

00	Giugno 2021	PRIMA EMISSIONE	D. Di Lenarda	E. Livon	E. Livon
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Volta Green Energy

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA
Provincia di UDINE
COMUNI DI SANTA MARIA LA LONGA E PAVIA DI UDINE



PROGETTO: **IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SANTO STEFANO"**
DA 59,1 MWp E 50 MW IN IMMISSIONE
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

Volta g.e.
green energy

Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 - PEC volta-ge@legalmail.it

PROGETTISTA



L.I.N.E.A. s.r.l.
 Via Tavagnacco, 89/9 - 33100 Udine
 tel. 0432 410536 - fax 0432 831013
 info@lineaing.com

LIVON INGEGNERIA ENERGIA AMBIENTE

OGGETTO DELL'ELABORATO:

**RELAZIONE
 TECNICA D'IMPIANTO**

N° ELABORATO				CODIFICA COMMITTENTE
10				R10

ID ELABORATO : PVSS_R10_Relazione Tecnica d'Impianto_Rev00

Questo elaborato è di proprietà di Volta Green Energy ed è protetto a termini di legge

Volta g.e.
green energy



INDICE

1	PREMESSA	2
2	CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO	4
2.1	GENERALITÀ	4
2.2	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA FOTOVOLTAICA 4	
2.3	DESCRIZIONE DEI CLUSTER.....	5
3	DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI DI IMPIANTO	6
3.1	SISTEMA DI PRODUZIONE FOTOVOLTAICA	6
3.2	SISTEMA DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA IN CORRENTE ALTERNATA	9
3.3	LINEE IN BASSA TENSIONE IN CORRENTE ALTERNATA.....	10
3.4	CABINE DI TRASFORMAZIONE BT / MT	12
3.5	LINEE DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE	12
3.6	STAZIONE MT/AT	18
3.7	LINEE DI CONNESSIONE IN ALTA TENSIONE	19
4	DESCRIZIONE DELLE LINEE DI CONNESSIONE	20
	PLANIMETRIE	23

1 PREMESSA

Volta Green Energy, con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, iscritta alla CCIAA di Trento al n° 02469060228, REA TN – 226969, Codice Fiscale e Partita IVA 02469060228 opera nel settore della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e nasce dall'esperienza più che decennale di professionisti, con oltre 350 MW di parchi eolici e 100 MW di impianti fotovoltaici sviluppati, costruiti e gestiti.

Ad oggi, Volta Green Energy (di seguito anche "VGE") impiega direttamente poco meno di una trentina di risorse e gestisce, per conto di terzi, sette impianti eolici installati in Italia per 300,5 MW complessivi.

Accanto all'asset management degli impianti (completa gestione degli aspetti tecnici, permitting e patrimoniale, regolatori, finanziari, assicurativi, fiscali e di compliance) Volta Green Energy presta assistenza a terzi e svolge in proprio la ricerca e sviluppo di nuovi progetti, il monitoraggio e supervisione impianti 24/7 attraverso il proprio centro di telecontrollo e l'O&M (operation & management).

Ogni attività è svolta sulla base della conoscenza delle specifiche criticità e nel rispetto degli equilibri sociali, ambientali e territoriali in cui si inseriscono gli impianti in esercizio e le nuove iniziative.

Le attività svolte da Volta Green Energy afferiscono all'intero processo che porta alla produzione di energia da fonti rinnovabili: sviluppo di nuovi progetti, finanziamento, costruzione, Operation & Maintenance, vendita dell'energia; queste attività coinvolgono direttamente, l'ambiente, le comunità dove sono presenti gli impianti ed i clienti. Per questo, Volta Green Energy è dotata di un Sistema di Gestione Integrato che include temi etici e legali (D.Lgs. 231/01), requisiti di sistema ambientale (ISO 14001:2015) e di gestione salute e sicurezza (UNI ISO 45001:2018).

Volta Green Energy ha recentemente completato i lavori di una delle prime installazioni eoliche in Italia che, da aprile 2020 con successo, è operativa su base merchant, e cioè si sostiene economicamente senza il ricorso a produzione incentivata.

Si tratta di due ampliamenti di un parco eolico già in esercizio da 48 MW con una potenza aggiuntiva di 18 MW. Tutte le altre attività di realizzazione degli ampliamenti (ingegneria, permitting, lavori civili ed elettrici, acquisti, consulenze, ecc), le attività di collaudo, nonché gestione, coordinamento e armonizzazione tra tutti i diversi soggetti coinvolti e le rispettive attività, sono state svolte da Volta Green Energy, le cui professionalità avevano portato avanti anche lo sviluppo delle iniziative.

VGE ha in progetto la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "Santo Stefano" sito in località "Lunghe", su terreni a destinazione agricola di proprietà privata, nei Comuni di Pavia di Udine e Santa Maria La Longa in provincia di Udine. L'impianto sorgerà in un territorio caratterizzato da un'orografia prevalentemente pianeggiante, ad un'altitudine media di 45 m.s.l.m.; occuperà una superficie di circa 89,5 Ha ed una potenza in immissione pari a 50 MW.

Secondo quanto previsto dal preventivo di connessione prot. n. 35078 rilasciato da Terna SpA in data 11/06/2020, e trasmesso da Terna SpA alla VGE in data 11/06/2020, poi accettato da VGE in data 07/10/2020, l'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una stazione utente di

trasformazione e consegna (di seguito anche "SSEU") da collegare in antenna a 220 kV con la sezione 220 kV della Stazione Elettrica (SE) RTN 380/220 kV denominata "Udine Sud".

