



IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO"

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI POTENZA PARI A 22,3 MWp (POTENZA IN IMMISSIONE 21,0 MW) DENOMINATO "FV MINEO" E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RICADENTI NEI COMUNI DI MINEO E CALTAGIRONE (CITTA' METROPOLITANA DI CATANIA)

Proponente

SOLAR PV 10 S.R.L.

PIAZZA CASTELLO, 19 · 20121 MILANO (MI) · P.IVA: 12823320960 · PEC: solarpv10@legalmail.it

Progettazione



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo

via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy

tel.: 0924 26584 · email: info@hydroeng.it

PEC: hydroeng@pec.it



Collaboratori

Titolo Elaborato

(R) - Elaborati tecnico-descrittivi
7. Relazione tecnica e calcolo preliminare degli impianti

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	DATA	SCALA
PROGETTO DEFINITIVO	WKNI805PDRti007R0	PD-R.7	09/2023	

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	09/2023	PRIMA EMISSIONE	EG	MG	DG

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	2

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	09/2023	Prima emissione	CB	EG	MG

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	3

INDICE

1. PREMESSA	5
2. DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE	6
2.1. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI.....	6
2.2. DATI GENERALI IMPIANTO.....	10
2.3. DATI GENERALI DEL PROGETTO	12
2.4. REQUISITI DI RISPONDEZZA A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI.....	13
2.5. GLOSSARIO E DEFINIZIONI USATE NEL TESTO.....	13
3. DATI DI PROGETTO	15
3.1. MODULO 1 - DATI DI PROGETTO DI CARATTERE GENERALE.....	15
3.2. MODULO 2 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA SUPERFICIE DI POSA	15
3.3. MODULO 3 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLE INFLUENZE ESTERNE.....	16
3.4. MODULO 4 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA RETE DI COLLEGAMENTO.....	17
3.5. MODULO 5 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	18
3.6. MODULO 6 – DATI AMBIENTALI DEL SITO, DATI DI RILIEVO CLINOMETRICO E DIAGRAMMA DELLE OMBRE	18
3.7. MODULO 7 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO (PRINCIPALI PER PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE)	21
4. CONFIGURAZIONE IMPIANTO	26
4.1. MODULI FOTOVOLTAICI	28
4.2. INVERTER	30
4.3. CRITERIO DI VERIFICA ELETTRICA.....	31
4.3.1. <i>Condizione 1</i>	32
4.3.2. <i>Condizione 2</i>	32
4.3.3. <i>Condizione 3</i>	33
4.3.4. <i>Condizione 4</i>	33
4.3.5. <i>Condizione 5</i>	34
4.3.6. <i>Condizione 6</i>	34
4.4. VERIFICHE ELETTRICHE	35
4.4.1. <i>Area PS1</i>	36
4.4.2. <i>Area PS2</i>	38
4.4.3. <i>Area PS3</i>	40
4.4.4. <i>Area PS4</i>	42
4.4.5. <i>Area PS5</i>	44
4.4.6. <i>Area PS6</i>	46
4.4.7. <i>Area PS7</i>	48
5. CALCOLO IMPIANTI BT	51
5.1. CAVI IN CORRENTE CONTINUA.....	51
5.1.1. <i>Criteri di dimensionamento</i>	51
5.1.2. <i>Tensione nominale del circuito in c.c.</i>	51
5.1.3. <i>Calcolo delle portate</i>	52
5.1.4. <i>Dati tecnici del cavo utilizzato</i>	52
5.1.5. <i>Temperatura di posa</i>	53
5.1.6. <i>Numero di cavi</i>	53
5.1.7. <i>Calcolo delle cadute di tensione</i>	53
5.1.8. <i>Tabulati di calcolo</i>	54
5.2. CAVI IN CORRENTE ALTERNATA	54
5.2.1. <i>Criteri di dimensionamento</i>	54
5.2.2. <i>Calcolo delle portate</i>	55
5.2.3. <i>Dati tecnici del cavo utilizzato</i>	55
5.2.4. <i>Temperatura del terreno</i>	56
5.2.5. <i>Numero di terne per scavo</i>	56
5.2.6. <i>Profondità di posa</i>	56

