

1	PROGETTO REV 01	MR	11/21
REV.	DESCRIZIONE E REVISIONE	Sigla	Data
			Firma
		EMESSO	

PROGETTAZIONE	GVC s.r.l. Via della Pineta 1 - 85100 - Potenza email: info@gvcingegneria.it - website: www.gvcingegneria.it P.E.C.: gvcsrl@gigapec.it Direttore Tecnico: dott. ing. MICHELE RESTAINO Collaboratori GVC s.r.l. per il progetto: dott. ing. GIORGIO MARIA RESTAINO dott. ing. CARLO RESTAINO dott. ing. ATTILIO ZOLFANELLI	 GVC SERVIZI DI INGEGNERIA

Committente	VERDE 4 S.R.L.	 Verde 4 s.r.l.	
Comune	COMUNI DI LARINO - URURI - MONTORIO NEI FRENTANI (CB)	COD. RIF	G/129/03/A/01/PD
Opera	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA NOMINALE PARI A 25.937,6 kWp DENOMINATO LARINO 7 - UBICATO IN LOCALITA' MACCHIA NEL COMUNE DI MONTORIO NEI FRENTANI E NEI COMUNE DI URURI E LARINO (LOCALITÀ PIANI DI LARINO)	ELABORATO	FILE
		Categoria	N.°
		PD	Scala
Oggetto	PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE	RT-07 <small>Questo disegno è di nostra proprietà riservata a termine di legge e ne è vietata la riproduzione anche parziale senza nostra autorizzazione scritta</small>	



Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	2
3. DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI IPOTIZZATE.....	2
3.1 Strutture di sostegno dei moduli FTV.....	3
3.1.a La modellazione della struttura.....	7
3.1.b I materiali utilizzati.....	10
3.1.c Carichi di progetto – Azione del vento §3.3 NTC 2018.....	10
3.1.d Analisi dei risultati.....	17
3.1.e Verifica dei risultati ottenuti dalla modellazione.....	18
3.2 Cabine di campo (power-station).....	19
3.2.a La modellazione della struttura.....	20
3.2.b I carichi di progetto.....	21
3.2.c I carichi di progetto.....	22
3.3 Cabine di distribuzione MT e Control Room.....	24
3.4 Cabine di deposito.....	27
3.5 Edificio Utente in SSE.....	27
3.6 Recinzione sottostazione AT/MT.....	27

1. PREMESSA

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere le opere strutturali necessarie per la realizzazione dell'impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso conversione fotovoltaica. In particolare si individueranno e descriveranno, in via preliminare, le varie tipologie strutturali ipotizzate per il sostegno dei moduli fotovoltaici, per le cabine elettriche, per il recinto della sottostazione AT/MT e per le fondazioni delle apparecchiature AT.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Lo scopo del presente documento quello di definire ed illustrare gli aspetti tecnici dell'impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso conversione fotovoltaica. Il progetto infatti prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza nominale di **25.937,60 KWp** da installarsi sui terreni siti nel territorio dei Comuni di Montorio nei Frentani-Ururi-Larino (CB), nelle località Macchia, e della relativa sottostazione MT/AT da realizzare nel Comune di Larino (CB) in prossimità della SE di trasformazione 380/150KV di Terna di Larino. L'impianto è denominato "LARINO 7"

L'energia elettrica prodotta sarà immessa nella rete di trasmissione nazionale RTN con allaccio in Alta Tensione tramite collegamento in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV della stazione elettrica di trasformazione (SE) a 380/150 kV di Larino.

Il Soggetto Responsabile, così come definito, ex art. 2, comma 1, lettera g, del DM 28 luglio 2005 e s.m.i., è la società " **VERDE 4 S.r.l** " che dispone dell'utilizzo delle aree oggetto di intervento. I moduli fotovoltaici, per la precisione 44.720 moduli fotovoltaici, della potenza di 580w cadauno, saranno installati su strutture metalliche, sia di tipo fisso che di tipo tracker ad inseguitore monoassiale, ancorate al terreno mediante paletti infissi nel terreno.

Tutta la componentistica elettromeccanica, gli organi di manovra e protezione elettrica, nonché i trasformatori, saranno alloggiati all'interno di cabine elettriche di campo (POWER-STATION), distribuite nei campi fotovoltaici, e cabina di distribuzione MT, presenti all'interno dei campi fotovoltaici, e la cabina di consegna, presente all'interno della sottostazione AT/MT.

3. DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI IPOTIZZATE

La modellazione degli elementi strutturali è stata eseguita con il software MasterSap dotato del solutore agli elementi finiti LiFE concesso in licenza alla GVC srl (del quale si allega validazione del solutore) per le strutture in elevazione e con il software API++



concesso in licenza alla GVC srl per le strutture di fondazione (del quale si allega validazione del solutore).



3.1 Strutture di sostegno dei moduli FTV

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono composte telai metallici, pali di sostegno e trave di collegamento superiore, trattati superficialmente con zincatura a caldo, per una maggiore durata nel tempo. Gli elementi di sostegno garantiscono l'ancoraggio al terreno senza l'ausilio di opere di fondazione in calcestruzzo.

Le strutture saranno dimensionate per resistere ai carichi trasmessi dai pannelli e alle sollecitazioni esterne alle quali vengono sottoposte in condizione ordinaria e straordinaria (vento, neve...).

Le strutture di tipo fisso sono composte da pochi componenti di semplice montaggio e rapido montaggio, i moduli montati avranno una inclinazione rispetto all'orizzontale di 30° e saranno orientati verso SUD, si compongono di profili metallici trattati superficialmente, per una maggiore durata nel tempo, e un sistema di ancoraggio al suolo del tipo a pali battuti.

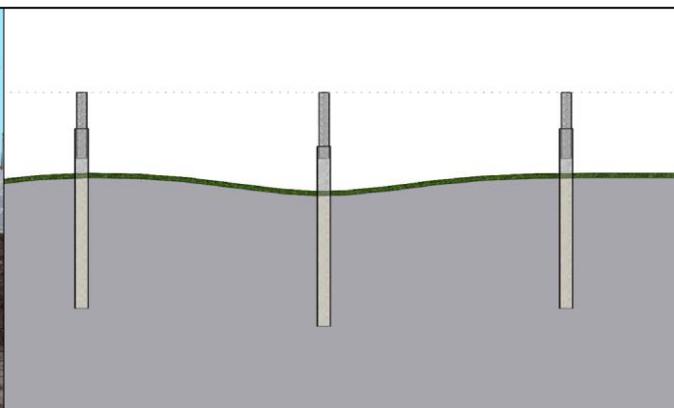
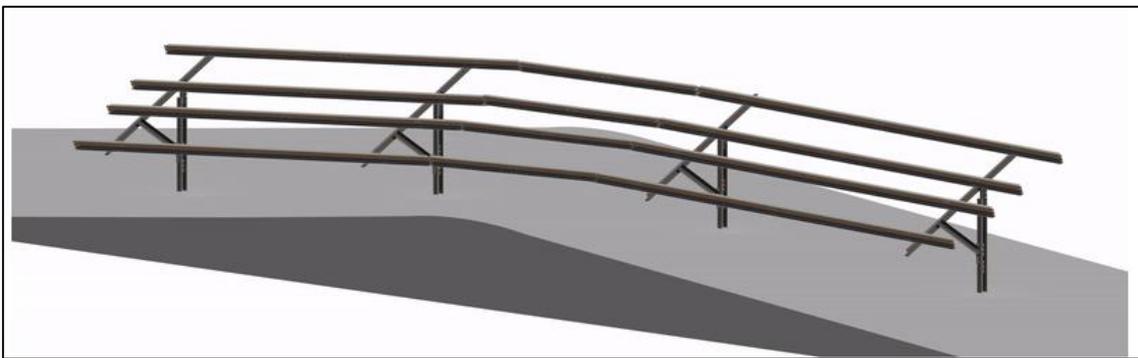
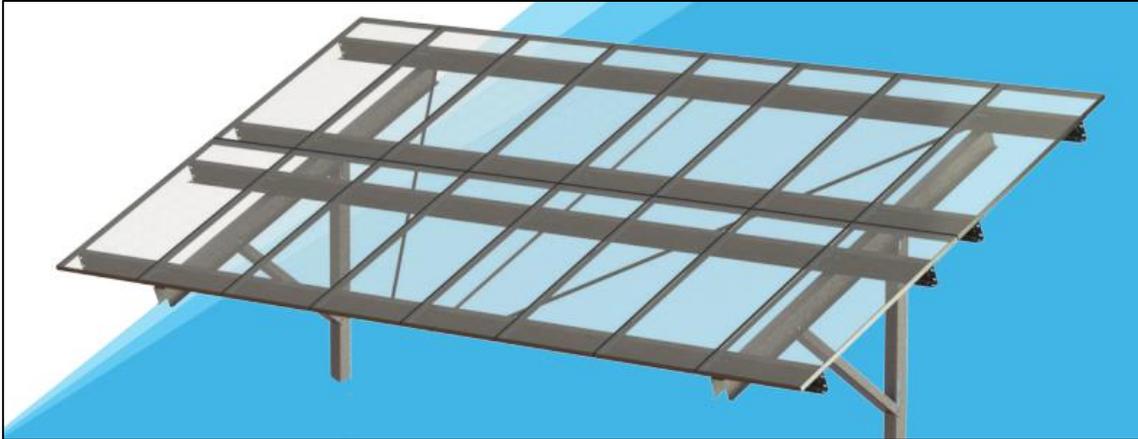
La parte in elevazione delle strutture è composta da pochi elementi da montare rapidamente in loco mediante fissaggi meccanici. I componenti metallici sono:

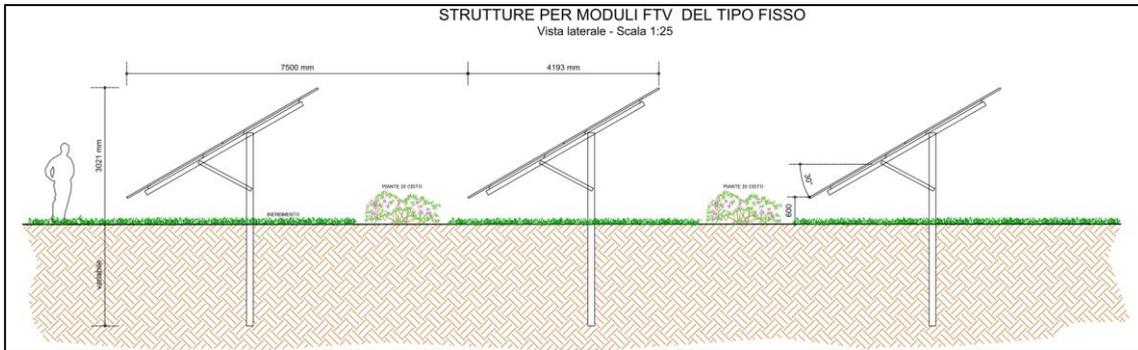
- elemento verticale completamente saldato con inclinazione predeterminata (nel caso specifico 30°)
- profili di supporto moduli;
- controventature;
- inserti di ancoraggio.

Essendo i terreni ad orografia irregolare, con inclinazione variabili in tutte le direzioni sia nord-sud che est-ovest, al fine di ridurre al minimo la modifica del terreno per adattarlo alle strutture, verranno utilizzati pezzi speciali che, al contrario, adatteranno le strutture di supporto all'orografia del terreno mediante l'utilizzo di prolunghe per le pendenze nord-

sud e specifici snodi dei profili di supporto dei moduli.

La durabilità dei materiali metallici è garantita dal trattamento superficiale di zincatura a caldo come da normativa EN ISO 1461:2009.





Sia i pali che le strutture in elevazione saranno realizzati in acciaio zincato S355.

Per quanto riguarda le strutture ad inseguimento, esse saranno dotate dell'innovativo L'innovativo sistema di backtracking (monitoraggio a ritroso) controlla e assicura che una serie di pannelli non ombreggi gli altri adiacenti quando l'angolo di elevazione del sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, l'auto-ombreggiamento automatico tra le file dei tracker potrebbe, infatti, potenzialmente ridurre l'output del sistema (produzione globale annuale).

Ogni fila è dotata di un attuatore lineare e un clinometro elettronico: l'attuatore lineare viene mosso da un motore 12 Vdc con un assorbimento di corrente di 10 A; questa unità è alimentata a corrente continua ed è dotata di tecnologia brushless ad alta efficienza, quindi a basso riscaldamento e senza condensatore elettrolitico. L'automazione è garantita da una scheda elettronica protetta da una scatola resistente ai raggi UV, grado IP65. I tracker lavorano tramite un algoritmo che fornisce una fase di backtracking mattutino da 0° a + 52° e analogamente una fase di backtracking serale da -52° a 0°, il sistema calcola l'angolo ottimale evitando l'ombreggiatura dei pannelli. Durante la fase centrale di "Tracking Diretto" da +52° a -52°, il sistema insegue l'angolo ottimale per il tracker con un errore massimo uguale al valore impostato. È possibile modificare e impostare i parametri di controllo per adattare il sistema alle caratteristiche del sito locale e per ottimizzare la produzione di energia solare.

La soluzione di supporto per la posizione dell'attuatore è realizzata con boccola in bronzo a basso attrito, fissata mediante l'utilizzo di opportuni dadi su un supporto in acciaio, i perni di rotazione sono invece realizzati in acciaio inossidabile (nitruato); l'accoppiamento dei materiali permette una buona resistenza alla corrosione elettrochimica.

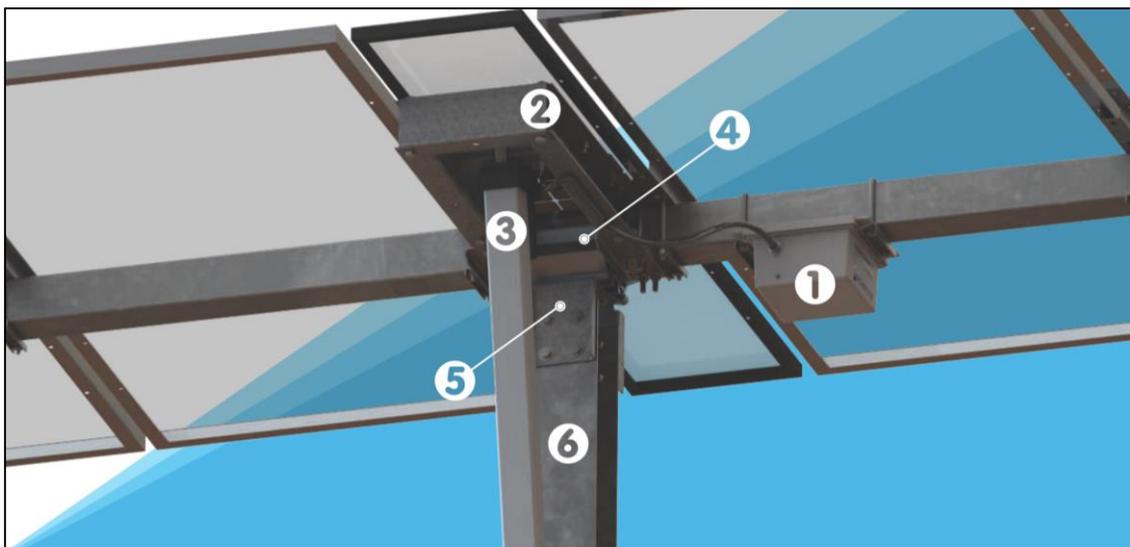
La soluzione costruttiva della struttura del tracker consente l'installazione su un suolo con pendenza al 7-15%, l'asse di rotazione è molto vicino all'asse del baricentro della struttura; ciò consente di ridurre la coppia sulla struttura e il carico sull'attuatore. Il dimensionamento torsionale della struttura è realizzato al fine di evitare fenomeni di

instabilità dovuti all'aumento del coefficiente "fattore di forma".