L'impianto fotovoltaico sarà suddiviso in cinque zone indentificate sulla base della loro posizione geografica: Cluster Nord A e Nord B, Cluster Centro A e Centro B e Cluster Sud. Dette zone avranno cabine di trasformazione interne atte all'innalzamento della tensione a 30kV per il collegamento di ciascun Cluster alla stazione di connessione dell'impianto alla rete di trasmissione nazionale.

2 CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

2.1 Generalità

L'impianto fotovoltaico in oggetto è destinato alla produzione di energia elettrica e sarà collegato alla rete di trasmissione nazionale RTN attraverso una linea elettrica in cavo interrato esercita alla tensione di 220kV.

L'impianto produce energia elettrica in corrente continua che viene convertita in alternata attraverso degli inverter di stringa. Dagli inverter l'energia fluisce in bassa tensione fino alle cabine di campo, in totale undici, atte alla trasformazione della tensione da 800Vca a 30kVca da cui si dipartono le tre dorsali di media tensione che trasportano l'energia prodotta fino alla stazione di consegna 30/220kV.

L'impianto, in considerazione della sua estensione, è diviso in sottocampi denominati cluster.

Nel seguito si riassumono le potenze installate per ciascun sottocampo:

Cluster	Potenza installata [MWp]
<i>Nord A</i>	5.5
<i>Nord B</i>	5.2
<i>Centro A</i>	4.2
<i>Centro B</i>	3.0
<i>Sud</i>	41.2
Totale	59.1

2.2 Descrizione del sistema di produzione dell'energia fotovoltaica

I moduli fotovoltaici considerati sono in silicio monocristallino e saranno installati su strutture in acciaio zincato infisse nel terreno. Le strutture saranno tali da consentire l'inseguimento del massimo irraggiamento in direzione est – ovest e saranno dotate di sistema di controllo del backtracking atto alla massima riduzione degli effetti di ombreggiamento. Su ciascun inseguitore sarà possibile l'installazione di 28 pannelli fotovoltaici (full trackers) o di 14 pannelli fotovoltaici (half trackers) ciascuno della potenza di 550Wp.

I pannelli saranno composti in stringhe connesse in ingresso agli inverter. Gli invertitori avranno potenza massima di 250kVA sul lato alternata e avranno la tensione di uscita di 800Vca così da ridurre le perdite sulle linee di connessione.

2.3 Descrizione dei cluster

Il parco fotovoltaico è diviso in sottocampi, ciascuno dotato di una o più cabine di trasformazione in accordo alla potenza fotovoltaica installata.

L'intero campo fotovoltaico conta in totale undici cabine di trasformazione.

Nella tabella si riassumono, per ogni cluster, gli inseguitori, i pannelli e gli inverter installati con indicazione delle potenze lato corrente continua e lato corrente alternata.

Errore. Il collegamento non è valido.

Cabina	Full Trackers [n°]	Half Trackers [n°]	Pannelli Fotovoltaici [n°]	Potenza Installata [MW]	Numero Inverter [n°]	Pca Cabina [MVA]
CLUSTER NORD						
CAB1	346	28	10080	5.5	22	5.00
CAB2	308	56	9408	5.2	20	4.50
TOTALI Cluster Nord	654	84	19488	10.7	42	9.50
CLUSTER CENTRO						
CAB3	253	34	7560	4.2	16	3.50
CAB4	181	22	5376	3.0	11	2.50
TOTALI Cluster Centro	434	56	12936	7.2	27	6.00
CLUSTER SUD						
CAB5	386	25	11158	6.1	24	5.50
CAB6	366	29	10654	5.9	23	5.00
CAB7	362	31	10570	5.8	23	5.00
CAB8	382	41	11270	6.2	24	5.50
CAB9	329	27	9590	5.3	21	4.50
CAB10	340	22	9828	5.4	21	4.50
CAB11	407	36	11900	6.5	26	6.00
TOTALI Cluster Sud	2572	211	74970	41.2	162	36
TOTALI	3660	351	107394	59.1	231	51.50

