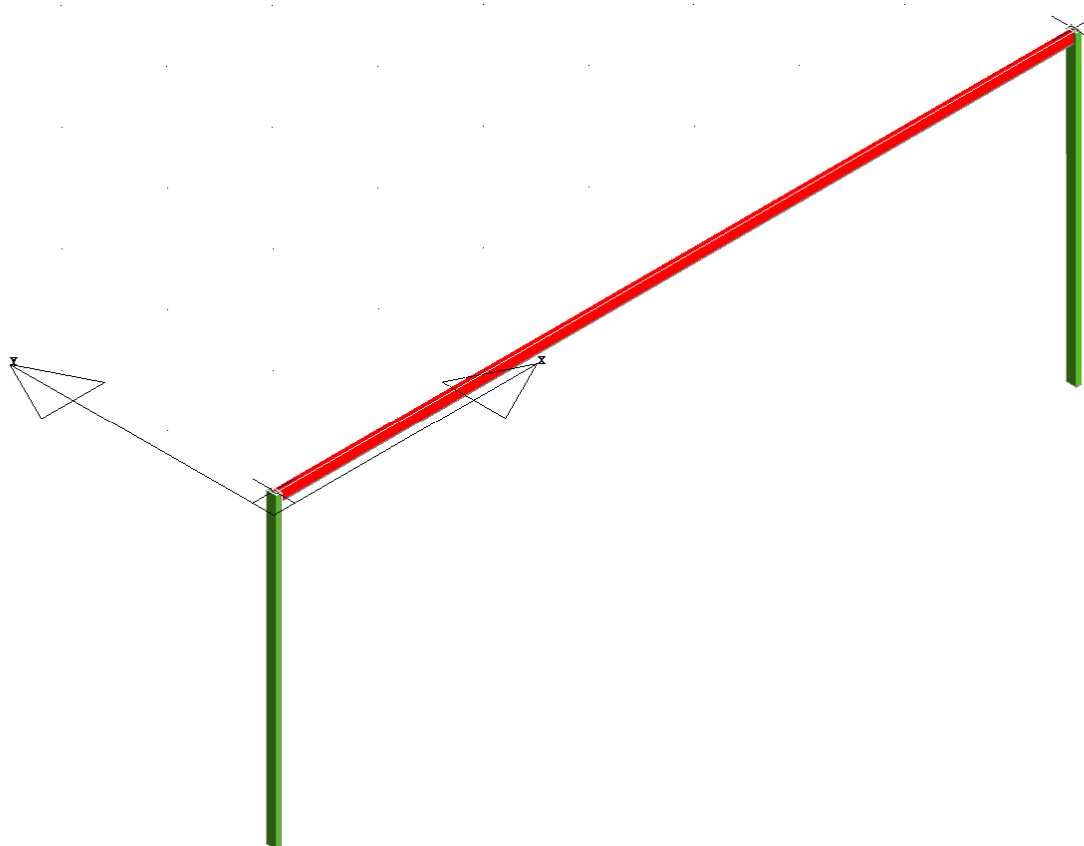


Figura 9 - Modellazione struttura pannelli

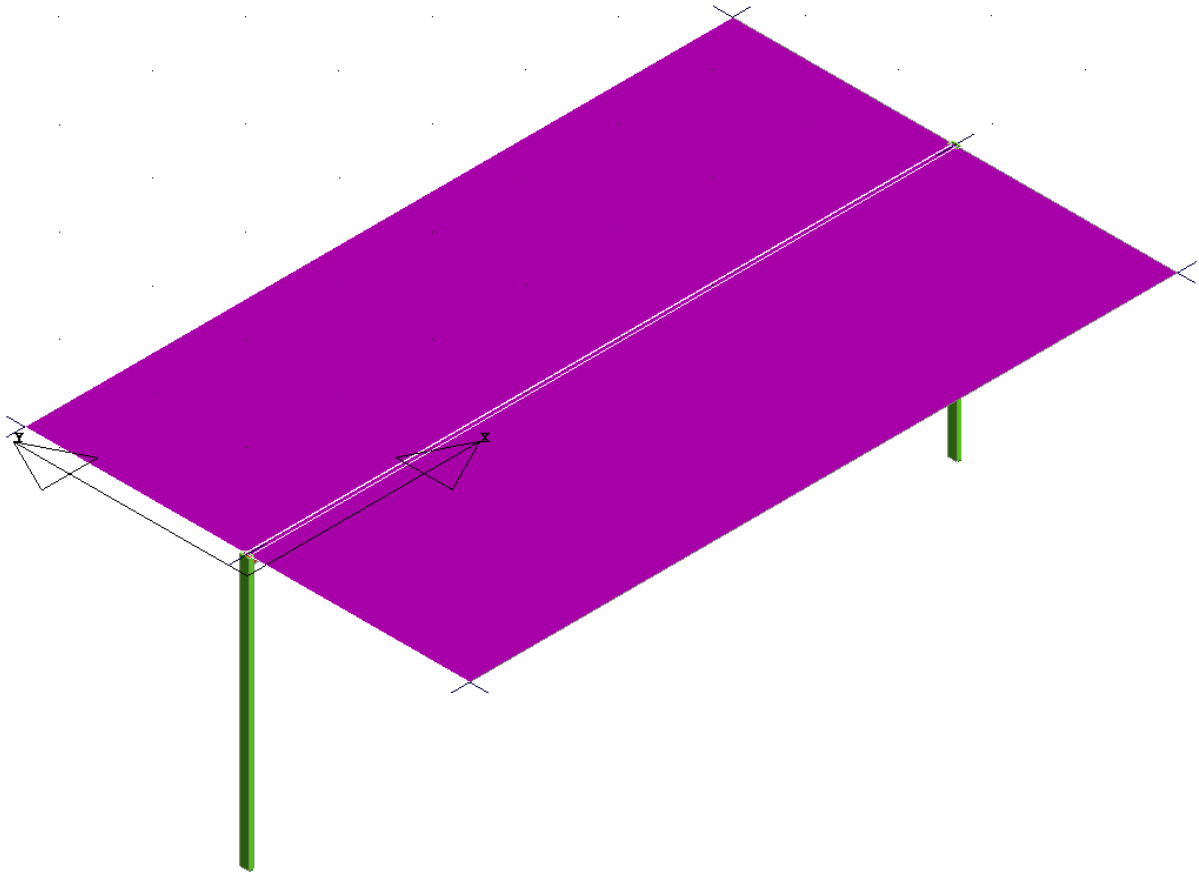



Figura 10 - Modellazione struttura pannelli.

La modellazione è stata fatta fatta ipotizzando un unico pannello, mentre in realtà per ogni struttura, come detto precedentemente, sono presenti 7 pannelli per lato.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 39.90 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 25 di 49</p>
---	---	---

8. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le fondazioni delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici saranno costituite da pali in acciaio di profilo **scatolari 120x185**.

L’avanzamento nel terreno alla profondità desiderata avviene attraverso un processo di battitura del palo. In accordo con le NTC2018, le verifiche sono state effettuate secondo l’Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3); sono stati considerate le caratteristiche meccaniche dei terreni riportate nella Relazione Geologica

8.1 Capacità portante dei pali

Il calcolo della capacità portante dei pali segue la trattazione teorica del carico limite dei pali di fondazione. Ai fini del calcolo, il carico limite di un palo Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta P_{lim} e la resistenza laterale S_{lim} :

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove:

P_{lim} è la resistenza alla punta che nel caso in esame è stata posta pari a zero in quanto la superficie alla punta del palo è approssimabile a zero;