La parte in elevazione delle strutture è composta da pochi elementi da montare rapidamente in loco mediante fissaggi meccanici. I componenti metallici sono:

- elemento verticale completamente saldato
- profili di supporto moduli;
- controventature;
- inserti di ancoraggio.

Il fissaggio dei pannelli fotovoltaici viene eseguito con bulloneria in acciaio inossidabile evitando quindi fenomeni di corrosione. Le fondazioni sono a secco, pertanto viene utilizzata l'infissione a battere, ove non possibile, preforatura con successiva martellatura. I pali sono realizzati in acciaio S 355 JR più adatto per essere martellato senza deformazioni, la profondità di infissione sarà determinata in funzione delle sollecitazioni e delle caratteristiche meccaniche del terreno.



The Genius Tracker™ Ground System is a simple, easily installed ground-based solar mounting system. Components are made from galvanized and stainless steel. Slopes up to 7% north to south and 15% east to west are allowable under all normal conditions. For installation requiring slopes in excess of the 7% N-S and 15% E-W, consult with GameChange Engineering.

1 CONTROLLER

24V battery charged by small solar module drives 24V actuator motor, ZigBee wireless communication

2 PREASSEMBLED DRIVE SYSTEM



50% FASTER
 than typical competitor drive systems.
 One worker lift, no machine required

3 ACTUATOR

rugged design for 30 year field life in harsh environmental climate: IP66 rated

4 SELF-LUBRICATING DRIVE BEARING

5 SADDLE BRACKET
 allows auto-alignment with tube

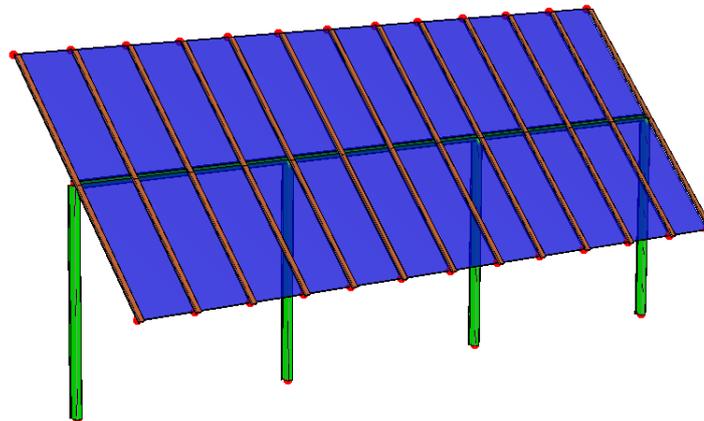
6 DRIVE POST

available as either GameChange 8" [20.32 cm] wide SuperPost™ or Wide Flange

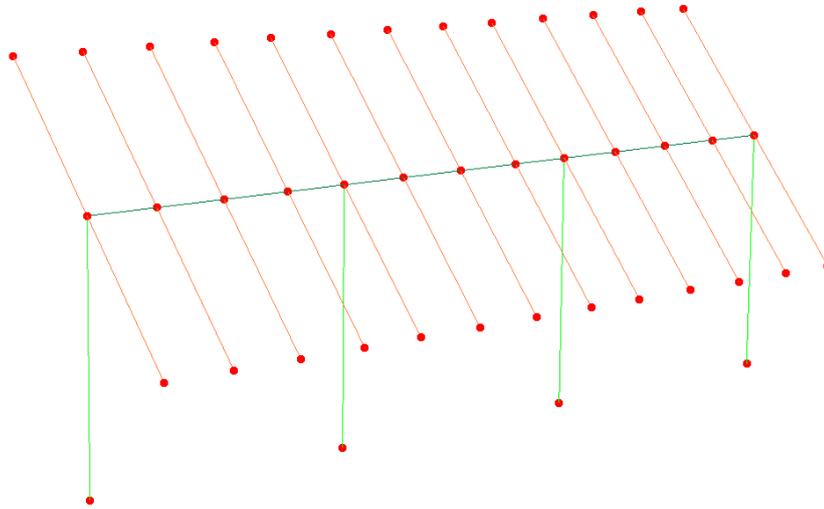


La durabilità dei materiali metallici è garantita dal trattamento superficiale di zincatura a caldo come da normativa EN ISO 1461:2009.

3.1.a La modellazione della struttura



Modello solido della struttura



Modello wireframe struttura

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche, sono state adeguatamente valutate, interpretate e trasferite nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi “beam”, il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all’estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi “truss” oppure con elementi “beam” opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi “shell” a comportamento flessionale e membranale, vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d’appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l’effetto di fenomeni fessurativi nei materiali. E’ stata impiegata un’analisi statica in campo lineare conforme alle NTC 2018. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite. Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura; La procedura di calcolo adoperata, basata sul software MasterSap per il calcolo dello stato tensio/deformativo della struttura, su MasterVer EC3 per le verifiche degli elementi in acciaio si articola nel modo seguente:

- Costruzione del modello di calcolo adoperando una modellazione con elementi frame (travi e pilastri) e truss per tirante/puntone (ambiente MasterSap);
- Messa a punto della combinazione di carico sismica allo SLV che ha portato in conto carichi propri e permanenti combinati con l'azione sismica secondo lo spettro di progetto specificato ai punti precedenti (ambiente MasterSap);
- Calcolo delle sollecitazioni massime agenti sulla struttura (inviluppo delle combinazioni di carico statiche e sismiche) in condizioni ultime e di esercizio (ambiente MasterSap);
- Verifica degli elementi in acciaio con il modulo MasterVer EC3

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche, sono state adeguatamente valutate, interpretate e trasferite nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale, vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidezze nello spazio. I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali. E' stata impiegata un'analisi statica in campo lineare conforme alle NTC 2018. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite. Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura; La procedura di calcolo adoperata, basata sul software MasterSap per il calcolo dello stato tensivo/deformativo della struttura, su MasterVer EC3 per le verifiche degli elementi in acciaio si articola nel modo seguente:

- Costruzione del modello di calcolo adoperando una modellazione con elementi frame (travi e pilastri) e truss per tirante/puntone (ambiente MasterSap);
- Messa a punto della combinazione di carico sismica allo SLV che ha portato in conto carichi propri e permanenti combinati con l'azione sismica secondo lo spettro di progetto specificato ai punti precedenti (ambiente MasterSap);
- Calcolo delle sollecitazioni massime agenti sulla struttura (inviluppo delle combinazioni di carico statiche e sismiche) in condizioni ultime e di esercizio (ambiente MasterSap);
- Verifica degli elementi in acciaio con il modulo MasterVer EC3



3.1.b I materiali utilizzati

ACCIAIO PER PIASTRE E CARPENTERIA METALLICA DEL TIPO S355

Riferimenti:

- D.M. 17.01.2018, par. 4.2.1.1, par 11.3.4
- UNI EN 10025-2:2005: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali.