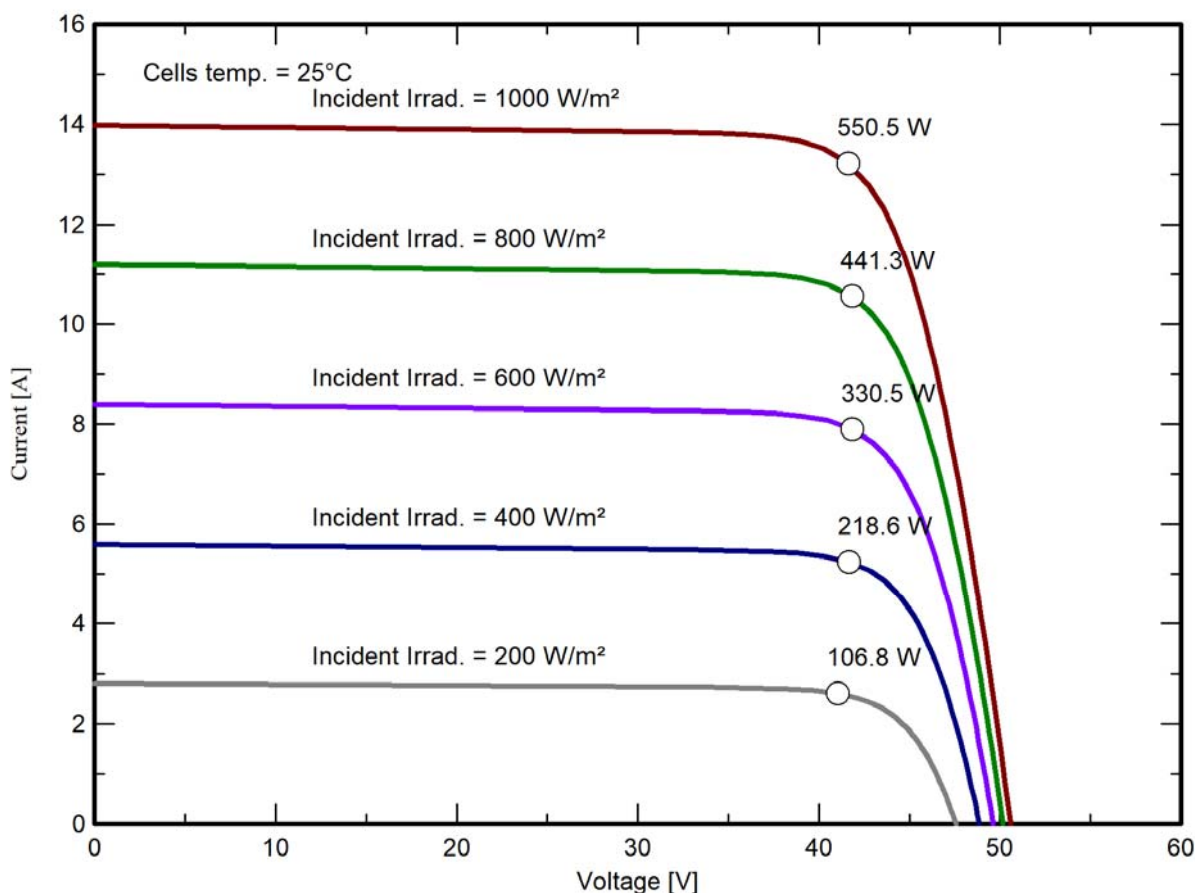
3 DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI DI IMPIANTO

3.1 Sistema di produzione fotovoltaica

La produzione di energia fotovoltaica deriva dalla conversione della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua tramite le celle solari presenti nei pannelli. Per massimizzare l'irraggiamento delle celle i pannelli fotovoltaici saranno installati su sistemi tracker mono-assiali tali da inseguire la stella da est ad ovest con inclinazione massima di $\pm 55^\circ$.

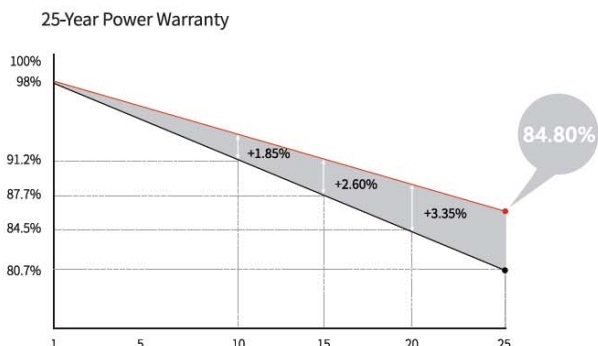
I pannelli solari saranno dotati di celle in silicio con tecnologia monocristallina così da massimizzare la potenza installata in funzione della superficie coperta. Ciascun pannello avrà dimensione di circa 225.5cm in lunghezza per 113.5cm in larghezza ed avrà potenza massima di 550Wp in condizioni STC relative, pertanto alla temperatura ambiente di 25°C ed irraggiamento di 1000W/m².

PV module: Longi Solar, LR5-72 HPH 550 M



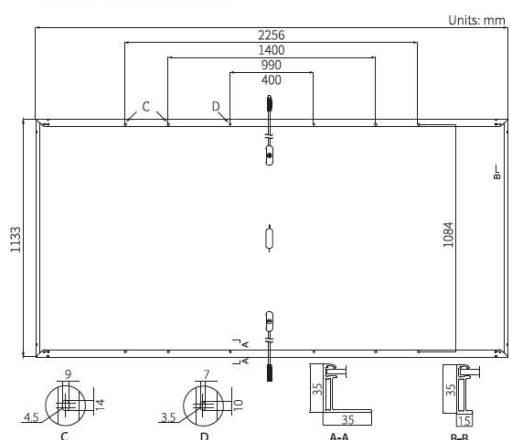
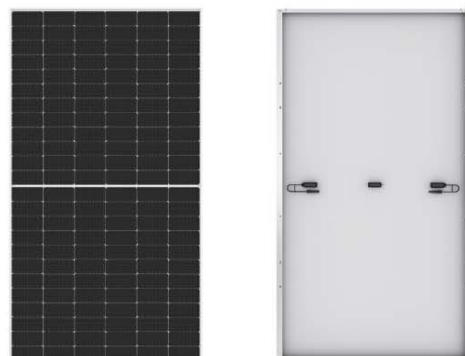
Nel seguito si riporta il datasheet del modulo fotovoltaico assunto.

