



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 18.909 MWp
DENOMINATO "ERGON 20"**



PROGETTAZIONE



<p>Regione Lazio Comune di Montalto di Castro (VT) località "Vaccareccia"</p>	<p>Progetto ElettricoFV: Ing. Federico Boni</p> <p>Progetto Edil.Urb. Abaco EP/CO CIVILE per ambientale Arch. Antonella Ferrini</p> 
<p>ELABORATO: R.AIL_D CALCOLI PRELIMINARI DI DIMEN. STRUTTURE E IMPIANTO</p>	<p>SOGGETTO PROPONENTE:</p> <p>ERGON 20 S.R.L. Via della Stazione di San Pietro, 65 - 00165 Roma P.IVA - 15692361007 PEC: ergon20@legalmail.it</p>

Tellus srls

Via Sant'Egidio, 02 - 01100 Viterbo (VT)
P.IVA - 02242630560
PEC: tellussrls@pec.it



Project Manager: **Geol. Giuliano Miliucci**

Rev	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

1. PREMESSA

Nel presente documento sono illustrati i criteri di base per il dimensionamento delle strutture e degli impianti che interessano il presente progetto. Nella prima parte si procederà alla valutazione strutturale, ovvero, sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, nella seconda parte viene invece illustrato il dimensionamento della parte impiantistica elettrica e fotovoltaica.

PARTE PRIMA: STRUTTURE

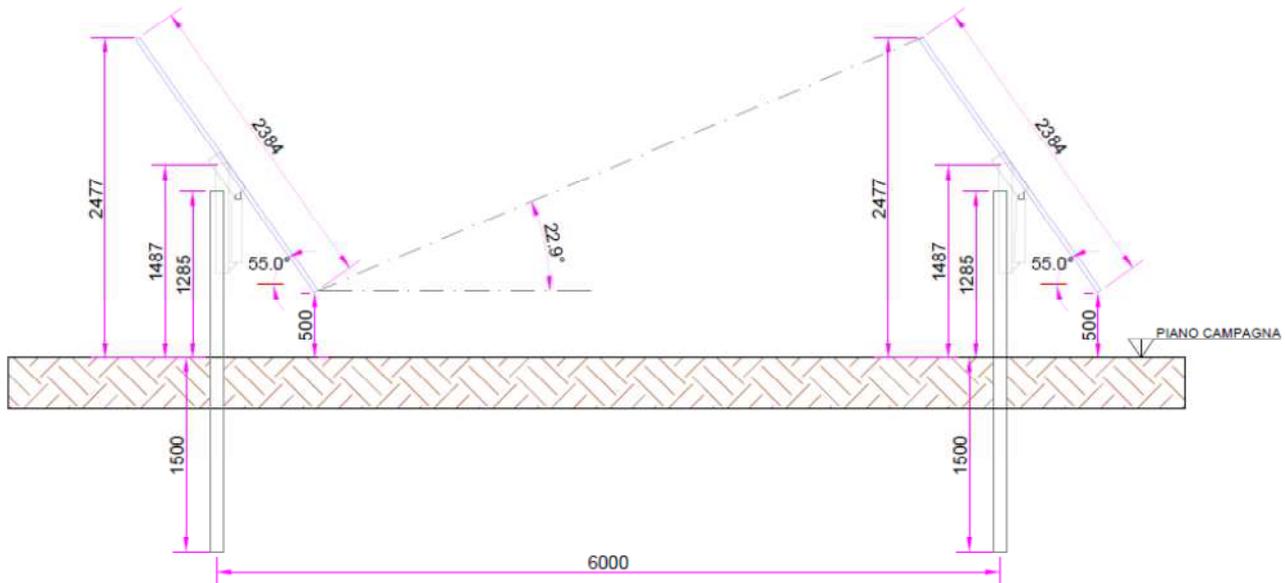
2. INTRODUZIONE STRUTTURE

Per la realizzazione dell'impianto si sono scelte strutture in acciaio zincato adatte alla posa in opera tramite infissione nel terreno. La lunghezza dei pali infissi è commisurata alle condizioni di carico specifiche dell'impianto (carichi di neve e vento) e alle caratteristiche di portanza del terreno interessato dall'infissione. La lunghezza del tratto dei pali infisso nel terreno è stata assunta pari a circa 1,50-2,00 metri, opportune prove di estrazione e di carico preventive potranno poi essere realizzate in sito ai fini della progettazione esecutiva dell'impianto e dell'ottimizzazione delle strutture.