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

- Modulo Elastico: $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ (210.000 N/mm^2)
- Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$
- Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2*(1+\nu)]$ (N/mm^2)
- Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12*10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (per $T < 100^{\circ}\text{C}$)
- Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

	S235	S275	S355	S450
TENSIONE DI ROTTURA	360 N/mm ²	430 N/mm ²	510 N/mm ²	550 N/mm ²
TENSIONE DI SNERVAMENTO	235 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	440 N/mm ²

ACCIAIO PER BULLONI, DADI E BARROTTI:

Acciaio ad alta resistenza classe 8.8

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	649	900
f_{ib} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

3.1.c Carichi di progetto – Azione del vento §3.3 NTC 2018

CLASSE DI RUGOSITÀ DEL TERRENO



Zona di riferimento per il calcolo

 Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

- CLASSE DI RUGOSITÀ DEL TERRENO

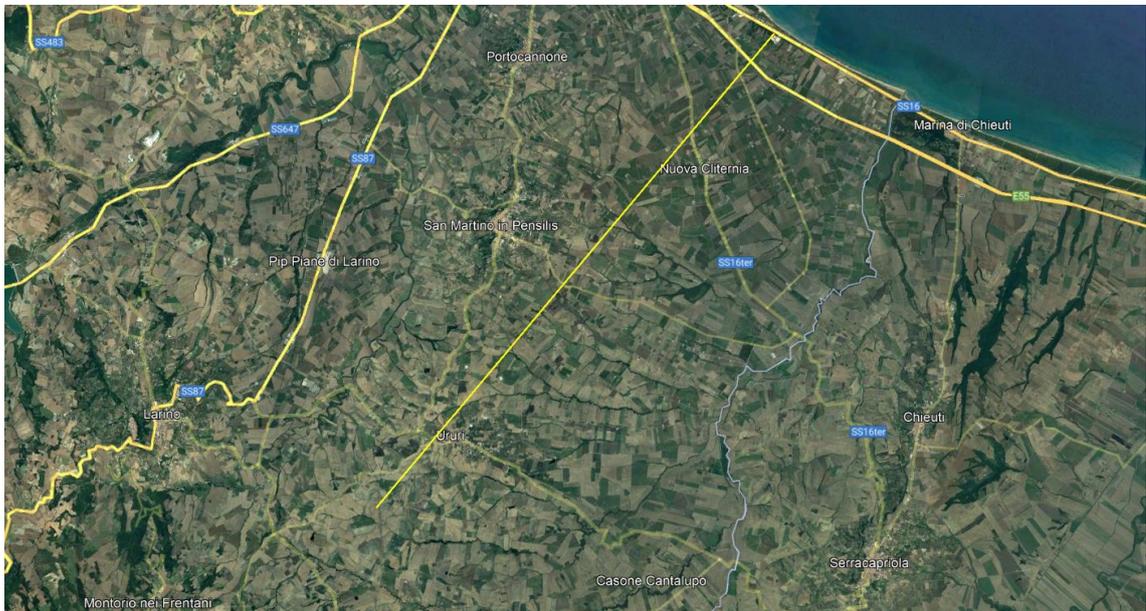

 Tab. 3.3.III - *Classi di rugosità del terreno*

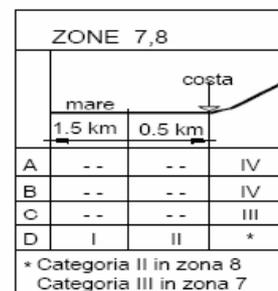
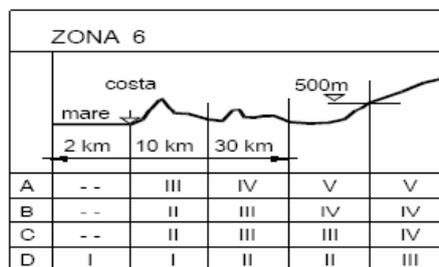
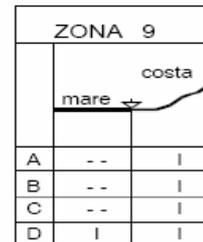
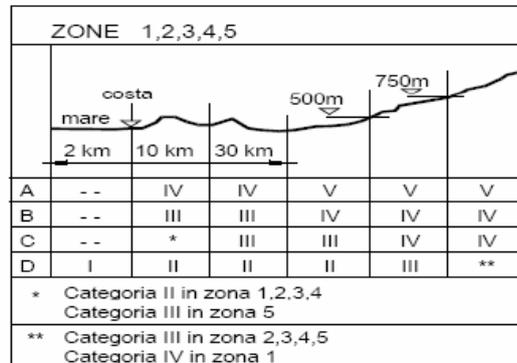
Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Definizione della classe di rugosità del terreno

Nota la distanza dalla costa, che è pari a circa 17 km si può determinare la categoria di esposizione


Distanza del sito di progetto dalla costa



COEFFICIENTE TOPOGRAFICO

Il coefficiente topografico C_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane. Nel caso in esame è stato posto $C_t=1$. Si precisa comunque che nel caso di costruzioni ubicate in prossimità di pendii isolati o sommità di colline, il coefficiente di topografia può essere valutato dal progettista con analisi più approfondite. Di seguito si riportano alcuni casi particolari che necessitano di analisi approfondite.

Costruzioni ubicate sulla cresta di una collina			Costruzioni ubicate sul livello superiore			Costruzioni ubicate su di un pendio		
$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma$			$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \left(1 - 0,1 \cdot \frac{x}{H}\right) \geq 1$			$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \frac{h}{H}$		
Coefficiente β			Coefficiente γ					
per:	$\frac{z}{H} \leq 0,75$	$0,75 \leq \frac{z}{H} \leq 2$	$\frac{z}{H} \geq 2$	per:	$\frac{H}{D} \leq 0,10$	$0,10 < \frac{H}{D} \leq 0,30$	$\frac{H}{D} > 0,3$	
β	$\beta = 0,5$	$\beta = 0,8 - 0,4 \cdot \frac{z}{H}$	$\beta = 0$	γ	$\gamma = 0$	$\gamma = 5 \left(\frac{H}{D} - 0,10\right)$	$\gamma = 1$	

Variabili per la definizione del coefficiente topografico

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per altezze non maggiori di $z=200\text{m}$ valgono le seguenti espressioni.

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0.20	0.10	5.00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,\min}$	1.71	$z < 5.00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,\text{gronda}}$	1.71	$z = 0.00$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,\text{colmo}}$	1.88	$z = 6.60$

COEFFICIENTE DINAMICO

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti gli 80m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità. Nel caso in esame data la natura delle opere strutturali il coefficiente è stato posto pari a 1

COEFFICIENTE DI FORMA

È il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo



valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

VELOCITÀ DI RIFERIMENTO DEL VENTO E DELLA PRESSIONE CINETICA

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0.02

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

v_b (velocità di riferimento) 25.09 [m/s]

$$p \text{ (pressione del vento [N/mq])} = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