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	4

5.2.7.	<i>Resistività termica del terreno</i>	57
5.2.8.	<i>Calcolo delle cadute di tensione</i>	57
5.2.9.	<i>Tabulati di calcolo</i>	57
5.2.10.	<i>Disposizione delle fasi</i>	58
5.3.	POWER STATION PS.....	58
5.3.1.	<i>Configurazione PS di progetto</i>	60
5.3.2.	<i>Armadio BT</i>	62
5.3.3.	<i>Trasformatore BT/ 36kV</i>	63
5.3.4.	<i>Sala 36kV</i>	63
5.3.5.	<i>Quadri servizi ausiliari</i>	63
5.3.6.	<i>Trasformatore BT/ BT</i>	64
5.3.7.	<i>Sistema centralizzato di comunicazione</i>	64
6.	CALCOLO IMPIANTI 36KV	65
6.1.	CAVI.....	65
6.1.1.	<i>Criteri di dimensionamento</i>	66
6.1.2.	<i>Calcolo delle portate</i>	66
6.1.3.	<i>Dati tecnici del cavo utilizzato</i>	67
6.1.4.	<i>Temperatura del terreno</i>	68
6.1.5.	<i>Numero di terne per scavo</i>	68
6.1.6.	<i>Profondità di posa</i>	68
6.1.7.	<i>Resistività termica del terreno</i>	69
6.1.8.	<i>Calcolo delle cadute di tensione</i>	69
6.1.9.	<i>Tabulati di calcolo</i>	70
6.1.10.	<i>Disposizione delle fasi</i>	70
6.2.	CABINE GENERALI DI IMPIANTO.....	70
6.2.1.	<i>MTR – Main Technical Room</i>	71
6.2.2.	<i>CR – Control room</i>	72
7.	TOLOGIA DI IMPIANTO	74
7.1.	SISTEMA TN-S.....	74
7.2.	SISTEMA IT.....	76
7.3.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA.....	77
7.4.	PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI.....	78
7.5.	ISOLAMENTO DELLE PARTI ATTIVE.....	78
7.6.	PROTEZIONE CON INVOLUCRI E BARRIERE.....	79
8.	DATASHEET	80
8.1.	MODULI FOTOVOLTAICI.....	80
8.2.	POWER STATION.....	83
8.3.	INVERTER.....	86
8.4.	CAVI 36 kV.....	89
8.5.	CAVI BT.....	92
8.6.	CAVI C.C.....	95

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	5

1. PREMESSA

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, la società SOLAR PV 10 S.r.l. del gruppo WKN Italia., ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto denominato "FV Mineo" di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo fotovoltaico. L'impianto ricade interamente nel territorio del Comune di Mineo (Città Metropolitana di Catania) mentre le opere di connessione alla rete ricadono sia nel territorio del comune di Mineo che nel territorio del comune di Caltagirone (Città Metropolitana di Catania). Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture fisse, composto da n. 7 aree di potenza variabile da 2,94 MWp a 3,41 MWp; si tratta di un impianto di complessivi 22,31 MWp (potenza in immissione pari a 20,80 MW) collegati fra loro attraverso una rete di distribuzione interna a 36 kV. Presso l'impianto verranno realizzate le cabine di campo (Power station), la Control Room, la Cabina principale di impianto (Main Technical Room) MTR e due container ad uso magazzino. Dalla MTR si diparte la linea interrata a 36 kV per il collegamento alla rete nazionale di distribuzione. La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) richiesta e rilasciata dall'ente gestore, con codice pratica 202201619 prevede che l'impianto venga allacciato in antenna a 36 kV con una SE Terna a 150/36 kV da inserire in doppio entra-esce alle linee RTN a 150 kV "S.Cono – Caltagirone 2" e "Barrafranca – Caltagirone" previa realizzazione degli interventi nell'area previsti nel Piano di Sviluppo Terna.

La presente relazione ha per scopo quello di illustrare le opere necessarie per la realizzazione del parco fotovoltaico "FV Mineo", da installare a terra su strutture fisse, e per la connessione dello stesso alla rete elettrica RTN. Sono individuati in modo univoco i materiali di cui si farà uso e le specifiche lavorazioni previste, conformemente alle direttive e alla normativa vigente. La tipologia di opera prevista rientra nella categoria "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda" citata nell'All. IV lettera c) del D.Lgs 152/2006 aggiornato con il D.Lgs 4/2008 vigente dal 13 febbraio 2008.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	6

2. DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

2.1. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

L'impianto fotovoltaico in oggetto è ubicato nel territorio del Comune di Mineo (Città Metropolitana di Catania) e si sviluppa su un'area di circa 29,8 ha.