Per ciascun inseguitore solare (tracker), ciascun palo sarà equipaggiato con un ritto verticale in acciaio zincato di lunghezza adeguata al fine di consentire la corretta installazione della trave centrale che rappresenta l'asse attorno a cui ruoteranno i moduli fotovoltaici in direzione Est-Ovest. La suddetta trave centrale sarà realizzata tramite tubolare in acciaio zincato sostenuta attraverso l'applicazione di appositi cuscinetti dai montanti infissi nel terreno. Per la versione a 72 moduli la lunghezza della trave centrale può essere approssimativamente considerata di 82 metri sostenuta da 10 montanti, per la versione a 36 moduli 41 metri e 6 montanti, per la versione a 18 moduli la lunghezza dell'asse di rotazione sarà di circa 20 metri mentre i montanti saranno 3.

L'infissione dei pali, dotati di uno strato adeguato di zincatura contro la corrosione, avviene tramite battitura con apposita macchina battipalo in modo da azzerare l'utilizzo di opere in calcestruzzo ed evitare il rilascio nell'ambiente di qualsiasi residuo di lavorazione.

Sede LegaleVia Sant'Egidio n. 2
Viterbo,
Italia, 01100**Sede Operativa**Via Roma n. 12
Montalto di Castro,
Italia, 01014Numero di telefono:766678422
Email: tellussrls@pec.it**Tellus Srls**



Il sistema strutturale composto da pali infissi e ritzi superiori di altezza e posizione variabile, permette anche di compensare eventuali dislivelli del terreno mantenendo costante l'allineamento e riducendo potenziali problemi di ombreggiamento tra i moduli fotovoltaici.

3. CARATTERISTICHE DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Per una descrizione più completa fare riferimento al catalogo della ditta fornitrice; Nelle verifiche saranno presi in considerazione i dati tecnici riportati nella scheda tecnica fornita dal produttore, si sono comunque considerati pannelli aventi dimensioni B*H = 1134*2274 (mm) con un peso proprio di circa 29,4 (kg/cad).

I pannelli hanno carcassa in alluminio e il collegamento al supporto avviene mediante staffe in alluminio o acciaio, tasselli plastici scorrevoli di tipo rinforzato e bulloneria in acciaio inox equivalente per caratteristiche alle Classi 8.8.

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche strutturali preliminari sono state eseguite in accordo alle seguenti normative nazionali:

- D.M. 17 Gennaio 2018: "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC18);
- Circolare 21 Febbraio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.;
- Eurocodici EN 1990 con Appendice nazionale UNI
- Istruzioni CNR DT 207-2008

Sede Legale

 Via Sant'Egidio n. 2
 Viterbo,
 Italia, 01100

Sede Operativa

 Via Roma n. 12
 Montalto di Castro,
 Italia, 01014

 Numero di telefono:766678422
 Email: tellussrls@pec.it

Tellus Srls

5. CONCLUSIONI

Tutti i calcoli finali relativi alle strutture in campo saranno eseguiti in fase di redazione del progetto esecutivo e saranno presentati per approvazione a tutti gli organi competenti in materia, primo fra tutti il genio civile. La relazione di calcolo e le modalità costruttive delle strutture saranno eseguite sulla falsa riga della relazione tipo di seguito si allegata, questa relazione è allegata al solo scopo illustrativo per mostrare come sarà poi prodotto il documento in fase esecutiva, esso fa riferimento, pertanto, ad un diverso impianto rispetto a quello in esame nella presente documentazione.