$$q_b \text{ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])}$$

$$c_e \text{ (coefficiente di esposizione)}$$

$$c_p \text{ (coefficiente di forma)}$$

$$c_d \text{ (coefficiente dinamico)}$$

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

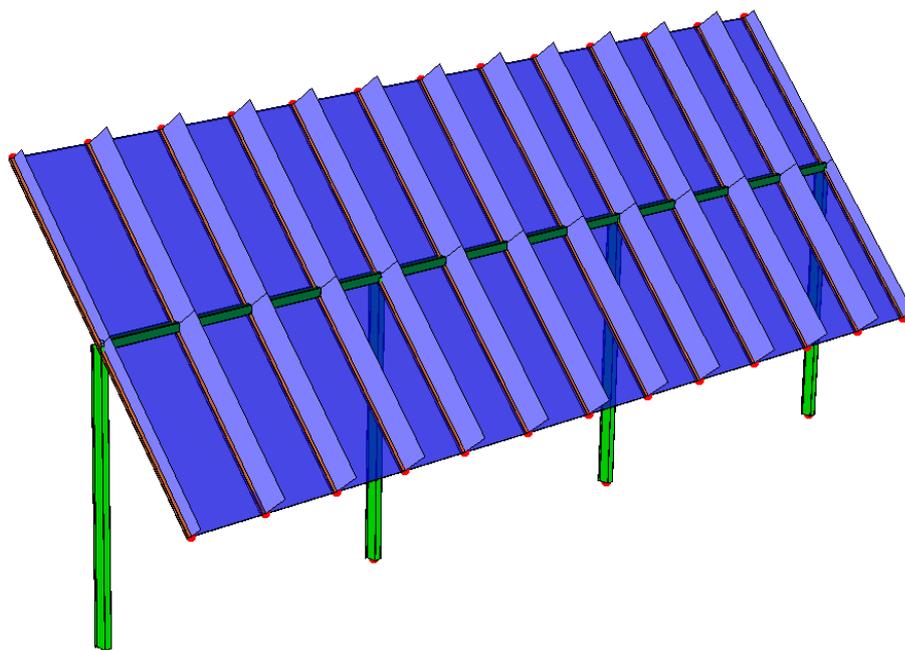
Pressione cinetica di riferimento q_b 393.34 [N/m²]

I VALORI DELL'AZIONE DEL VENTO

PRESSIONE DEL VENTO			
-	Velocità base di riferimento quota 0	27	[m/s]
-	a_0	500	[m]
-	k_s	0.37	[1/s]
-	c_a	1.00	
-	Velocità base di riferimento V_b	27	[m/s]
-	Periodo di ritorno	50	[anni]
-	Coefficiente di ritorno	1.00	
-	Velocità di riferimento V_r	27.02	
-	Pressione cinetica di riferimento q_r	0.456	kN/mq
-	Altezza dal suolo z	5	[m]
-	K_r	0.20	
-	z_0	0.1	[m]
-	z_{min}	5.00	[m]
-	coefficiente di esposizione C_e	1.71	
-	coefficiente topografico c_t	1.00	
-	coefficiente dinamico C_d	1.00	



-	Pressione del vento p, a meno del cp		0.778	[kN/mq]
-	coefficientedi pressione cp			
		cp	p	
-	tettoia ad 1 spiovente			
-	inclinazione falda		0	[°]
-	falda sopravento	1.20	0.93	[kN/mq]
-	tettoia 2 spioventi con displuvio			
-	inclinazione falda		30	[°]
-	PRESSIONE SU falda sopravento	1.20	0.933	[kN/mq]
-	PRESSIONE SU falda sottovento	-0.60	-0.467	[kN/mq]
-	Azione tangente del vento			
-	tipo di superficie		liscia	
-	coefficiente di attrito cf		0.01	
-	Pressione tangente		0.013	[kN/mq]



NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Carichi totali	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio Variabile: Vento	Condizione peso proprio Condizione 1	1.300 1.500

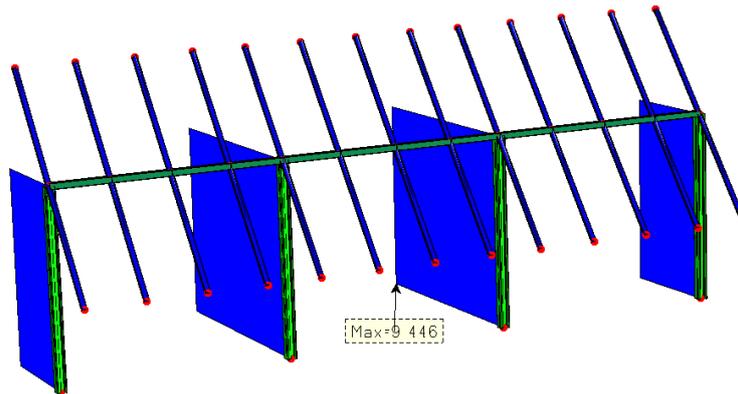
COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
2	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 1	1.000
3	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 1	0.200
4	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 1	0.000

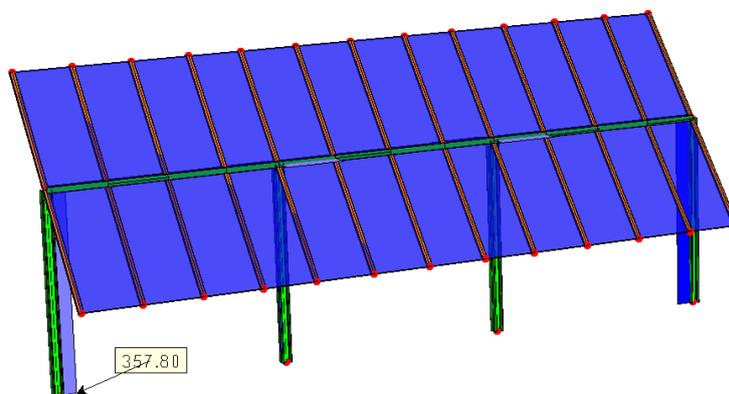
3.1.d Analisi dei risultati

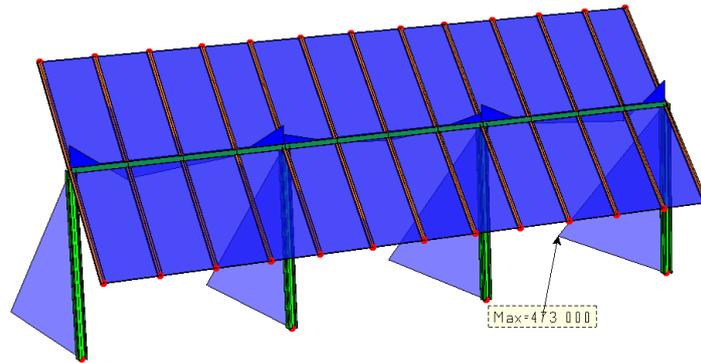
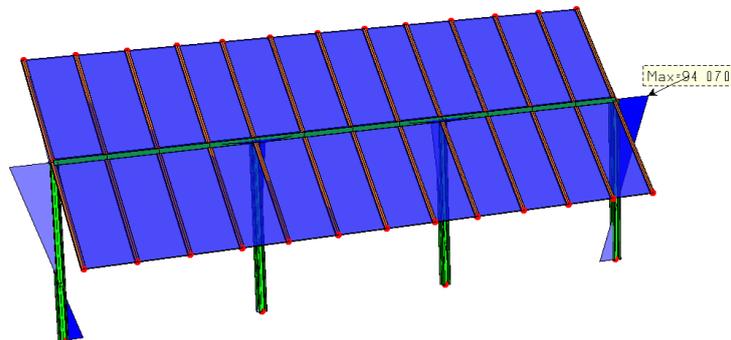
Di seguito si riportano le sollecitazioni agenti sulla struttura in esame

SFORZO NORMALE (FORZA DI UPLIFT) [kg]



SFORZO TAGLIO [kg]



MOMENTO My [kg*cm]**MOMENTO Mx [kg*cm]****3.1.e Verifica dei risultati ottenuti dalla modellazione**

La verifica ha riguardato la pressoflessione degli elementi verticali, la flessione della trave orizzontale e lo sfilamento degli elementi verticali.