Le realizzande opere di connessione alla rete elettrica del distributore ricadono invece in parte nel territorio dello stesso Comune di Mineo ed in parte nel territorio del comune di Caltagirone (Città Metropolitana di Catania). Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto sono individuate all'interno delle seguenti cartografie e Fogli di Mappa:

1) Impianto Fotovoltaico "FV MINEO":

- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche 273_IV_NE-Mineo;
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1: 10.000, fogli n° 639120 e 639080;
- Foglio di mappa catastale n. 52 del comune di Mineo p.lle 10, 91 e 11;
Foglio di mappa catastale n.39 del comune di Mineo p.lle n. 64 e 8;
Foglio di mappa catastale n. 38 del comune di Mineo p.la 159;

2) Cavidotto di collegamento 36 kV tra area di impianto e SE 150/36 kV:

- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche 273_IV_NO-Monte Frasca e 273_IV_NE-Mineo;
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1: 10.000, fogli n° 639100, 639110 e 639120;
- Foglio di mappa catastale del Comune di Caltagirone n° 52, p.lle: 10;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.19 p.lle 10 e 20;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.18 p.lle 169, 19, 63 e 66;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.23 p.lle 19, X6, 232, 1227, 1098, 1095;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.17 p.lle 156, 127, 96, 111;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.33 p.lle 154, 153, 292, 291, 54, 53, 111, 214, 215, 173 e 49;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.34 p.lle 143, 97 e 2;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.35 p.lle 141, 139, 67, 166, 51, 50, 47, 46, 40, 38, 88, 128, 26, 161, 113, 28, 114, 115, 205, 111, 133, 126, 9, 124, 4 e 118;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.32 p.la 4;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.4 p.la 15.

Il cavidotto transiterà anche, per alcuni tratti, lungo la Strada Vicinale Salto (Mineo), Strada

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	7

Vicinale Altobrando, SP111, SP48 e Strada Comunale Buggiario.

3) Edificio produttore (36 kV)

- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche 273_IV_NO-Monte Frasca;
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1: 10.000, fogli n° 639100,
- Fogli di mappa catastale del Comune di Caltagirone n.4 p.lla 15.

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 del sito:

COORDINATE ASSOLUTE NEL SISTEMA UTM 33 WGS84			
DESCRIZIONE	E [m]	N [m]	H
Parco Fotovoltaico "FV Mineo"	464721	4127890	$H_{variabile} = 350/260$ m s.l.m.
Area SE Terna	454297	4125763	$H_{media} = 410$ m s.l.m.
Area Edificio Produttore	454514	4126079	$H_{media} = 406$ m s.l.m.

Tabella 1 - Coordinate assolute del parco FV Mineo e del punto di consegna alla RTN