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.2kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR5-72HPH-550M	
	STC	NOCT
Testing Condition	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	550	410.7
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.80	46.69
Short Circuit Current (Isc/A)	13.98	11.31
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.95	39.06
Current at Maximum Power (Imp/A)	13.12	10.52
Module Efficiency(%)	21.5	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

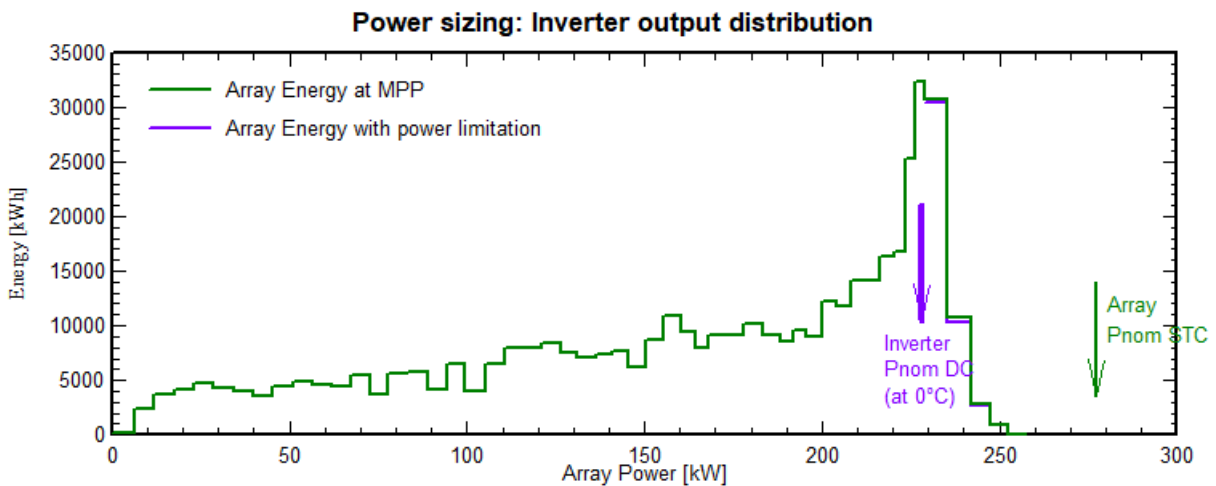
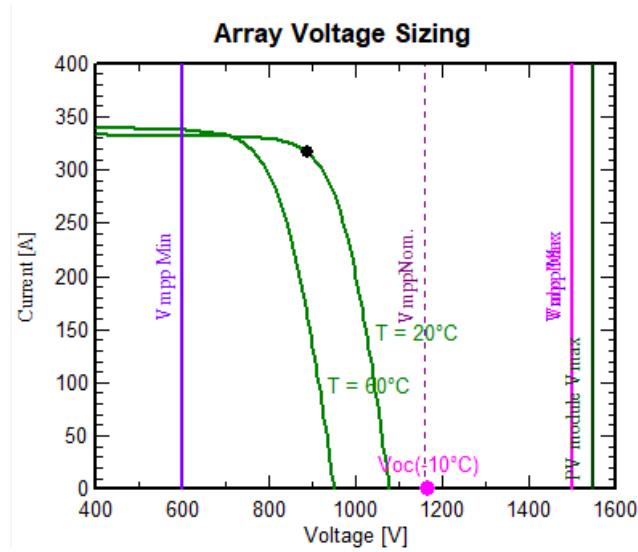
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

I pannelli saranno montanti su sistemi tracker con due possibili configurazioni: una con 28 pannelli installati ed una con 14 pannelli installati. I tracker saranno organizzati su file collocate ad interasse costante di 9.5m al fine di ottimizzare il rapporto tra superficie coperta ed ombreggiamenti reciproci tra le file.

I pannelli saranno composti in serie di 21 moduli e collegati ai 12 ingressi DC degli inverter componendo in parallelo due stringhe da 21 moduli per ogni ingresso, così da massimizzare la resa degli invertitori.



Power Sizing Characteristics

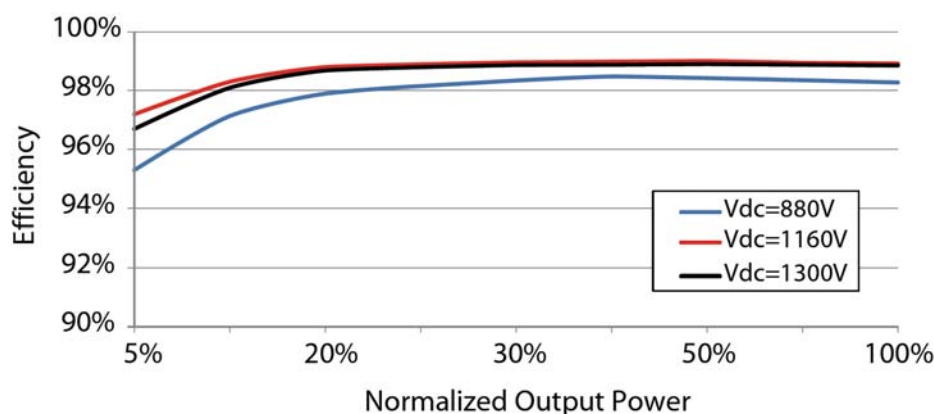
PV Array, Pnom (STC)	1003 kWp
Maximum clear sky conditions :	
PV Array, Pmax (985 W/m ² , 60°C)	867 kWDC
Inverters, Pnom (AC)	225 kWAC
Inverters, Pmax (30°C)	250 kWAC
Overload loss	0.0 kWh
(power limitation)	0.0 %
Pnom Array/Inv. ratio	1.23
Pnom ratio (Tinv = 30°C)	1.11

I collegamenti saranno realizzati con conduttori idonei, tipo NPE SUN H1Z2Z2-K, conformi al regolamento 305/2011/UE. In considerazione delle portate di corrente necessarie ed alle lunghezze delle tratte, i conduttori avranno sezione non inferiore a 16mmq.

3.2 Sistema di conversione dell'energia in corrente alternata

L'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici è in corrente continua, tuttavia la sua trasformazione a livelli di tensione più elevati attraverso i trasformatori è possibile solamente convertendo l'energia da continua ad alternata. Per tale scopo si utilizzano gli inverter che tramite dispositivi elettronici controllati digitalmente convertono la corrente continua proveniente dal campo fotovoltaico in corrente alternata idonea ad essere trasformata a tensioni tali da poter essere accoppiate alla rete di trasmissione nazionale.