PRESSOFLESSIONE DEGLI ELEMENTI VERTICALI

Gli elementi verticali sono sottoposti ad un momento flettente pari a:

$$M_{\max} = 47.30 \text{ kN*m}$$

Mentre il valore del momento di snervamento della sezione con un tipo di acciaio (già precedentemente menzionato) S355 è pari a:

$$M_{\text{snerv}} = 77.28 \text{ kN*m}$$

il rapporto tra i due momenti fornisce l'indice di resistenza della sezione che nel caso in esame è pari a 1.63, valore considerato accettabile in fase di dimensionamento preliminare.

FLESSIONE DEGLI ELEMENTI ORIZZONTALI

Per quel che concerne la verifica della flessione degli elementi orizzontali, la procedura risulta essere la medesima degli elementi verticali. Si ottiene quindi un valore del momento massimo agente pari a:

$$M_{\max} = 9.40 \text{ kN*m}$$

Mentre il valore del momento di snervamento della sezione è pari a:

$$M_{\text{snerv}} = 44.32 \text{ kN*m}$$

il rapporto tra i due momenti fornisce l'indice di resistenza della sezione che nel caso in esame è pari a 4.71, valore considerato accettabile in fase di dimensionamento preliminare.

SFILAMENTO DEGLI ELEMENTI VERTICALI

L'azione massima agente (uplift) sugli elementi verticali della struttura è pari a:

$$N_{\max} = 9.44 \text{ kN}$$

Per questi elementi vale la formula della portanza laterale di un palo battuto che restituisce, alla tensione calcolata, un valore di altezza di infissione delle strutture tra 2,10m e 2,50m, valore ritenuto anch'esso accettabile. **Tuttavia in merito a tale questione si ritiene che geotecnicamente lo strato di terreno da 0 a 2m non sia modellabile con assoluta certezza**, e che la formula sopraindicata ha valore per pali di fondazione che generalmente hanno una profondità maggiore di 10m, la proponente, quindi, di concerto con la direzione lavori effettuerà degli opportuni extraction test atti a determinare la reale forza di adesione terreno-palo a seconda delle diverse condizioni geologiche dell'area di impianto. La campagna di extraction test in particolari punti dell'area di impianto determinerà con certezza la lunghezza di infissione degli elementi verticali. **Di seguito si riportano alcuni esempi di prove realizzate su cantieri di parchi fotovoltaici diretti dalla scrivente GVC srl secondo un metodo condiviso dal Prof. Ing. Carlo Viggiani direttamente consultato a tal proposito.**

3.2 Cabine di campo (power-station)

L'intero impianto fotovoltaico sarà suddiviso in 3 campi ognuno dei quali farà capo ad una cabina di campo BT/MT (POWER_STATION) all'interno delle quali troveranno alloggio:

- Inverter;
- Quadri di parallelo inverter;
- Quadri di linea in BT;
- Quadri in MT di protezione trafo e arrivo/partenza linea MT;
- Trasformatore BT/MT 600V/30kV di taglia variabile da 2.500KVA a 5500 KVA;
- Trasformatore BT/BT 600V/400V per servizi ausiliari;
- Quadri servizi ausiliari.

Le POWER-STATION sono costituite da elementi prefabbricati tipo container in shelter metallici, ideati per installazioni in esterno, appositamente progettati ed assemblati per una massima durabilità e affidabilità nel tempo. Le pareti e il tetto del container sono isolati al fine di garantire una perfetta impermeabilità all'acqua e un corretto isolamento termico.

Le fondazioni saranno realizzate mediante platea in c.a. in opera.

Le POWER-STATION previste in progetto avranno dimensioni pari a 6,06 m x 2,46 m ed altezza pari a 2,91m.



POWER-STATION

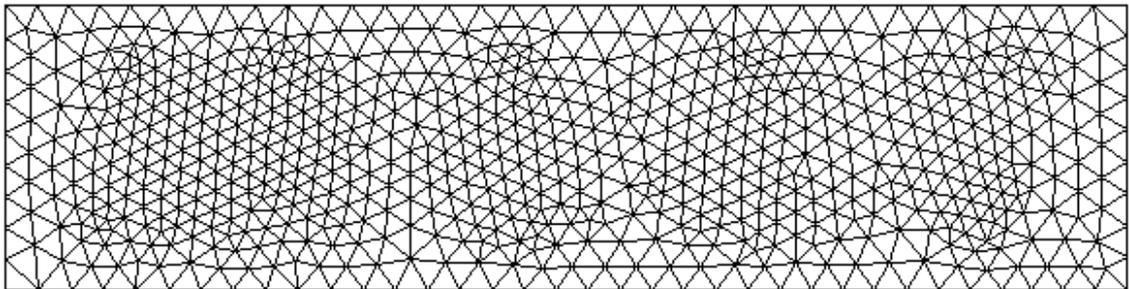
3.2.a La modellazione della struttura

Le fondazioni delle power station saranno di tipo superficiale a Platea in c.a. dello spessore di 50cm. il piano di posa sarà a - 1.10m.

E' stata impiegata un'analisi dinamiche in campo lineare conforme alle NTC 2018. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite. Si ritiene che il

modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura; La procedura di calcolo adoperata, basata sul software **API++** per il calcolo dello stato tensio/deformativo della struttura, si articola nel modo seguente:

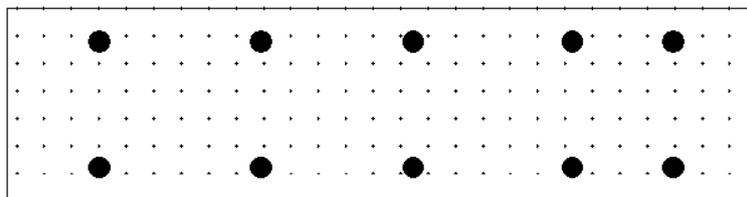
- inserimento dei nodi della fondazione in ambiente API ++
- inserimento dei carichi, dello spessore e della costante di winkler
- analisi dei risultati



Modello wireframe della fondazione

3.2.b I carichi di progetto

I carichi (24 tonnellate peso totale) della struttura disposta al di sopra della fondazione da realizzare sono stati inseriti all'interno del modello attraverso la definizione di forze concentrate come di seguito indicato



Carichi concentrati

Modifica carichi

N°	Oggetto	p [m]	Fz [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Fx [kg]	Fy [kg]
1	Piastra	0.60 ; 1.53	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Piastra	0.60 ; 3.37	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Piastra	0.60 ; 6.27	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Piastra	0.60 ; 9.05	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Piastra	0.60 ; 12.00	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Piastra	2.90 ; 12.00	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Piastra	2.90 ; 9.05	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Piastra	2.90 ; 6.27	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Piastra	2.90 ; 3.37	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Piastra	2.90 ; 1.53	2000.00	0.00	0.00	0.00	0.00