PARTE SECONDA IMPIANTI

6. INTRODUZIONE IMPIANTI

Nel dimensionamento tecnico degli impianti fotovoltaici risulta di notevole importanza la scelta della tensione nominale del generatore fotovoltaico, che rappresenta un compromesso, per quanto possibile ottimale, tra più esigenze tecniche, pur nel pieno rispetto dei criteri di sicurezza elettrica. Le esigenze tecniche sono rappresentate dalla ricerca del migliore accoppiamento possibile tra i livelli di tensione del generatore fotovoltaico con quelli del convertitore DC/AC, per il quale si registra un aumento dell'efficienza al diminuire del rapporto tra la tensione di ingresso e quella di uscita.

Per il generatore fotovoltaico si è scelto un valore limite per la tensione in corrente continua di 1500 V, tale valore è stato dettato prettamente dal livello tecnologico raggiunto nell'ambito della conversione da corrente continua in alternata, in poche parole attualmente 1500 V rappresenta il valore limite a cui gli inverter presenti sul mercato sono in grado di eseguire la suddetta conversione nella massima efficienza e pure la linea di demarcazione tra la bassa e la media tensione in corrente continua.

7. MATCHING STRINGA/INVERTER

Il valore limite individuato per la tensione in corrente continua definisce a sua volta un elemento basilare dell'impianto fotovoltaico, la lunghezza di stringa, ovvero il numero massimo di moduli fotovoltaici che possono essere collegati in serie. I moduli individuati per la realizzazione del generatore fotovoltaico sono TRINA SOLAR modello TSM-DE19 da 550 W di cui a seguire si riportano i principali dati elettrici di tensione:

- Tensione a circuito aperto Voc: 37,90 V;
- Tensione alla massima potenza Vmp: 31,60 V;

Sede Legale

Sede Operativa

Via Sant'Egidio n. 2
Viterbo,
Italia, 01100

Via Roma n. 12
Montalto di Castro,
Italia, 01014

Numero di telefono:766678422
Email: tellussrls@pec.it

**Tellus Srls**

- Coefficiente di temperatura della Voc: -0,25%/°C;

i valori riportati si riferiscono a misure eseguiti in condizioni di test standard (Standard Test Condition), ovvero:

- Irraggiamento: 1000W/m²;
- Temperatura della cella: 25°C;
- Air Mass: 1.5;

Occorre evidenziare che il fattore che più di tutti influenza il comportamento, e quindi la producibilità, di un modulo fotovoltaico è la temperatura. In linea di massima le prestazioni di qualunque modulo fotovoltaico, e quindi di qualunque impianto, decrescono all'aumentare della temperatura, ovvero l'impianto produrrà meno quando la temperatura atmosferica (e quindi quella di lavoro delle celle) è elevata. Tra tutti i parametri elettrici coinvolti in questo fenomeno di derating dovuto all'aumentare della temperatura, la tensione rappresenta quello che subisce le maggiori oscillazioni, in particolare, un aumento della temperatura corrisponde un decremento della tensione nominale, come evidenziato dal coefficiente di temperatura del modulo.

Per questo motivo il matching dei valori della tensione di esercizio e della tensione limite dell'inverter ha importanza vitale per il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico.

Dal punto di vista progettuale si considera come range di temperatura della cella l'intervallo compreso tra -10°C e +60°C.

Per l'impianto fotovoltaico in esame si è scelto di realizzare stringhe di lunghezza 36 moduli. Anche se il valore della tensione a circuito aperto alla temperatura di progetto di -10°C supera di poco il valore limite di 1500 V è pur vero che, considerata l'ubicazione dell'impianto (latitudine), tale temperatura non potrà mai essere raggiunta e pertanto, la scelta di avere stringhe di 36 moduli è piuttosto spinta (dal punto di vista prestazionale) ma più che plausibile.