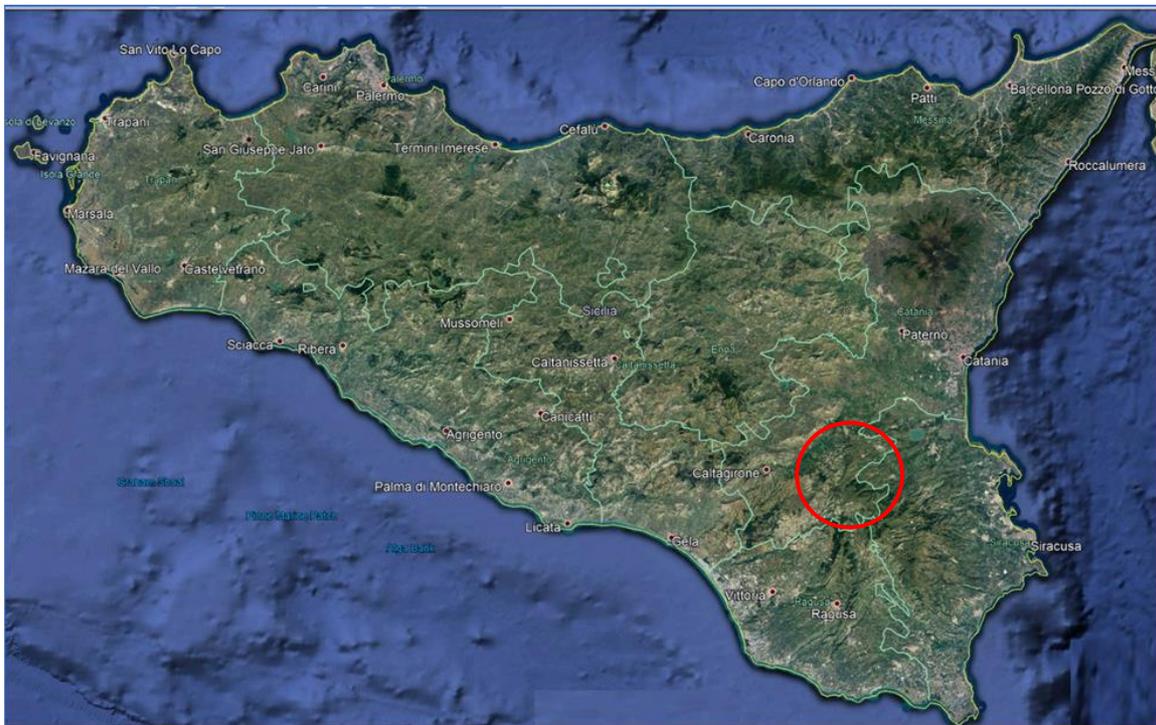


Figura 1 - Ubicazione area di impianto da satellite

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	8

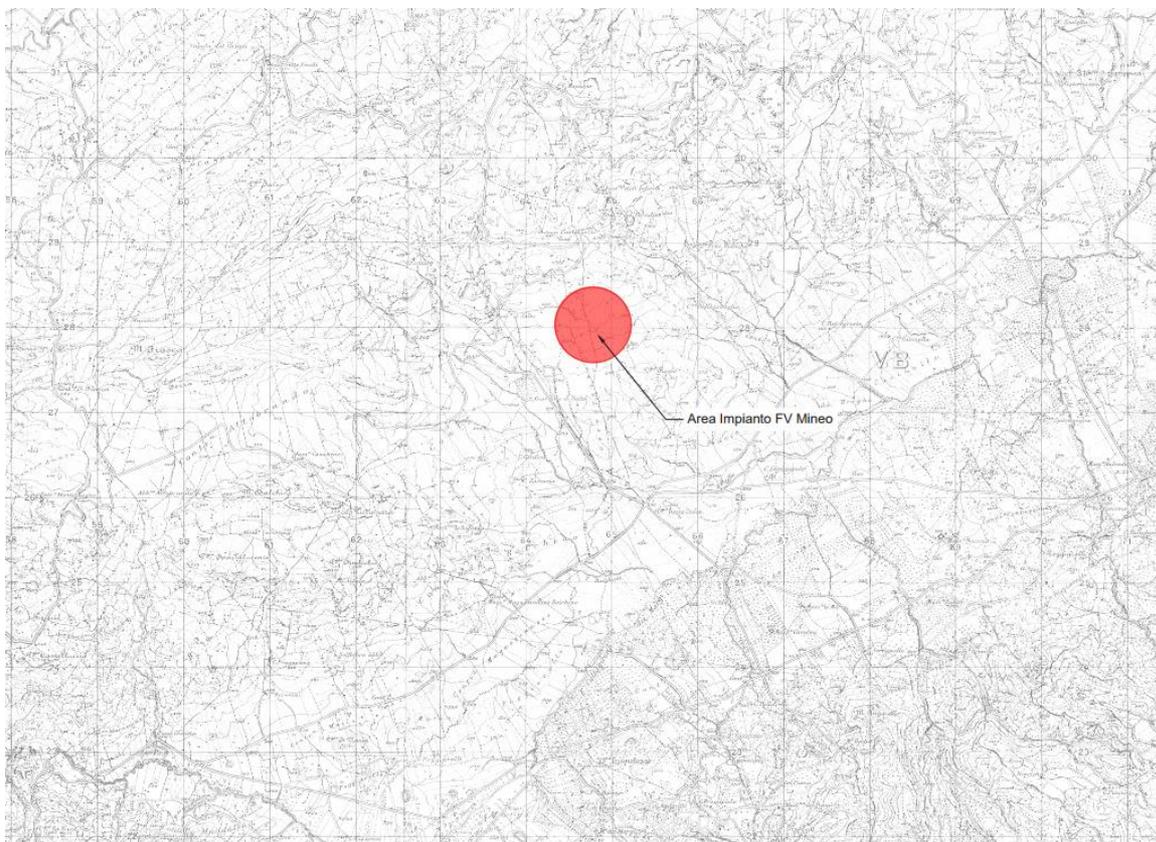


Figura 2 - Inquadramento Impianto "FV Mineo" su IGM

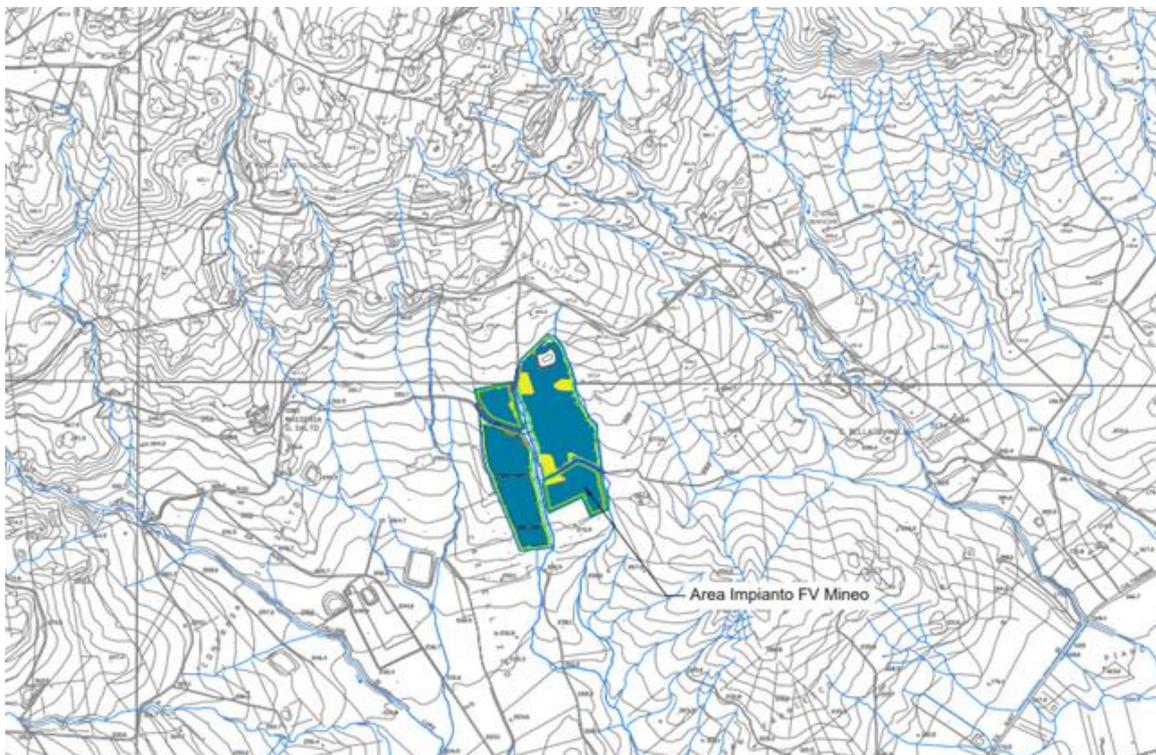


Figura 3 - Inquadramento Impianto "FV Mineo" su CTR

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	9

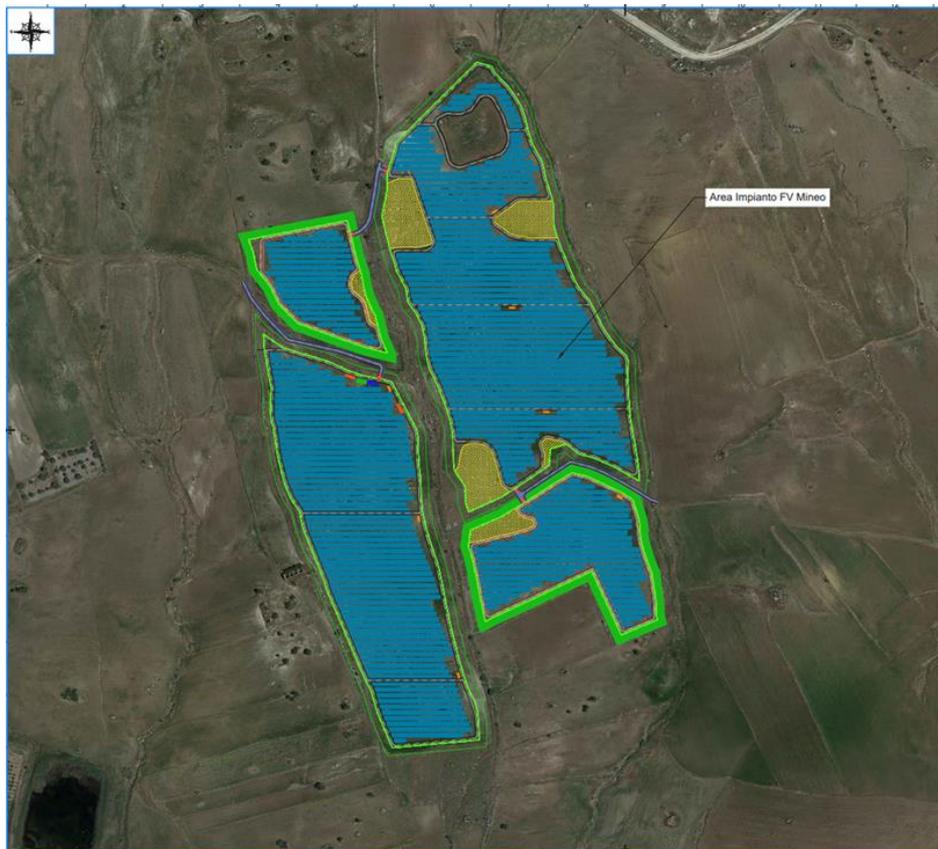


Figura 4 - Inquadramento Impianto "FV Mineo" su ortofoto

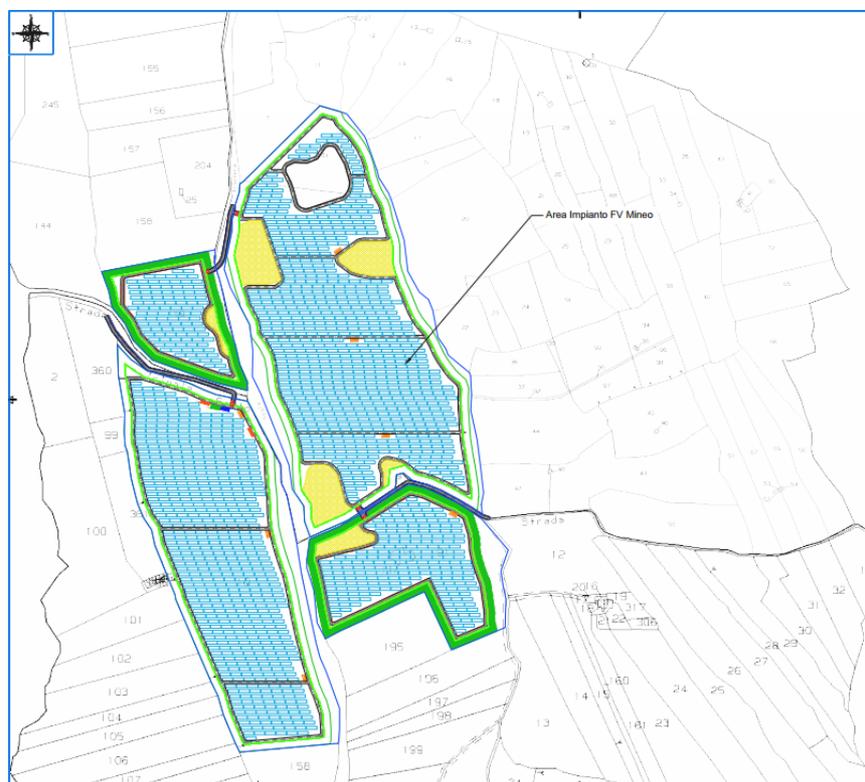


Figura 5 - Inquadramento Impianto "FV Mino" su catastale

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	10

2.2. DATI GENERALI IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico, nel suo complesso sarà costituito dalle seguenti componenti:

- moduli fotovoltaici JINKO SOLAR JKM565M-7RL4-TV in numero pari a 39.494 raggruppati in stringhe da 26 moduli: saranno installati su apposite strutture metalliche del tipo fisso, ammorsate nel terreno attraverso pali metallici infissi o trivellati;