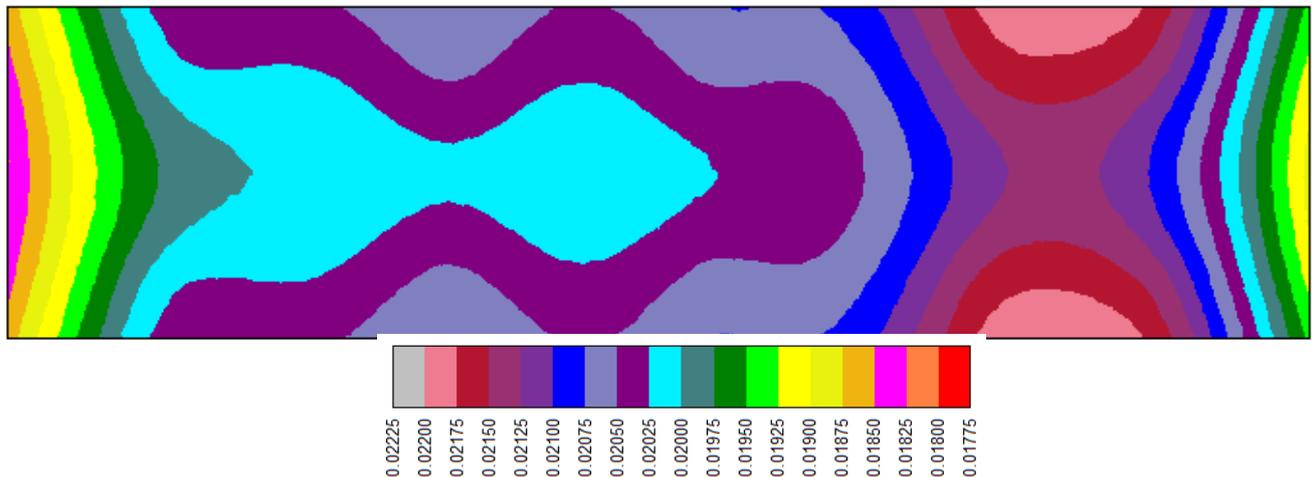
Convenzioni carichi

Aggiungi Modifica Elimina Help Dettagli >> << Condizione 1 >>

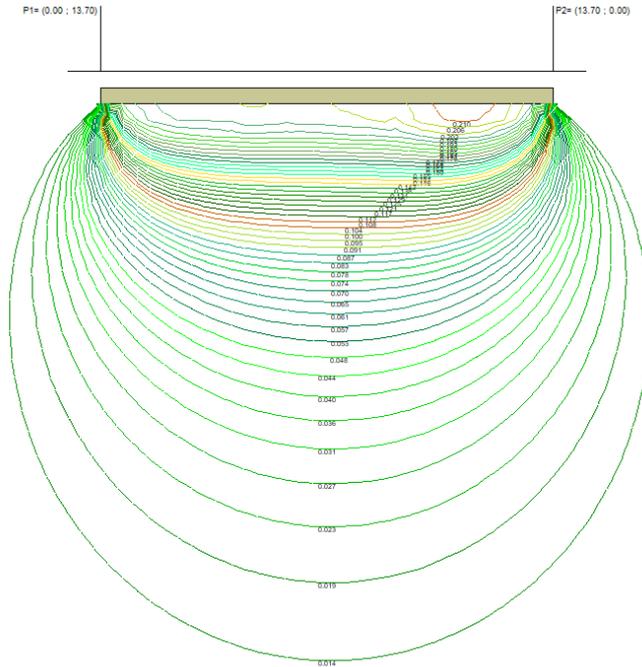
3.2.c I carichi di progetto

Di seguito si illustrano i risultati ottenuti per la fondazione in esame.

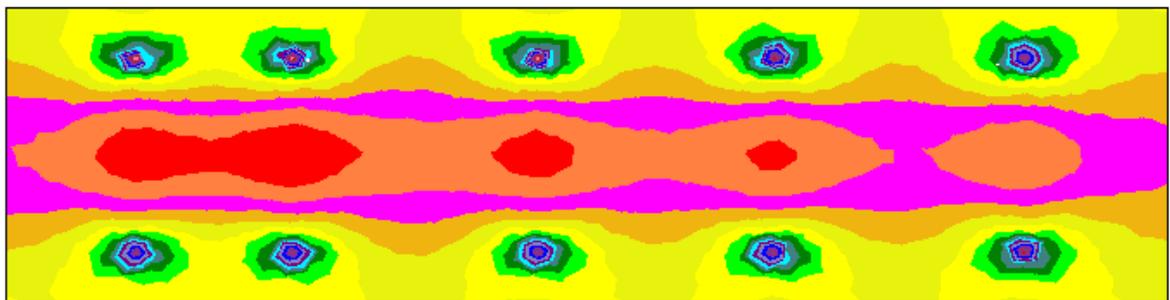
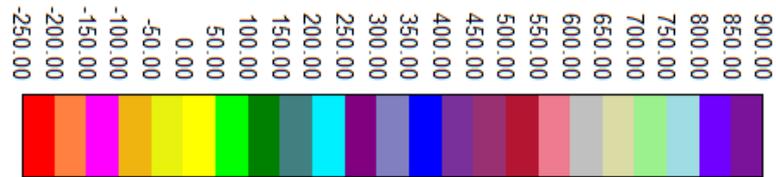
- Abbassamento "w" [cm]

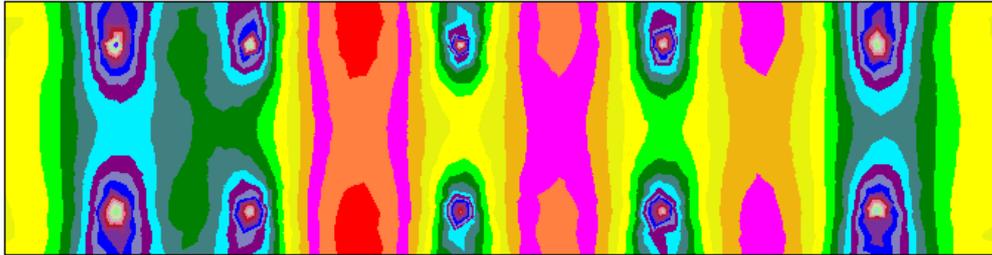
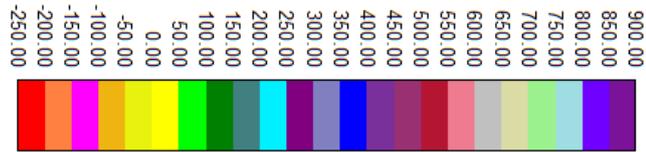
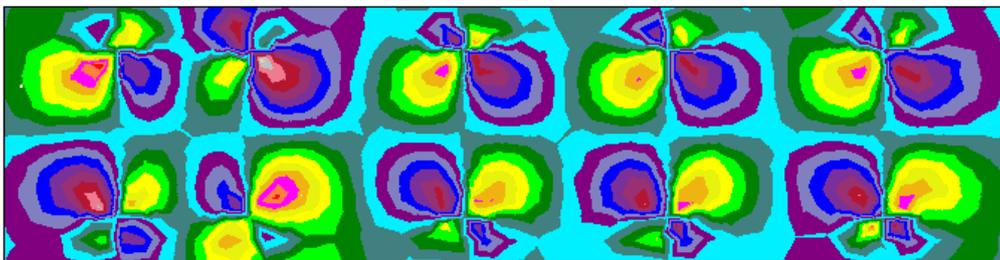
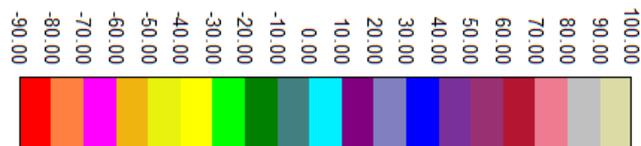