$$S_{lim} = s * \text{perimetro} * L$$

$$s = \mu * k * \sigma'_{v0}$$

I coefficienti μ e k sono stati definiti dalla tabella seguente.

Tabella 5: Valori di k e μ in funzione del tipo di palo e del terreno

Tipo di palo	k (S)	k (D)	μ
Batt. profilato	0.7	1.0	0.36
Batt. tubo acc. chiuso	1.0	2.0	0.36
Batt. Cls prefabbricato	1.0	2.0	$\tan(0.75\varphi')$
Batt. Cls gettato	1.0	3.0	$\tan(\varphi')$
Trivellato	0.5	0.4	$\tan(\varphi')$
Elica continua	0.7	0.9	$\tan(\varphi')$

Ipotizzando una profondità di infissione di 2.5 metri si ha

$$\sigma'_{v0} = \gamma * L/2 = 26.5 * 2.5/2 = 33.13 \text{ kN/m}^2$$

- γ = peso di volume
- L = lunghezza di infissione del palo
- perimetro del profilo = $2*0.19+2*0.12=0.62\text{m}$
- $\mu = 0.7$ e $k (D) = 1.0$ (Batt. profilato)

Quindi la resistenza laterale del palo S_{lim} è risultata pari a:

$$Q_{lim} = S_{lim} = 11.93 \cdot 0.62 \cdot 2.5 = 18.49 \text{ kN}$$

8.2 Verifica a carico limite verticale dei pali

Lo sforzo normale di progetto N_{ed} rappresenta il carico di esercizio agente in fondazione quindi si avrà:

$$N_{ed} = Q_{es} = 0.58 \text{ kN}$$

$$Q_{lim} = S_{lim} = 18.49 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta essendo il rapporto tra $\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} \geq \gamma_s$ dove :

- $\gamma_s=1.15$ è il coefficiente laterale in compressione funzione del tipo di palo come riportato nella tabella 6.4.II della NTC2018
- $\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} = 31.09 \geq 1.15$