Gli inverter individuati per lo sviluppo dei progetti in oggetto sono di marca SMA modello Sunny Central 3060 UP, come si evince dalla tabella di seguito riportata i valori di tensione assunti dalle stringhe sono compatibili con i valori limite di funzionamento degli inverter:

DESCRIZIONE GRANDEZZA ELETTRICA	SC 3060UP
MPP range voltage Vdc (@25°C)	1003 to 1325
MINIMUM input voltage / start voltage Vdc	976 / 1153
MAX input voltage Vdc	1.500

Sede LegaleVia Sant'Egidio n. 2
Viterbo,
Italia, 01100**Sede Operativa**Via Roma n. 12
Montalto di Castro,
Italia, 01014Numero di telefono:766678422
Email: tellussrls@pec.it**Tellus Srls**

- MPP range voltage Vdc (@25°C): rappresenta l'intervallo di tensione di funzionamento del dispositivo MPP, inseguitore del punto di massima potenza;
- MINIMUM input voltage / start voltage Vdc: rappresenta il valore minimo per la tensione in ingresso all'inverter e il valore di tensione in corrispondenza del quale l'impianto fotovoltaico si mette in funzione al mattino;
- MAX input voltage Vdc: valore limite della tensione in ingresso.

8. PITCH E OMBREGGIAMENTO

Per l'impianto fotovoltaico in esame si è scelta l'installazione dei moduli su strutture costituite da inseguitori solari (tracker) di tipo monoassiale avente orientamento Nord - Sud e angolo di tilt pari a 0°. In pratica l'asse di rotazione delle strutture sarà parallelo al terreno e i moduli saranno liberi di ruotare attorno ad esso fino ad un'angolazione massima di $\pm 55^\circ$ in direzione Est-Ovest. I moduli fotovoltaici saranno installati in fila singola, configurazione 1xN, e si prevede di sfruttare una tripla modularità composta da strutture con metà stringa (18 moduli), singola stringa (36 moduli) e doppia stringa (72 moduli).

Come indicato più volte nel corso di tutta la documentazione progettuale allegata alla richiesta di autorizzazione alla costruzione ed esercizio dell'impianto, il rendimento e la produttività dipende da numerosi fattori, tra questi riveste un ruolo sicuramente notevole il posizionamento in campo delle strutture. Tale aspetto è inerente al fatto che le strutture devono essere posizionate a terra in modo tale da non provocare ombreggiamenti reciproci, a tal fine il corretto dimensionamento dell'impianto non può prescindere dalla definizione del parametro di pitch, cioè la distanza minima a cui ciascuna struttura deve essere installata per evitare ombreggiamento sui pannelli. Come specificato, tutti i tracker avranno asse di rotazione orizzontale nord-sud e l'inclinazione massima dei moduli sarà di 60° .

Per minimizzare gli ombreggiamenti tra i pannelli, la distanza tra le file deve essere necessariamente maggiore di:

$$D = L \cos \beta (1 + \tan \beta / \tan \theta)$$

Essendo:

- β (inclinazione dei moduli rispetto al piano orizzontale) = 15° ;
- θ (elevazione del sole sull'orizzonte a mezzogiorno del 21 Dicembre) = $90^\circ - \text{lat.} - 23,4^\circ$;

Viene considerata l'elevazione del sole a mezzogiorno del 21 Dicembre in quanto è il giorno dell'anno in cui il sole, alla latitudine considerata, è più basso all'orizzonte.