- Bulbo delle pressioni



- **Momento Mx [kg*m]**



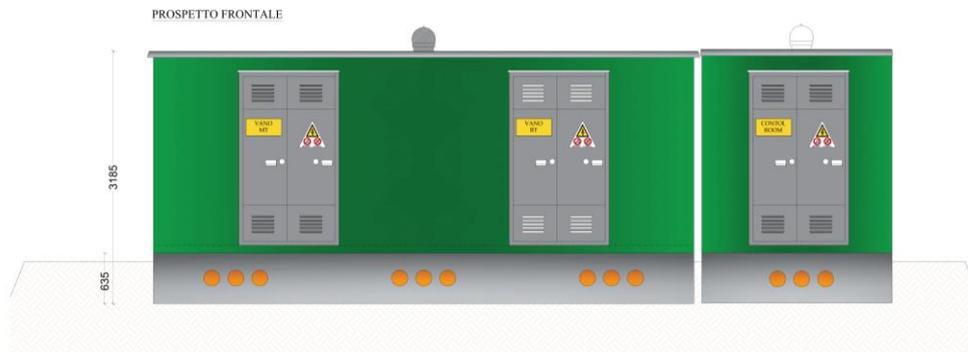
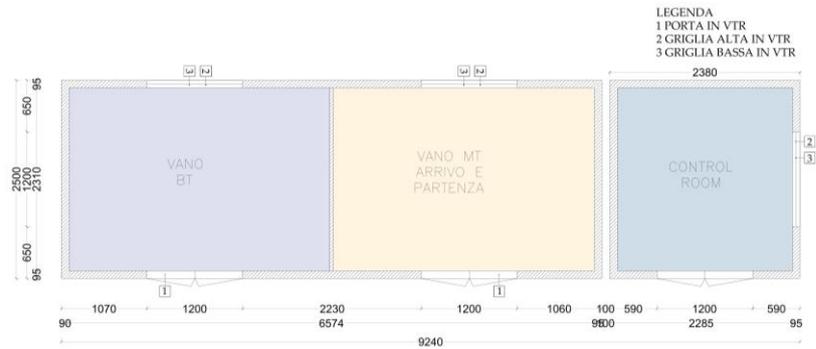
- Momento My [kg*m]**- Momento Mxy [kg*m]**

La sezione della platea risulta verificata poichè il quantitativo di armatura richiesto è di gran lunga inferiore a quanto necessario.

3.3 Cabine di distribuzione MT e Control Room

Oltre alle POWER-STATION sarà realizzata 1 cabina di distribuzione MT all'interno della quale arriveranno le linee MT provenienti dalle POWER-STATION e dalla quale partirà la linea di connessione con la sottostazione. Sarà inoltre prevista una "control Room" necessaria per il controllo dei servizi di campo. La cabina di distribuzione MT e la Control Room avranno una lunghezza massima di 9.24m e una larghezza di 2.5m, saranno realizzate in c.a.v. prefabbricato e si compongono di 2 elementi monolitici ovvero la vasca,

che svolge la doppia funzione di fondazione e di alloggi dei cavi, e la cabina vera e propria di alloggi delle apparecchiature elettromeccaniche. L'altezza delle suddette cabine è pari a 2.57m per la control room e 2.55m per quella di ricezione/partenza.



Gli elementi della cabina, prefabbricati in stabilimento, saranno trasportati in cantiere ed eventualmente montati contemporaneamente alla fase di scarico.

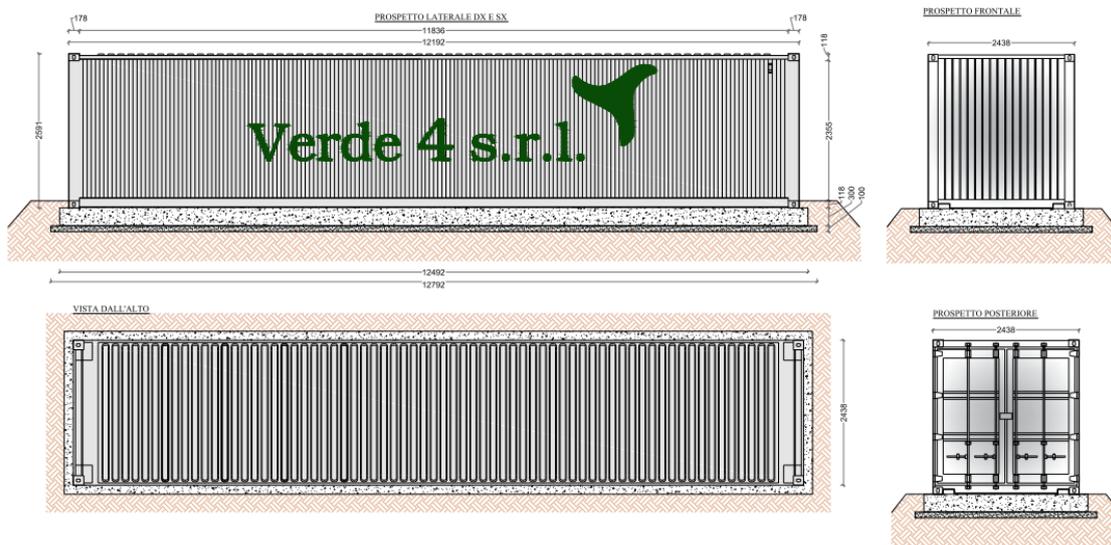
Prima della posa della cabina sarà predisposto il piano di posa con un fondo di pulizia e livellamento in magrone di cls oppure con una massiciata di misto di cava.

Le cabine saranno dotate di porte in VTR, aperture grigliate sempre VTR nonché una maglia di terra in corda di rame nudo.



3.4 Cabine di deposito

Per una migliore organizzazione logistica, sarà inoltre prevista l'installazione di un container deposito della lunghezza di 12.192m (misura standard 40 piedi) e larghezza 2.438m, come di seguito illustrato, realizzato con shelter metallico su fondazione a platea, da realizzare in opera in c.a.



3.5 Edificio Utente in SSE

All'interno della sottostazione condivisa con altri produttori sarà realizzato, ognuno per quanto di competenza, un edificio utente suddiviso in 6 cabine utente, uno per produttore. Ogni cabina utente sarà suddivisa in 3 locali: locale MT, locale QUADRI, locale gruppo elettrogeno. L'accesso alla SSE è garantito attraverso la realizzazione di una strada brecciata che collega il suo ingresso con la viabilità esistente.

3.6 Recinzione sottostazione AT/MT

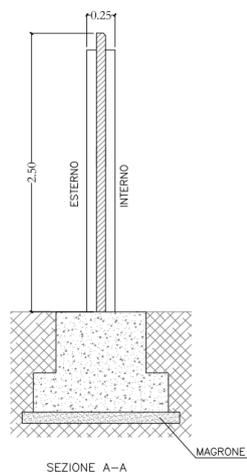
La sottostazione elettrica è costituita fondamentalmente da:

- Edificio Utente;
- Opere elettromeccaniche per il collegamento elettrico alla stazione AT di Terna;
- Cavidotti interrati;
- Impianti tecnologici.

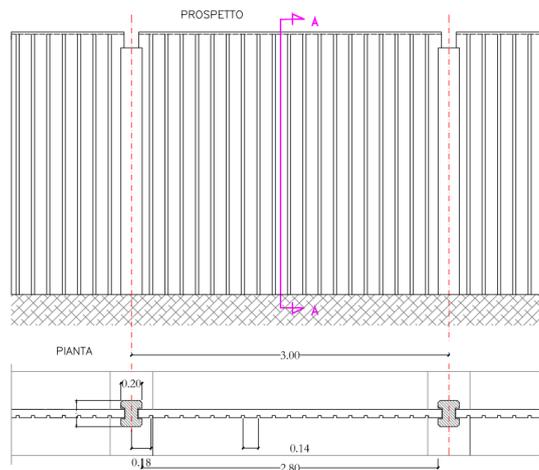
Le fondazioni delle varie apparecchiature saranno realizzate in conglomerato cementizio armato.

La recinzione perimetrale dell'intera sottostazione sarà realizzata in c.a. e gli ingressi saranno dotati sia di un cancello carrabile.

RECINZIONE TIPO
SOTTOSTAZIONE
scala 1:50



CANCELLO TIPO
SOTTOSTAZIONE
scala 1:50



Le aree interessate dalle apparecchiature elettriche saranno sistemate con finitura a ghiaietto, mentre le strade e piazzali di servizio destinati alla circolazione interna, saranno pavimentate con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso e delimitate da cordoli in calcestruzzo prefabbricato.