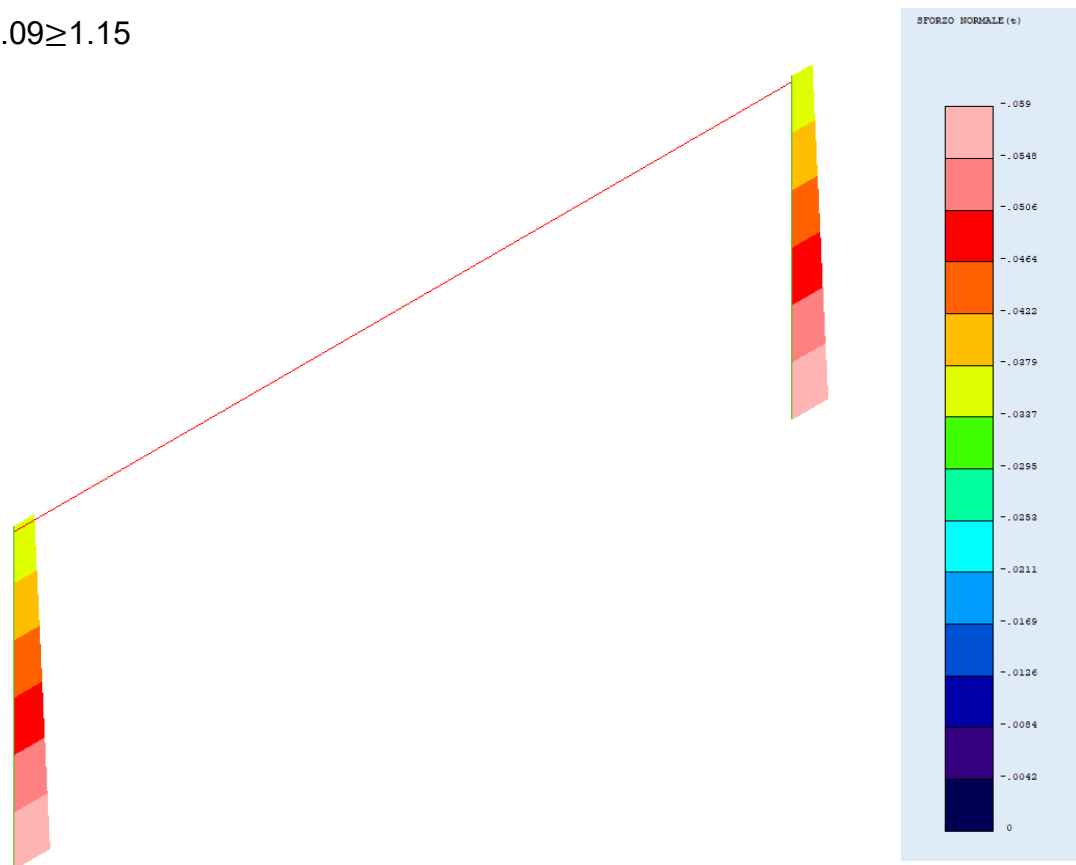


Figura 11-Diagramma sforzo normale

8.3 Verifica a sfilamento dei pali

Per la verifica a sfilamento del palo di fondazione (considerando una lunghezza di influenza di 7.60m) è stata considerata l’azione del vento pari a:

$$P_{vento} = 0,45 \times 2,5 \times 7,6 = 8,55 \text{ kN}$$

che agisce sulla parte della struttura sottovento, in quanto risulta essere la più elevata. Trascurando a vantaggio di sicurezza, il contributo resistente allo sfilamento dovuto al peso del montante e dei pannelli, la combinazione di carico utilizzata è la seguente:

$$Q_{es} = -(\gamma_{Qi} * P_{vento})$$

Dove:

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili Q

$$Q_{es} = - (1,5 * 8.55) = - 12,83 \text{ kN}$$

A vantaggio di sicurezza viene amplificato solo il carico vento.

Essendo $S_{lim} = 18,49 \text{ kN}$ si ha un rapporto pari a:

$$\frac{S_{lim}}{Q_{es}} = |1,44|$$

Il rapporto tra S_{lim} e Q_{es} risulta maggiore di $\gamma_{st}=1.25$, ovvero il coefficiente laterale in trazione, come riportato nella tabella 6.4.II della NTC2018, perciò la verifica a sfilamento del palo risulta soddisfatta.

Per quanto non espressamente riportato nel presente elaborato, si rinvia ad una fase successiva di progettazione.