Gli inverter individuati avranno la potenza nominale di 225kVA alla temperatura ambiente di 40°C e potranno raggiungere la potenza massima in uscita di 250kVA alla temperatura ambiente di 30°C.



La tensione concatenata di uscita degli invertitori sarà di 800Vca, così da minimizzare le perdite lungo le dorsali di connessione tra gli inverter e le cabine di trasformazione.

Type designation	SG250HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	600 V / 600 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	600 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of PV strings per MPPT	2
Max. PV input current	26 A * 12
Max. current for input connector	30 A
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
Output (AC)	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @40 °C/200 kVA @50°C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3

3.3 Linee in bassa tensione in corrente alternata

Le linee di connessione degli inverter alle cabine di trasformazione BT/MT saranno realizzate con cavi isolati in gomma, rivestiti da una guaina in PVC e con conduttore in corda rigida compatta di alluminio tipo ARG16R16.

Tale tipologia di cavo ha le seguenti caratteristiche funzionali:

<i>Tensione nominale U_0/U</i>	600/1000	V _{c.a.}
<i>Tensione massima U_m</i>	1200	V _{c.a.}
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	90	°C
<i>Temperatura minima di esercizio</i>	-15	°C
<p>Adatto per il trasporto di energia nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale. Per installazione fissa all'interno e all'esterno, su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi simili.</p> <p>Ammessa la posa interrata, anche se non protetta.</p>		

Ciascun inverter sarà collegato alla cabina di trasformazione attraverso una dorsale costituita da un conduttore per fase tipo ARG16R16 con sezione 240mmq; i conduttori saranno raggruppati in fascio e posati entro tubazioni. La valutazione della portata e delle perdite è stata condotta in considerazione della corrente nominale di 180 A di ciascun inverter e della distanza media massima tra gli inverter e le cabine BT/MT di 500m.

Dall'analisi riportata nella pagina seguente, si evince come i cavi con la sezione di 240mmq garantiscano portata sufficiente al trasporto della corrente in uscita dagli inverter e offrano prestazioni tecniche idonee, in termini di caduta di tensione e perdita di potenza in linea, tali da ottimizzare le prestazioni dei collegamenti.

Cross-section conductor [mmq]		240	
Total cross-section conductor [mmq]		1	
Cable range [A]	Iz	490	
Total cable range [A]	Iz _{tot}	490	
Rating factor for laying depth (1m)	K ₁	1	
Rating factor for ground temperature (20°C)	K ₂	1	
Rating factor for phase spacing	K ₃	0.95	
Rating factor for ground thermal resistivity [1.2°Km/W]	K ₄	0.93	
Rating factor for distance between formations	K ₅	0.5	
	K _t	0.44175	
RATED CURRENT FOR UNDERGROUN CABLE [A]	I_{b(und)}	216.46	>I_n

LINE VOLTAGE DROP [V]	ΔV	20.97	
PERCENTAGE DROOPING [%]	ΔV%	0.07	<2%

Conductor temperature [°C]	t _{cond}	90	
Resistance to ambient temperature [Ω/km]	R _{20°}	0.094	
Resistance to the operating temperature [Ω/km]	R _{90°}	0.123	
Total resistance	R _{tot}	0.1227	
Inductive reactance [Ω/km]	X _L	0.0902	
JOULE LOSSES [W/km]	L_J	3993.63	

Cable lenght [km]	L	0.5	
Total cable lenght [km]	L _{tot}	1.5	

TOTAL CABLE LOSSES [kW]	P_L	5.99	
PERCENTAGE TOTAL CABLE LOSSES [%]	P_{L%}	2.396178	<4%

3.4 Cabine di trasformazione BT / MT

Le cabine di trasformazione saranno posizionate su aree dedicate, all'interno dei cluster; la loro ubicazione è stata studiata in modo da consentire agevolmente il loro raggiungimento in fase di posa, di manutenzione e, all'occorrenza, in condizioni di emergenza. Le cabine di trasformazione saranno contenute entro strutture compatte tipo shelter e saranno divise nel reparto di bassa tensione (composto dai dispositivi di protezione delle linee provenienti dagli inverter e dalle alimentazioni dei servizi ancillari al campo fotovoltaico sotteso) e nel reparto di media tensione (scomparti di MT con le rispettive linee afferenti). Un ulteriore reparto degli shelter sarà dedicato all'installazione dei trasformatori BT/MT aventi potenze comprese tra 3MVA e 6MVA. I trasformatori saranno del tipo ermetico, isolati in olio ed a perdite ridottissime in accordo al Regolamento UE n.548/2014.

3.5 Linee di connessione in media tensione

Le cabine di trasformazione saranno collegate tra loro e verso la stazione MT/AT attraverso delle dorsali in cavo interrato in media tensione, esercite alla tensione nominale di 30kV. Tale livello di tensione consente di ridurre la corrente trasportata a parità di potenza trasmessa, ciò consente sia la riduzione delle perdite di linea, sia il contenimento del campo magnetico.

Il parco fotovoltaico sarà composto complessivamente da undici cabine di trasformazione BT/MT, di cui sette collocate nel cluster sud e le altre quattro distribuite sui cluster rimanenti.

Le cabine del cluster sud saranno collegate in anello con due linee afferenti a scomparti separati della stazione MT/AT, mentre le cabine dei cluster centro e nord saranno connesse in antenna ad uno scomparto della stessa stazione.