Sede Legale

Sede Operativa

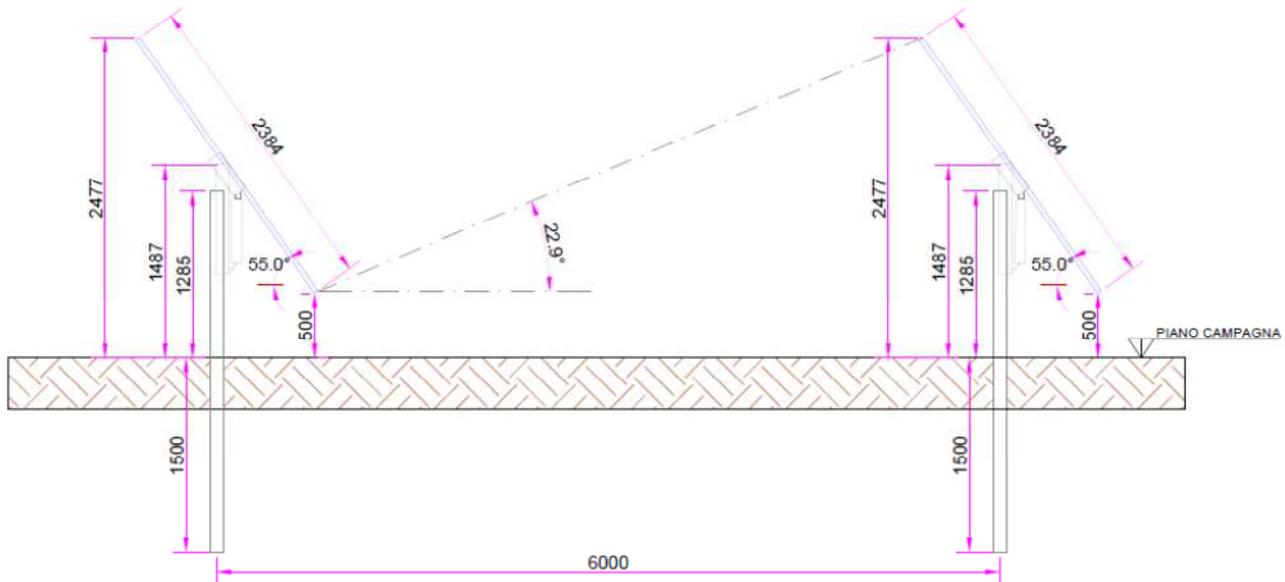
Via Sant'Egidio n. 2
Viterbo,
Italia, 01100

Via Roma n. 12
Montalto di Castro,
Italia, 01014

Numero di telefono: 766678422
Email: tellussrls@pec.it

Tellus Srls

Per lo sviluppo dell'impianto in esame, vagliati gli aspetti tecnici ed economici del caso, il valore di pitch è stato scelto pari a 6 metri, questo si traduce in un angolo di ombreggiamento di 22,9° che rappresenta una scelta valida per evitare ombreggiamenti in qualsiasi condizione di esposizione.



DENOMINAZIONE IMPIANTO	ERGON 20
NUMERO TRACKER 72	397
NUMERO TRACKER 36	106
NUMERO TRACKER 18	110

9. DIMENSIONAMENTO CAMPO FOTOVOLTAICO

Se il corretto dimensionamento delle stringhe in funzione dei parametri elettrici dell'inverter determina il corretto funzionamento elettrico del sistema, un altro aspetto progettuale di importanza primaria che determina invece l'aspetto prestazionale dell'impianto è quello legato alla scelta delle potenze in gioco. Infatti, in riferimento alla superficie disponibile per l'installazione del generatore fotovoltaico, è particolarmente importante la definizione della potenza di picco dell'impianto (quindi lato DC) e quella nominale di connessione alla RTN (quindi lato AC)

Tali valori definiscono un parametro molto importante per il dimensionamento dell'impianto, il rapporto DC/AC. L'importanza di questo parametro risiede nel fatto che da esso dipende il valore del PR cioè il Performance Ratio, esso rappresenta un parametro adimensionale che fornisce le

Sede Legale

Sede Operativa

 Via Sant'Egidio n. 2
 Viterbo,
 Italia, 01100

 Via Roma n. 12
 Montalto di Castro,
 Italia, 01014

 Numero di telefono:766678422
 Email: tellussrls@pec.it

Tellus Srls

prestazioni assolute di un impianto fotovoltaico. Grazie a tale parametro le performance di impianti di potenze diverse, realizzati in luoghi diversi, possono essere confrontate in modo attendibile e assoluto.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	ERGON 20
TOTALE MODULI INSTALLATI	34.380
POTENZA PICCO IMPIANTO DC (kW)	18.909,00
POTENZA NOMINALE AC (kVA)	18.360,00
DC/AC medio %	102,99

In linea generale al diminuire del rapporto DC/AC il valore del PR aumenta, tuttavia, ci sarà un limite minimo oltre il quale l'incremento del PR non sarà più così apprezzabile. La scelta di tali valori deve anche tener presente aspetti economici non secondari a quelli tecnici, infatti, a valori decrescenti del rapporto DC/AC corrispondono costi CAPEX (legati all'investimento iniziale) sempre più elevati.