ALLEGATO: Tabulati di calcolo

DATI GENERALI DI STRUTTURA

DATI GENERALI DI STRUTTURA

Massima dimens. dir. X (m)	7.60	Altezza edificio (m)	2.90
----------------------------	------	----------------------	------

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

Massima dimens. dir. Y (m)	0.00	Differenza temperatura(°C)	15
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	II Cu=1.0
Longitudine Est (Grd)	16.35294	Latitudine Nord (Grd)	40.26121
Categoria Suolo	A	Coeff. Condiz. Topogr.	1.00000
Sistema Costruttivo Dir.1	Acciaio	Sistema Costruttivo Dir.2	Acciaio
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	PRESENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0.00000
Tipo Intervento	ADEGUAMENTO	Tipo Analisi Sismica	LINEARE
Livello Sicurezza Min. (%)	100		
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.O.			
Probabilita' Pvr	0.81	Periodo di Ritorno Anni	30.00
Accelerazione Ag/g	0.04	Periodo T'c (sec.)	0.28
Fo	2.42	Fv	0.64
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.00	Periodo TB (sec.)	0.09
Periodo TC (sec.)	0.28	Periodo TD (sec.)	1.75
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0.63	Periodo di Ritorno Anni	50.00
Accelerazione Ag/g	0.05	Periodo T'c (sec.)	0.32
Fo	2.44	Fv	0.72
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.00	Periodo TB (sec.)	0.11
Periodo TC (sec.)	0.32	Periodo TD (sec.)	1.79
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0.10	Periodo di Ritorno Anni	475.00
Accelerazione Ag/g	0.11	Periodo T'c (sec.)	0.45
Fo	2.61	Fv	1.16
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.00	Periodo TB (sec.)	0.15
Periodo TC (sec.)	0.45	Periodo TD (sec.)	2.03
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 1			
Classe Duttilita'	NON dissip.	Sotto-Sistema Strutturale	Intelaiat
AlfaU/Alfa1	1.30	Fattore di comportam 'q'	1.50
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 2			
Classe Duttilita'	NON dissip.	Sotto-Sistema Strutturale	Intelaiat
AlfaU/Alfa1	1.30	Fattore di comportam 'q'	1.50
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per carpenteria	1.05	Verif.Instabilita' acciaio:	1.05
Legno per comb. eccez.	1.00	Legno per comb. fundament.:	1.30
Livello conoscenza	LC2		
FRP Collasso Tipo 'A'	1.10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1.20
FRP Collasso Tipo 'B'	1.25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1.50
FRP Resist. Press/Fless	1.00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1.20
FRP Resist. Confinamento	1.10		

DATI GENERALI DI STRUTTURA

DATI DI CALCOLO PER AZIONE VENTO

Zona Geografica	3	Altitudine s.l.m. (m)	250.00
Distanza dalla costa (km)	90.00	Tempo di Ritorno (anni)	50.00
Classe di Rugosita'	D	Coefficiente Topografico	1.00
Coefficiente dinamico	1.00	Coefficiente di attrito	0.02
Velocita' di riferim. (m/s)	27.02	Pressione di riferim.(kg/mq)	45.63
Categoria di Esposizione	II		

Edificio dotato di porosita' distribuita uniforme

Il calcolo delle azioni del vento e' effettuato in base al punto 3.3 delle NTC e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

DATI DI CALCOLO PER AZIONE NEVE

Zona Geografica	III	Coefficiente Termico	1.00
Altitudine sito s.l.m. (m)	250	Coefficiente di forma	0.80
Tipo di Esposizione	Normale	Coefficiente di esposizione	1.00
Carico di riferimento kg/mq	64	Carico neve di calcolo kg/mq	51.00

Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

COORDINATE E TIPOLOGIA FILI FISSI

Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m	Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m
1	0.00	0.00	2	7.60	0.00

QUOTE PIANI SISMICI ED INTERPIANI

Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp XY	Alt.	Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp XY	Alt.
0	0.00	Piano Terra			1	2.90	Piano sismico	NO	NO

PILASTRI IN ACCIAIO QUOTA 2.9 m

Filo N.ro	Sez. N.ro	Tipologia	Ang. (Grd)	dx (cm)	dy (cm)	Crit. N.ro	Tipo Elemento ai fini sismici
1	843	TUBOQ120*120*4	0.00	0.00	0.00	101	SismoResist.
2	843	TUBOQ120*120*4	0.00	0.00	0.00	101	SismoResist.

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

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Peso Strutturale	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Perm.Non Strutturale	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Var.Neve h<=1000	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75
Var.Coperture	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
Vento dir. 0	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

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

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50
Var.Coperture	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Vento dir. 0	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Var.Coperture	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 0	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20


COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00
Var.Coperture	0.00
Vento dir. 0	0.00
Vento dir. 90	0.00
Vento dir. 180	0.00
Vento dir. 270	0.00

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

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	2
Categoria del Suolo	A
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	40.26121
Longitudine del sito oggetto di edificazione	16.35294

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 39.90 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ)</p> <p align="center">RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 33 di 49</p>
---	---	--

• **INFORMAZIONI GENERALI SULL’ANALISI SVOLTA**

• *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l’applicazione delle
“Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

• *REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)*

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

• *MISURA DELLA SICUREZZA*

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

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

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

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

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

In particolare si è verificata:

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

materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;
la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell’uso e nella durata l’utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell’allegato fascicolo delle calcolazioni;
la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;
Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