Il cavo utilizzato per le connessioni di media tensione sarà della medesima tipologia per tutto l'impianto, idoneo alla posa direttamente interrata. Il cavo sarà unipolare, con conduttore in alluminio avente la sezione di 500mm², isolate elastomero termoplastico e guaina esterna in polietilene di colore rosso. La terna di conduttori sarà posata a trifoglio su scavo a trincea. I dati del cavo sono nel seguito riportati:

Tipo di cavo		ARP1H5(AR)E
Tensione nominale d'isolamento (U ₀ /U)	kV	18/30 kV
Tensione massima permanente di esercizio (U _m)	kV	36
Sezioni nominale:	1xmm ²	500

Dati costruttivi:

CONDUTTORE: alluminio, formazione rigida compatta;

ISOLANTE: miscela in elastomero termoplastico di qualità HPTE;

STRATO SEMICONDUCTORE: strato estruso costituito da miscela estrusa termoindurente;

SCHERMO METALLICO: in fili di rame e nastro di alluminio;

GUAINA ESTERNA: PE di colore rosso;

DIAMETRO INDICATIVO ESTERNO DEL CAVO: 50 mm;

PESO NETTO DEL CAVO: 2560 kg/km.

Ciascuna linea è stata dimensionata considerando le condizioni di esercizio più severe a cui i conduttori possono essere sottoposti. In particolar per quanto concerne la portata del cavo, in funzione delle condizioni di posa assunte si riporta la valutazione della corrente limite transitabile e della tenuta al cortocircuito dell'isolante:

Cross-section conductor [mmq]		500
Total cross-section conductor [mmq]		1
Cable range [A]	I _z	812
Total cable range [A]	I _{Ztot}	812
Rating factor for laying depth (1m)	K ₁	1
Rating factor for ground temperature (20°C)	K ₂	1
Rating factor for phase spacing	K ₃	0.95
Rating factor for ground thermal resistivity [1.2°Km/W]	K ₄	0.93
Rating factor for distance between formations	K ₅	0.84
	K _t	0.74214
RATED CURRENT FOR UNDERGROUN CABLE [A]	I_{b(und)}	602.62

For HPTE the maximum allowable short circuit temperature is 250°C		
cross-section conductore [mmq]	S	500
C coefficient dependent on the temperature difference between start and end of short-circuit	K	100
Short-circuit duration [sec]	t	2
MAXIMUM SHORT CIRCUIT CURRENTS [kA]	I_{sh}	35.36

Con riferimento alla corrente di corto circuito, si è verificata la capacità di tenuta idonea all'impiego cui i cavi saranno destinati.

Per quanto riguarda la massima corrente trasportabile dal cavidotto, valutata in circa 600 A e corrispondente alla potenza di circa 20MVA, questa è superiore alla somma delle potenze dei cluster centro e nord che, assieme, raggiungono la potenza installata di 15.5 MVA corrispondenti ad una corrente di circa 315 A.

In tal senso si riportano le valutazioni di caduta di tensione e perdita di potenza relativa alle connessioni tra le cabine dei cluster centro e nord.

CLUSTER CENTRO → NORD CONNECTION
Cable ARP1H5(AR)E 18/30 (36)kV -
Aluminium conductor - P-Laser - AirBag
BURIED IN GROUND
1x(3x1x500)mmq

LINE VOLTAGE DROP [V]	ΔV	25.48	
PERCENTAGE DROOPING [%]	$\Delta V\%$	0.09	<2%

Capacitance [$\mu\text{F}/\text{km}$]	C	0.34
Loss angle	$\tan\delta$	3.50E-04
Frequency [Hz]	f	50
Angular frequency [1/s]	ω	314.159
Ground voltage [kV]	V0	17.32
DIELECTRIC LOSSES [W/km]	Ld	11.22

Conductor temperature [$^{\circ}\text{C}$]	tcond	90
Resistance to the operating temperature [Ω/km]	R90 $^{\circ}$	0.089
Total resistance	Rtot	0.0890
Inductive reactance [Ω/km]	XL	0.16
Total reactance	Xtot	0.1600
JOULE LOSSES [W/km]	LJ	1347.943

Cable lenght [km]	L	1.08
Total cable lenght [km]	Ltot	3.24

TOTAL CABLE LOSSES [kW]	PL	4.40	
PERCENTAGE TOTAL CABLE LOSSES [%]	PL%	0.073	<4%

A seguire la valutazione delle cadute di tensione e delle perdite in linea del collegamento del cluster nord alla stazione, considerando il transito di tutta la potenza relativa ai campi di centro e nord.

CLUSTER NORD → STATION CONNECTION
Cable ARP1H5(AR)E 18/30 (36)kV -
Aluminium conductor - P-Laser - AirBag
BURIED IN GROUND
1x(3x1x500)mmq

LINE VOLTAGE DROP [V]	ΔV	197.97	
PERCENTAGE DROOPING [%]	$\Delta V\%$	0.69	<2%

Capacitance [$\mu\text{F}/\text{km}$]	C	0.34
Loss angle	$\tan\delta$	3.50E-04
Frequency [Hz]	f	50
Angular frequency [1/s]	ω	314.159
Ground voltage [kV]	V0	17.32
DIELECTRIC LOSSES [W/km]	Ld	11.22

Conductor temperature [$^{\circ}\text{C}$]	tcond	90
Resistance to the operating temperature [Ω/km]	R90 $^{\circ}$	0.089
Total resistance	Rtot	0.0890
Inductive reactance [Ω/km]	XL	0.16
Total reactance	Xtot	0.1600
JOULE LOSSES [W/km]	LJ	17040.66

Cable length [km]	L	2.36
Total cable length [km]	Ltot	7.08

TOTAL CABLE LOSSES [kW]	PL	120.73	
PERCENTAGE TOTAL CABLE LOSSES [%]	PL%	0.778	<4%

Con riferimento al cluster sud, la potenza installata raggiunge 36 MVA, corrispondenti alla corrente di 693 A circa, superiori alla portata effettiva di una singola terna di cavi.