I valori DC/AC indicati in tabella rappresentano il compromesso migliore possibile per le installazioni in oggetto. Inoltre, il costruttore degli inverter garantisce l'efficienza della conversione DC/AC per valori del suddetto rapporto molto superiori a quelli stabiliti per il progetto in oggetto.

DETTAGLIO TECNICO SOTTOCAMPI

Di seguito si riporta il dettaglio tecnico relativo a ciascun sottocampo che consente di ottenere il rapporto DC/AC specificato:

ERGON 20 - SOTTOCAMPO 1			
INVERTER	MODULI	STRINGHE	POTENZA kW
1	6.336	176	3.484,80

ERGON 20 - SOTTOCAMPO 2			
INVERTER	MODULI	STRINGHE	POTENZA kW
1	6.300	175	3.465,00

ERGON 20 - SOTTOCAMPO 3			
INVERTER	MODULI	STRINGHE	POTENZA kW
1	6.300	175	3.465,00

Sede Legale

 Via Sant'Egidio n. 2
 Viterbo,
 Italia, 01100

Sede Operativa

 Via Roma n. 12
 Montalto di Castro,
 Italia, 01014

 Numero di telefono:766678422
 Email: tellussrls@pec.it

Tellus Srls

Sede Legale

Via della Stazione di San Pietro n. 65
-00165 Roma
P.I./C.F.: 15692361007

ERGON 20 - SOTTOCAMPO 4			
INVERTER	MODULI	STRINGHE	POTENZA kW
1	5.184	144	2.851,20

ERGON 20 - SOTTOCAMPO 5			
INVERTER	MODULI	STRINGHE	POTENZA kW
1	5.184	144	2.851,20

ERGON 20 - SOTTOCAMPO 6			
INVERTER	MODULI	STRINGHE	POTENZA kW
1	5.076	141	2.7891,80

10. CAVI E CADUTA DI TENSIONE

Tutte le scelte progettuali devono essere finalizzate alla massima producibilità dell'impianto fotovoltaico, a tale scopo è fondamentale che tutte le perdite energetiche in campo siano ridotte il più possibile al fine di non inficiare la produzione di energia elettrica. Come ogni sistema fisico anche quello fotovoltaico è composto da numerose componenti sia attive che passive che assorbono e dissipano energia durante il loro esercizio standard. Tra queste, la componente sicuramente più importante è quella relativa ad inverter e trasformatori ma è anche quella dove è possibile incidere meno in termini di progettualità in quanto le performance sono garantite dal costruttore e pertanto nello sviluppo dell'impianto ci si può limitare solo a scegliere apparecchiature il più prestazionali possibili. Dove invece è possibile incidere in termini di contenimento delle perdite è sulla trasmissione dell'energia elettrica lungo tutto il tratto dalla produzione alla connessione in rete. Poiché la trasmissione dell'energia prodotta da un impianto fotovoltaico avviene via cavo, ciò significa che occorre porre particolare attenzione nella scelta dei cavi da utilizzare per collegare i vari componenti di impianto. La tensione è il parametro che è necessario controllare con lo scopo di limitare le perdite lungo il tracciato, in particolare l'obiettivo è quello di limitare la caduta di tensione entro un certo limite che per gli impianti in esame è stato fissato in circa 1,2% - 1,3% lato corrente continua e circa 0,2% - 0,3% lato corrente alternata in media tensione. Le prestazioni descritte dipendono dalla lunghezza delle varie tratte considerate e dalla sezione dei cavi utilizzati per i collegamenti. Quanto concerne gli impianti in questione tanto per il lato in corrente continua quanto per il lato in media tensione le sezioni dei cavi saranno individuate nel range di sezioni 150 / 240 mmq. Fa eccezione la sezione dei cavi per il collegamento alla SSE che dipendono dalla distanza di quest'ultima. A livello di progettazione esecutiva.

Sede Legale**Sede Operativa**

Via Sant'Egidio n. 2
Viterbo,
Italia, 01100

Via Roma n. 12
Montalto di Castro,
Italia, 01014

Numero di telefono:766678422
Email: tellussrls@pec.it

Tellus Srls