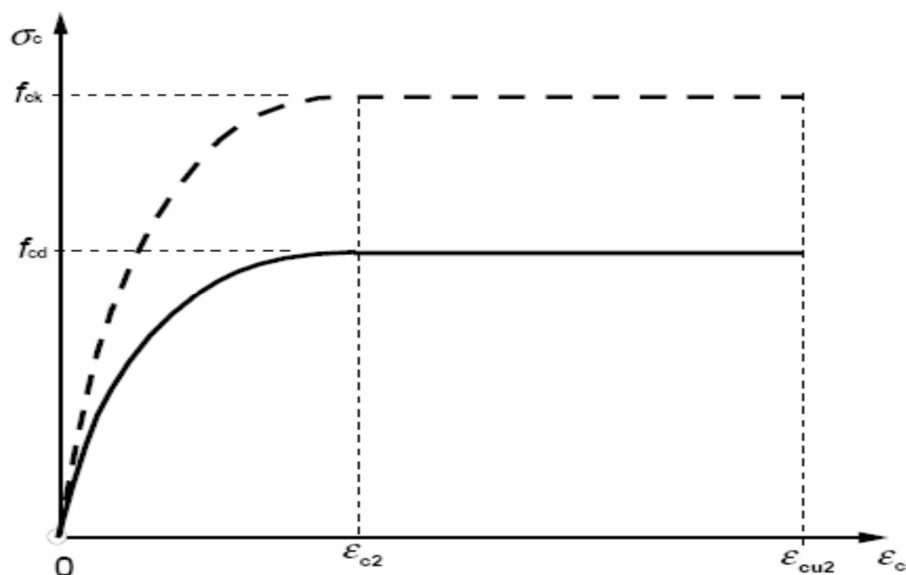
- MODELLI DI CALCOLO

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.

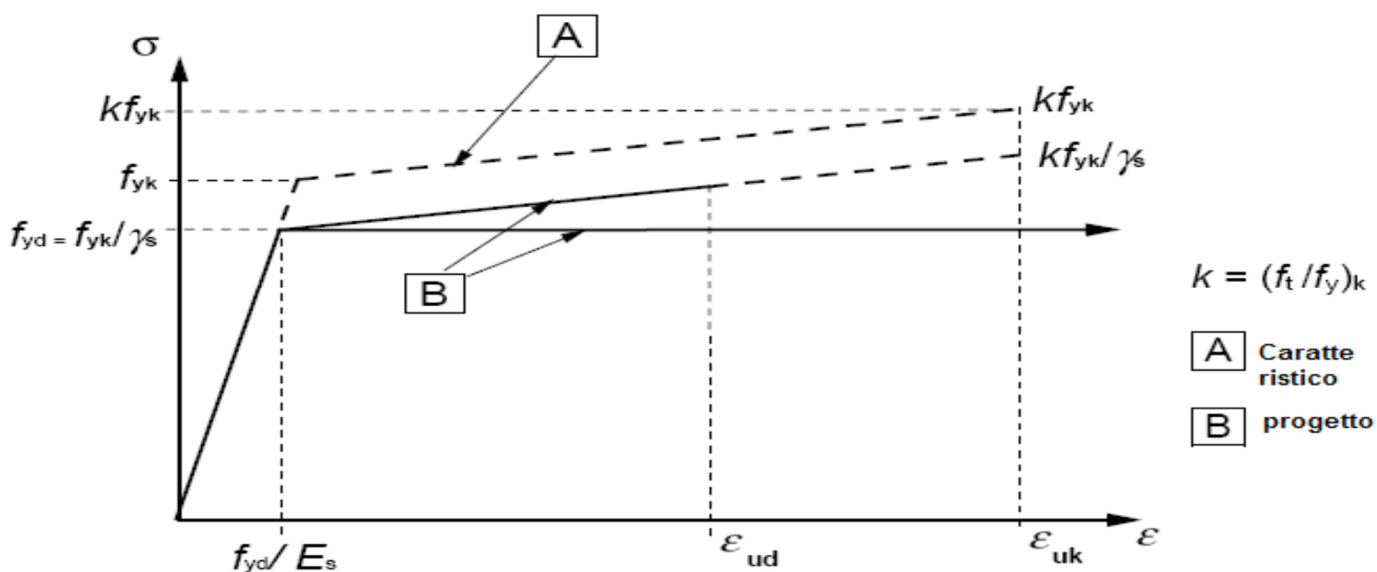
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



Legame costitutivo di progetto parabolarettangolo per il calcestruzzo.

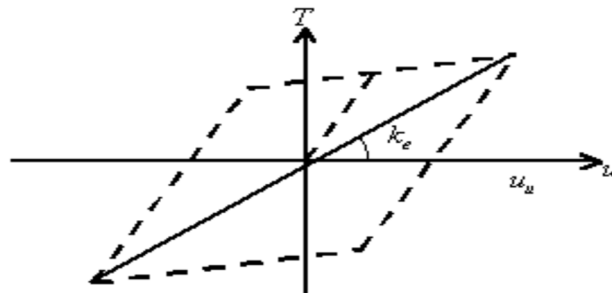
Il valore ϵ_{cu2} nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata

per l'acciaio.