- n.65 Inverter di stringa, del tipo SUNGROW SG 350HX, che hanno lo scopo di ricevere i cavi solari provenienti dalle stringhe di progetto e di trasformare la corrente da continua (CC) ad alternata (AC);
- n. 7 Power Station (PS) o cabine di campo del tipo SUNGROW MVS3200-LV che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa a 36 kV (BT/63kV – 0.8/36 kV); esse saranno collegate tra loro ove possibile in entra-esce o direttamente alla cabina principale di impianto. Ogni PS raccoglie l'energia prodotta da ciascun campo di cui si compone l'impianto, con potenze di picco variabili da 2,94 MWp a 3,41 MWp;
- una rete di cavi solari di collegamento tra pannelli/stringhe ed inverter;
- una linea interrata BT di collegamento fra Inverter di stringa e PS di progetto;
- una linea interrata 36 kV interna al parco di collegamento fra le Power Station dell'impianto fotovoltaico "FV Mineo" e la MTR di impianto;
- n.1 Cabina Elettrica MTR (Main Technical Room) per la connessione e la distribuzione; in essa verranno convogliate le linee relative ai sottocampi (sono presenti 3 sottocampi: A, B e C) di cui si compone l'impianto, avverranno il parallelo, le misure e la partenza verso la SE Terna di riferimento "SE TERNA 150/36 kV Caltagirone";
- una linea di connessione esterna all'impianto a 36 kV, tra le MTR di impianto e la SE Terna;
- n. 1 Control Room destinata ad ospitare uffici e relativi servizi: monitoraggio della strumentazione di sicurezza e gestione dell'impianto;
- due container da 40 ft (lunghezza 12,192m e larghezza 2,438m) ciascuno da usare come magazzini e stoccaggio di componentistica di impianto;
- n.1 Edificio produttore da realizzare in adiacenza alla SE Terna "150/36 kV Caltagirone" all'interno del quale effettuare misure e partenza verso la RTN.