Ciò considerato, il cluster sud sarà connesso da una dorsale costituita da due terne di cavi, aventi le caratteristiche sopra descritte, connessi in entra – esci sulle cabine del cluster ed afferenti a due scomparti distinti nella sala quadri di stazione.

Tale soluzione impiantistica, oltre che a consentire la drastica riduzione delle perdite in linea, in virtù del collegamento in parallelo di due terne di cavi, consente anche un buon grado di ridondanza della connessione in quanto in caso di avaria di una linea la potenza del cluster sud sarà parzializzata sulla dorsale sana.

Ai fini del dimensionamento delle dorsali, si è considerato l'esercizio ad anello aperto delle due dorsali e le connessioni più gravose in termini di potenza trasportata, considerando il caso in cui una dorsale connetta la stazione alle cabine CAB6, CAB7, CAB8 e CAB9 ed il caso in cui l'altra dorsale connetta la stazione alle cabine CAB5, CAB11, CAB10, CAB9 e CAB8.

Nel seguito si riporta la valutazione delle cadute di tensione e delle perdite nei casi succitati:

CLUSTER SUD - Station → CAB6,CAB7,CAB8,CAB9
Cable ARP1H5(AR)E 18/30 (36)kV -
Aluminium conductor - P-Laser - AirBag
BURIED IN GROUND
1x(3x1x500)mmq

LINE VOLTAGE DROP [V]	ΔV	489.81	
PERCENTAGE DROOPING [%]	$\Delta V\%$	1.72	<2%

Capacitance [$\mu\text{F}/\text{km}$]	C	0.34
Loss angle	$\tan\delta$	3.50E-04
Frequency [Hz]	f	50
Angular frequency [1/s]	ω	314.159
Ground voltage [kV]	V_0	17.32
DIELECTRIC LOSSES [W/km]	L_d	11.22

Conductor temperature [$^{\circ}\text{C}$]	t_{cond}	90
Resistance to the operating temperature [Ω/km]	$R_{90^{\circ}}$	0.089
Total resistance	R_{tot}	0.0890
Inductive reactance [Ω/km]	X_L	0.16
Total reactance	X_{tot}	0.1600
JOULE LOSSES [W/km]	L_J	15311.82

Cable lenght [km]	L	6.16
Total cable lenght [km]	L_{tot}	18.48

TOTAL CABLE LOSSES [kW]	P_L	283.17	
PERCENTAGE TOTAL CABLE LOSSES [%]	$P_{L\%}$	1.383002	<4%

CLUSTER SUD - Station → CAB5,CAB10,CAB11,CAB9
Cable ARP1H5(AR)E 18/30 (36)kV -
Aluminium conductor - P-Laser - AirBag
BURIED IN GROUND
1x(3x1x500)mmq

LINE VOLTAGE DROP [V]	ΔV	515.29	
PERCENTAGE DROOPING [%]	$\Delta V\%$	1.81	<2%

Capacitance [$\mu\text{F}/\text{km}$]	C	0.34
Loss angle	$\tan\delta$	3.50E-04
Frequency [Hz]	f	50
Angular frequency [1/s]	ω	314.159
Ground voltage [kV]	V_0	17.32
DIELECTRIC LOSSES [W/km]	L_d	11.22

Conductor temperature [$^{\circ}\text{C}$]	t_{cond}	90
Resistance to the operating temperature [Ω/km]	$R_{90^{\circ}}$	0.089
Total resistance	R_{tot}	0.0890
Inductive reactance [Ω/km]	X_L	0.16
Total reactance	X_{tot}	0.1600
JOULE LOSSES [W/km]	L_J	15650.19

Cable length [km]	L	6.41
Total cable length [km]	L_{tot}	19.23

TOTAL CABLE LOSSES [kW]	P_L	301.17	
PERCENTAGE TOTAL CABLE LOSSES [%]	$P_L\%$	1.454922	<4%

3.6 Stazione MT/AT

La cabina utente di trasformazione si comporrà di un reparto AT di tipo AIS (isolato in aria) ed un edificio di servizio. Saranno inoltre predisposte le opere civili per alcuni impianti complementari (es.: sistema di compensazione).

La sezione MT a 30 kV, collocata all'interno del fabbricato, sarà realizzata con un quadro composto da n. 9 scomparti di tipo blindato al quale faranno capo sia i cavi a 30 kV provenienti dal trasformatore di potenza interno alla Cabina sia i cavi delle linee provenienti dai cluster.

La stazione sarà altresì munita di un trasformatore MT/BT necessario all'alimentazione dei servizi ausiliari che sarà ridonato da un gruppo elettrogeno attivato nel solo caso di necessità.

Il trasformatore di potenza sarà isolato in olio, posizionato su un basamento tale da fungere anche da vasca di raccolta. Avrà potenza di 50MVA in funzionamento ONAN e di 63MVA in funzionamento ONAF. Gli avvolgimenti del circuito primario saranno connessi a stella e dotati di commutatore sotto carico atto a contribuire all'ottimale regolazione della tensione, mentre gli avvolgimenti secondari saranno connessi a triangolo così da contribuire a contenere l'eventuale contributo armonico.

Il reparto AT sarà costituito da apparecchiature isolate in aria, rispondenti alle specifiche TERNA ed idonee alla misura, alla protezione ed al sezionamento sia del trasformatore che del cavo.