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



Legame costitutivo per gli isolatori.

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

• AZIONI SULLA COSTRUZIONE

• AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

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


Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

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

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 39.90 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ) RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 37 di 49
---	--	--

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.

• *DESTINAZIONE D’USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE*

Per la determinazione dell’entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d’uso. I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d’uso dell’opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

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

Categ.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [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

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

	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	• Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	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	• Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	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_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati Q_k essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

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

• **AZIONI DOVUTE AL VENTO**

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

- AZIONI DOVUTE ALLA SPINTA DELLE TERRE

La spinta delle terre sui setti è calcolata, se attivata la sola condizione statica, utilizzando un principio di spinta a riposo, ottenuto riducendo del 40% i valori degli angoli di attrito del terreno ed applicando la formula di Muller-Breslau. Se viene attivata la spinta sismica invece si adotta il criterio di spinta attiva, utilizzando la formulazione di Coulomb.

- AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

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

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

- NEVE

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

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

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

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

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


per un periodo di ritorno di 50 anni;

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

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

- AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

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

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 39.90 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 40 di 49</p>
---	---	---

- 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 γ_{G_i} e γ_{Q_j} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

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

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


I valori dei coefficienti ψ_2 j 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.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “SANT’ARC. 1” DELLA POTENZA NOMINALE DI 39.90 MW IN LOCALITA’ “MONTICELLI” NEL COMUNE DI SANT’ARCANGELO (PZ)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023</p> <p style="text-align: center;">Pag. 41 di 49</p>
---	---	---

- COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

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

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 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 ≤ 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 γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA TRAVI**

- Tratto** : Le aste adiacenti a setti e piastre vengono suddivise in sottoelementi per garantire la congruenza. Il numero di “TRATTO” identifica la posizione sequenziale del sottoelemento attuale a partire dall'estremo iniziale
- Filo in.** : Filo iniziale
- Filo fin.** : Filo finale

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun estremo dell'asta:

- Alt.** : Altezza dell'estremità dell'asta dallo spiccatto di fondazione
- Tx** : Taglio lungo la direzione dell'asse 'X' del sistema di riferimento locale di asta (principale d'inerzia)
- Ty** : Taglio lungo la direzione dell'asse 'Y' del sistema di riferimento locale di asta
- N** : Sforzo assiale
- Mx** : Momento agente con asse vettore parallelo all'asse 'X' del sistema di riferimento locale di asta
- My** : Momento agente con asse vettore parallelo all'asse 'Y' del sistema di riferimento locale di asta
- Mt** : Momento torcente dell'asta (agente con asse vettore parallelo all'asse

'Z' locale)

• SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA SHELL

SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE (s.r.l.): Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è così definito:

Origine	: I° punto di inserimento dello shell
Asse 1	: Asse X nel s.r.l., definito dal punto origine e dal II° punto di inserimento, nel verso di quest'ultimo
Piano 12	: Piano XY nel s.r.l., definito dai punti origine, II° e III° di inserimento
Asse 2	: Asse Y nel s.r.l., ottenuto nel piano 12 con una rotazione antioraria di 90° dell'asse X intorno al punto origine, in modo che l'asse I-II si sovrapponga all'asse I-III con un angolo < 180°
Asse 3	: Asse Z nel s.r.l., ortogonale al piano 12, in modo da formare una terna destra con gli assi 1 e 2

Le tensioni di lastra (S) sono costanti lungo lo spessore. Le tensioni di piastra (M) variano linearmente lungo lo spessore, annullandosi in corrispondenza del piano medio (diagramma emisimmetrico o “a farfalla”). I valori del tensore degli sforzi sono riferiti alla faccia positiva (superiore nel s.r.l.) di normale 3 (esempio: Xij tensione X agente sulla faccia di normale i e diretta lungo j).

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun nodo dell'elemento bidimensionale:

Shell Nro	: numero dell'elemento bidimensionale
nodo N.ro	: numero del nodo dell'elemento bidimensionale a cui sono riferite le tensioni S di lastra e M piastra
S11	: tensione normale di lastra
S22	: tensione normale di lastra
S12	: tensione tangenziale di lastra (S12 = S21)
M11	: tensione normale di piastra sulla faccia positiva
M22	: tensione normale di piastra sulla faccia positiva
M12	: tensione tangenziale di piastra sulla faccia positiva

Tabulato di stampa dei carichi nodali equivalenti applicati nei nodi degli shell.