Il progetto, come esplicitato dalla Soluzione Tecnica Minima Generale rilasciata dall'Ente Gestore, prevede la connessione in antenna a 36 kV con una SE Terna a 150/36 kV da inserire in doppio entra-esce alle linee RTN a 150 kV "S. Cono – Caltagirone 2" e "Barrafranca – Caltagirone" previa realizzazione degli interventi nell'area previsti nel Piano di Sviluppo Terna. Tale SE è oggetto di autorizzazione mediante iniziativa di altro produttore.

L'impianto è completato da:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	11

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di trasmissione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, monitoraggio, viabilità di servizio, cancelli e recinzioni.

Da quanto progettato discendono i seguenti dati:

Il grafico che segue indica l'incidenza percentuale di ciascuna delle superfici su riportate sul totale di 29,8 ha.

Elementi fisici impianto	Superficie impegnata [m ²]	Superficie impegnata [ha]	Incidenza percentuale
Proprietà	298225,9	29,82	100,00%
Superficie viabilità	24656,1	2,47	8,27%
Area cabine totale	281,8	0,03	0,09%
Area a verde di mitigazione perimetrale	44451,4	4,45	14,91%
Area a verde di compensazione ambientale	14140,8	1,41	4,74%
Area Pannellata (inseguitori)	104811,0	10,48	35,14%
Corridoi tra pannelli e aree libere	109884,8	10,99	36,85%

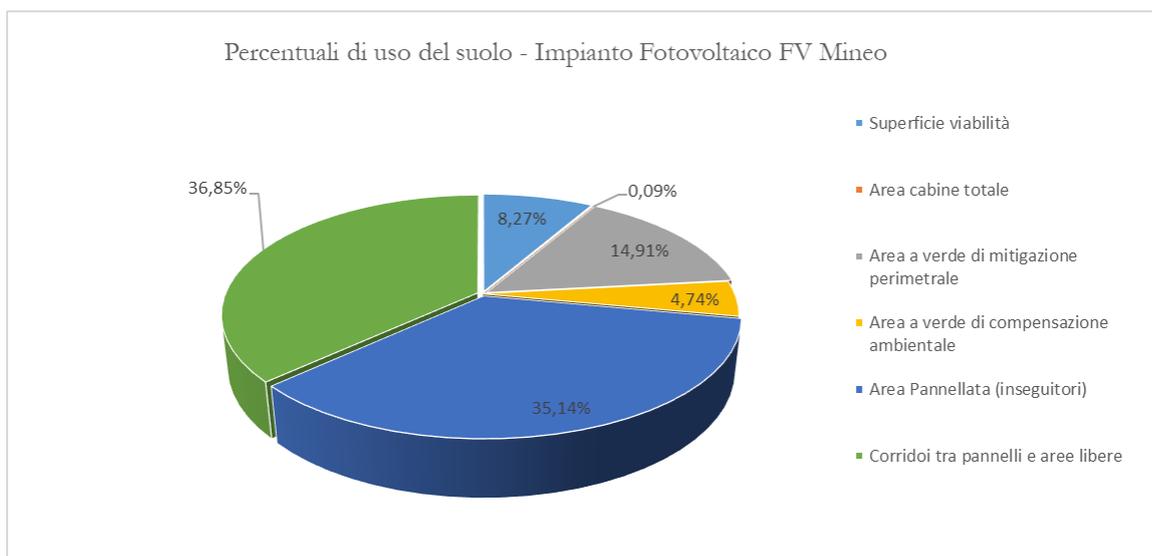


Figura 6 - Grafico che mostra l'incidenza percentuale della copertura di suolo sul totale disponibile