Nel seguito si riassumono le caratteristiche salienti delle apparecchiature AT.

Tensione massima	kV	245
Corrente nominale	A	2000
Frequenza nominale	Hz	50
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa	kV	1050
Tensione di tenuta a frequenza industriale verso massa	kV	460
Corrente nominale di corto circuito	kA	40
Durata nominale di corto circuito	s	1
Grado di protezione delle custodie	IP	45
Interasse tra i poli	mm	3200
Tensione nominale di alimentazione dei circuiti di comando e segnalazione	Vcc	110
Tensione nominale di alimentazione dei circuiti di potenza	Vcc	110
Tensione nominale di alimentazione dei circuiti ausiliari	Vca	230

3.7 Linee di connessione in alta tensione

Il cavo sarà, tipo ARE4H5E, risponde alla specifica tecnica TERNA UX LK201– Cavi unipolari isolati in XLPE per sistemi con tensione massima $U_m=245\text{kV}$.

È costituito da un conduttore in alluminio, ricoperto da un primo strato semiconduttivo, dall'isolamento in polietilene reticolato, da un secondo strato semiconduttivo, dallo schermo in alluminio saldato e quindi dalla guaina esterna in polietilene.

Il cavo è predisposto per il funzionamento alla tensione nominale concatenata di 220kV e risponde alla Norma costruttiva IEC 62067.

Nel seguito si riportano le caratteristiche elettriche del cavo tipo ARE4H5E considerato:

Dati tecnici:

Tipo di cavo ARE4H5E

Tensione nominale d'isolamento (U_0/U) kV 127/220

Tensione massima permanente di esercizio (U_m) kV 245

Tensione di tenuta ad impulso atmosferico 1,5/50 μs (U_p) kV 1050

Sezione nominale 1 x mm² 1600

Portata nominale per posa direttamente interrata dei cavi a trifoglio: A 950.

Dati costruttivi:

CONDUTTORE: alluminio;

STRATO SEMICONDUCTORE INTERNO: strato estruso costituito da mescola estrusa termoindurente;

ISOLANTE: materiale XLPE, spessore 20mm;

STRATO SEMICONDUCTORE ESTERNO: strato estruso costituito da mescola estrusa termoindurente;

SCHERMO METALLICO: guaina di alluminio saldato, sezione $\sim 150\text{mm}^2$;

GUAINA ESTERNA: HDPE;

DIAMETRO INDICATIVO ESTERNO DEL CAVO: max 110 mm;

PESO NETTO DEL CAVO: max 13 kg/m.

La potenza richiesta per la connessione è di 50MVA, corrispondente alla corrente di 380 A riferita alla tensione nominale di 220kV. In tal senso, il cavo rispondente agli standard TERNA, ha portata sufficiente al trasporto della potenza con elevate prestazioni in termini di rendimento.

4 DESCRIZIONE DELLE LINEE DI CONNESSIONE

<i>Linee di connessione in Alta Tensione</i>											
<i>Linee d' UTENZA</i>											
Da	A	Lunghezza [m]	Tipo di posa	Tensione nominale di esercizio [kV]	Frequenza di esercizio [Hz]	Tipologia di cavo	Sezione del conduttore [mmq]	Materiale del conduttore	Sistema di connessione degli schermi	Tipo e dimensione dei pozzetti di ispezione	Ubicazione dei giunti
Stazione AT/MT	Stazione TERNA	600	direttamente interrato	220	50	ARE4H5E	1600	Alluminio	single point bonded	/	/

Linee di connessione in Media Tensione										
Linee d' UTENZA										
Da	A	Lunghezza [m]	Tipo di posa	Tensione nominale di esercizio [kV]	Frequenza di esercizio [Hz]	Tipologia di cavo	Sezione del conduttore [mmq]	Materiale del conduttore	Tipo e dimensione dei pozzetti di ispezione	Ubicazione dei giunti
Stazione AT/MT	CAB1	2300	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	vedi planimetria allegata
CAB1	CAB2	60	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
CAB2	CAB3	800	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	vedi planimetria allegata
CAB3	CAB4	280	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
Stazione AT/MT	CAB5	4600	direttamente interrato	30	50	2x ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	vedi planimetria allegata
CAB5	CAB6	250	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
CAB6	CAB7	480	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
CAB7	CAB8	290	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
CAB8	CAB9	700	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	vedi planimetria allegata
CAB9	CAB11	350	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
CAB11	CAB10	270	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	/
CAB10	CAB5	650	direttamente interrato	30	50	ARP1H5(AR)E 18/30kV	500	Alluminio	/	vedi planimetria allegata

Tabella riassuntiva delle caratteristiche delle linee di connessione in Bassa Tensione

Linee d' UTENZA												
Da	A	Numero di linee	Lunghezza media [m]	Tipo di posa	Tensione nominale di esercizio [kV]	Frequenza di esercizio [Hz]	Tipologia di cavo	Sezione del conduttore [mmq]	Materiale del conduttore	Formazione del cavo	tipo di linea elettrica	Tipo e dimensione dei pozzetti di ispezione
CAB1	Inverter di campo	22	230	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB2	Inverter di campo	20	250	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB3	Inverter di campo	16	240	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB4	Inverter di campo	11	250	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB5	Inverter di campo	24	200	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB6	Inverter di campo	23	200	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB7	Inverter di campo	23	150	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB8	Inverter di campo	24	500	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB9	Inverter di campo	21	300	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB10	Inverter di campo	21	250	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/
CAB11	Inverter di campo	26	300	intubato	0.8	50	ARG16R16	240	Alluminio	Unipolare	trifase	/