Shell Nro	: numero dell'elemento bidimensionale
nodo N.ro	: numero del nodo dell'elemento bidimensionale a cui sono i carichi nodali degli shell
Tx	: Forza nodale in direzione X del sistema di riferimento locale
Ty	: Forza nodale in direzione Y del sistema di riferimento locale
Tz	: Forza nodale in direzione Z del sistema di riferimento locale
Mx	: Momento nodale con asse vettore parallelo all'asse X del sistema di riferimento locale
My	: Momento nodale con asse vettore parallelo all'asse Y del sistema di riferimento locale
Mz	: Momento nodale con asse vettore parallelo all'asse Z del sistema di riferimento locale

• VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO

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

Fili N.ro	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

	<i>finale</i>
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Cmb N.r	: Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:
N Sd	: Sforzo normale di calcolo
MxSd	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
MySd	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
VxSd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
VySd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
T Sd	: Torsione di calcolo
N Rd	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
MxV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
MyV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
VxplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
VyplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
T Rd	: Torsione resistente
fy rid	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
Rap %	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
Sez.N	: Numero di archivio della sezione
Ac	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
Qn	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
Asta	: Numerazione dell'asta

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

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

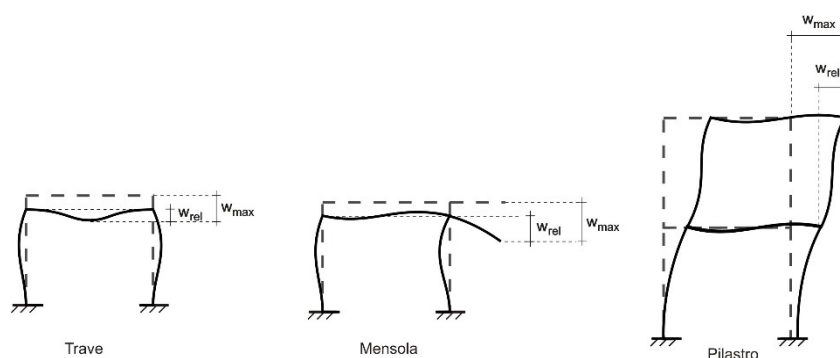
l	: Lunghezza della trave
$\beta \cdot l$: Lunghezza libera di inflessione
clas.	: Classe di verifica della trave
ϵ	: $(235/fy)^{(1/2)}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).
Lmd	: Snellezza lambda
R%_{pf}	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

R%ft	: <i>per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100</i>
	: <i>Rapporto di verifica per l’instabilità flessione-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]</i>
Wmax	: <i>Spostamento massimo</i>
Wrel	: <i>Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi</i>
Wlim	: <i>Spostamento limite</i>

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

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



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

Se:

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

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

N Rd → σ_n	: <i>Tensione normale dovuta a sforzo normale</i>
$M_x V.Rd \rightarrow \sigma_{M_x}$: <i>Tensione normale dovuta a momento M_x</i>
$M_y V.Rd \rightarrow \sigma_{M_y}$: <i>Tensione normale dovuta a momento M_y</i>
$V_x pl.Rd \rightarrow \tau_x$: <i>Tensione tangenziale dovuta a taglio T_x</i>
$V_y pl.Rd \rightarrow \tau_y$: <i>Tensione tangenziale dovuta a taglio T_y</i>
T Rd → τ_{M_t}	: <i>Tensione tangenziale da momento torcente</i>
$f_y rid \rightarrow$ Rapp. Fless	: <i>Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno</i>
Rap % → Rapp. Taglio	: <i>Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente</i>
clas. → KcC	: <i>Coefficiente di instabilità di colonna ($K_{crit,c}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]</i>

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

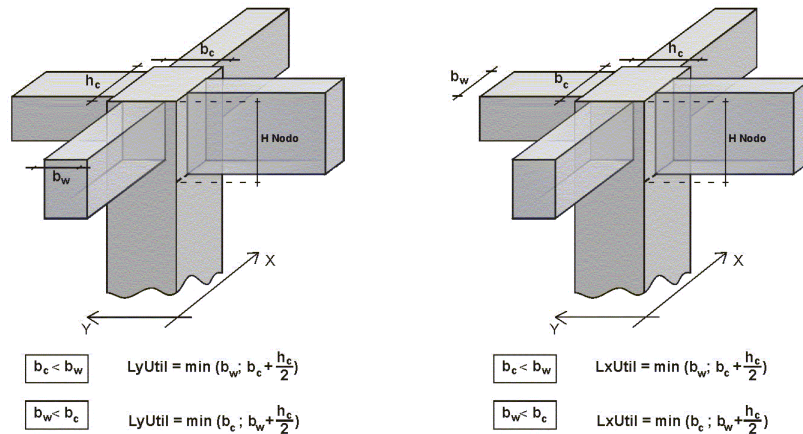
- l_{md} → K_{cM}** : Coefficiente di instabilità di trave ($K_{crit,m}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
- R%_{pf} → R_x** : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell’instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente K_m è applicato al termine del momento Y
- R%_{ft} → R_y** : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell’instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente K_m è applicato al termine del momento X

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

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

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche dei nodi trave-pilastro in calcestruzzo armato.



Filo N.ro : Numero del filo fisso del pilastro a cui appartiene il nodo

Quota (m) : Quota in metri del nodo verificato

Nodo3d N.ro : Numerazione spaziale del nodo verificato

Posiz. Pilastro : Posizione del pilastro rispetto al nodo; **SUP** indica che il nodo verificato e' l'estremo inferiore di un pilastro; **INF** indica che il nodo verificato e' l'estremo superiore del pilastro

Int. : Flag di nodo interno (SI=Interno X ed Y ; X=Solo Dir.X; Y=Solo Dir.Y; SP=Spigolo; NO=Esterno X o Y)

Sez. : Numero di archivio della sezione del pilastro a cui appartiene il nodo

Rotaz : Rotazione di input del pilastro a cui appartiene il nodo

HNodo : Altezza del nodo in calcestruzzo su cui sono state effettuate le verifiche calcolata in funzione dell'intersezione tra il pilastro e le travi convergenti

fck : Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

fy : Resistenza caratteristica allo snervamento dell'acciaio delle armature

LyUtil : Larghezza utile del nodo lungo la direzione Y locale del pilastro

AfX : Area complessiva dei bracci in direzione X locale del pilastro

LxUtil : Larghezza utile del nodo lungo la direzione X locale del pilastro

AfY : Area complessiva dei bracci in direzione Y locale del pilastro

Njbd (X/Y) : Sforzo Normale associato al Taglio sul nodo nella direzione X/Y locale del pilastro.

Vjbd (X/Y) : Taglio agente sul nodo nella direzione X/Y locale del pilastro.

VjbR (X/Y) : Resistenza biella compressa del nodo nella direzione X/Y locale del pilastro.

STATUS : Esito della verifica del nodo.

- *NON VER*: si supera la resistenza della biella compressa; non è verificata la formula [7.4.8]
- *ELASTICO*: il nodo verifica e rimane in campo non fessurato; le armature sono progettate con la formula [7.4.10]
- *FESSURATO*: il nodo verifica e risulta fessurato; le armature sono progettate con la formula [7.4.11] per i nodi interni e con la formula [7.4.12] per i nodi esterni

CARATT. PESO PROPRIO: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	T _x (t)	T _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	T _x (t)	T _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
------------	------------	-------------	-----------------------	-----------------------	----------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------	-------------	-----------------------	-----------------------	----------	-------------------------	-------------------------

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

CARATT. PESO PROPRIO: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	1	0.00	-0.01	0.00	-0.06	0.00	0.01
2	2.90	-0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	2	0.00	0.01	0.00	-0.06	0.00	-0.01
1	2.90	0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00

CARATT. SOVRACCARICO PERMAN.: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CARATT. Var.Neve h<=1000: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CARATT. Var.Coperture: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CARATT. Vento dir. 0: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01
2	2.90	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	2	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

CARATT. Vento dir. 90: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.00	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	-7.13	0.00	-20.68	0.00
2	2.90	0.00	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	-7.13	0.00	-20.68	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CARATT. Vento dir. 180: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
2	2.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00

CARATT. Vento dir. 270: ASTE

Tra tto	Filo n.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)	M _t (t*m)	Filo Fin.	Alt. (m)	r _x (t)	r _y (t)	N (t)	M _x (t*m)	M _y (t*m)
1	2.90	0.00	-7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	7.13	0.00	20.68	0.00
2	2.90	0.00	-7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	7.13	0.00	20.68	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D

DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxplRd Kg	VyplRd Kg	T Rd kg*m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Nover.	1	2.90		14	-44	0	35	18	-10695	0	0	0	0	4833	9667	456	0	111
TUBOQ100*5	qn=	0		13	-60	-9304	9	18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	1316
Asta:	1	0.00		13	-77	-18609	-17	18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	2631
Instab.:l=	290.0	β*l=	290.0		-77	11165	14	cl= 1	ε= 1.00	lmd= 142	Rpf= 1414	Rft= 111	Wmax/rel/lim=	1960.2	1960.2		11.6	mm
Nover.	2	2.90		14	-44	0	-35	-18	-10695	0	0	0	0	4833	9667	456	0	111
TUBOQ100*5	qn=	0		13	-60	-9304	-9	-18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	1316
Asta:	2	0.00		13	-77	-18609	17	-18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	2631
Instab.:l=	290.0	β*l=	290.0		-77	11165	14	cl= 1	ε= 1.00	lmd= 142	Rpf= 1414	Rft= 111	Wmax/rel/lim=	1960.2	1960.2		11.6	mm
Sez.N.	843	1	2.90	11	0	-52	0	0	48	0	25116	793	483	4833	9667	456	2238	7
TUBOQ100*5	qn=	-9		5	0	49	0	0	0	0	25116	793	483	4833	9667	456	2238	6
Asta:	3	2.90		5	0	-52	0	0	-48	0	25116	793	483	4833	9667	456	2238	7
Instab.:l=	760.0	β*l=	532.0		0	0	0	cl= 1	ε= 1.00	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	1960.2	6.4	30.4	mm	