Come anticipato in premessa, ai fini della connessione alla rete di distribuzione dell'impianto agrovoltaico in progetto, la società promotrice ha richiesto e ottenuto dal distributore apposito preventivo di connessione identificato con codice pratica 202201619, condizionato all'autorizzazione, contestualmente alle opere di cui al presente progetto, delle opere necessarie per la connessione alla rete sopra.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede quanto segue: "...che l'impianto FV venga collegato

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	12

in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 150/36 kV della RTN, da inserire in doppio entra - esce alle linee RTN a 150 kV "S.Cono – Caltagirone 2" e "Barrafranca - Caltagirone", previa realizzazione degli interventi nell'area previsti nel Piano di Sviluppo Terna, costituiti da una futura stazione di trasformazione RTN 380/150 kV denominata "Vizzini", da inserire in entra - esce alla linea RTN 380 kV "Paternò – Chiaromonte Gulfi" e relativi raccordi alla linea 150 kV "CP Scordia – SE Mineo 150 kV", alla SE 150 kV Licodia Eubea ed alla CP Mineo".

Tali opere di rete, rientrando negli interventi di adeguamento e/o sviluppo della rete di distribuzione e/o della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), risultano essere **Opere di Pubblica Utilità**. Tali opere connesse, come indicato ai sensi dall'art. 1 octies della L. n.129/2010, costituiscono un unicum dal punto di vista funzionale con il progetto dell'impianto fotovoltaico in esame, e pertanto dovranno essere autorizzate in uno con lo stesso impianto fotovoltaico, ai sensi del D.Lgs. 387/03, art. 12 commi 3 e 4bis. L'impianto nel suo complesso è in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione).

2.3. DATI GENERALI DEL PROGETTO

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con le principali caratteristiche dell'impianto in progetto.

Committente	Solar PV 10 S.r.l. del gruppo WKN Italia Piazza Castello, 19 – 20121 MILANO P.I. 12823320960
Luogo di installazione	Comune di Mineo, Città Metropolitana di Catania. Le opere di connessione ricadono anche nelle aree del comune di Caltagirone, sempre Città Metropolitana di Catania.
Denominazione impianto	FV Mineo
Dati catastali area di progetto	Si veda paragrafo introduttivo 2.1
Superficie di interesse impianto	Area impianto: 29,8 ha
Potenza di picco (MWp)	22.31 kWp
Informazioni generali del sito	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. Presenza di ampi spazi con andamento piano altimetrico locale sostanzialmente pianeggiante. Presenza di alcuni manufatti.
Impatto visivo	Impatto visivo contenuto mediante inserimento dei moduli FV in strutture di sostegno a bassa visibilità. Mitigazione dell'area di impianto attraverso fascia a verde perimetrale di ampiezza pari a 10,00 m

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	13

Connessione	Interfacciamento alla rete presso la SE Terna 150/36 Caltagirone di nuova realizzazione (oggetto di autorizzazione mediante altra iniziativa) nel rispetto delle norme CEI
Tipo strutture di sostegno	Strutture metalliche in acciaio zincato ancorate a terra, del tipo fisso
Inclinazione piano dei moduli	-18°
Azimut di installazione	0°
Barriere architettoniche	Assenti
Posizione cabine di campo	n. 7 Power Station come da Layout
Posizione cabine elettrica di connessione e distribuzione	n. 1 cabina di connessione e distribuzione (MTR) n. 1 cabina Control Room
Rete di collegamento	Alta tensione – 36 kV Punto di consegna AT 36 kV presso SE Terna 150/36 Caltagirone
Coordinate	Vedasi paragrafo introduttivo per tutti i dettagli

2.4. REQUISITI DI RISPONDENZA A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI

Gli impianti saranno realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dalla Legge n. 46 del 5 marzo 1990. Rimane tuttora valido, sotto il profilo generale, quanto prescritto dal DPR 547/55 “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro” e le successive 626 e 494/96 con relativi aggiornamenti e circolari di riferimento.

Le caratteristiche dell'impianto, nonché di tutte le componenti l'impianto, dovranno essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- ✓ alle prescrizione di autorità locali, comprese quelle dei VVF;
- ✓ alle prescrizione ed indicazioni delle Società Distributrice di energia elettrica;
- ✓ alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

2.5. GLOSSARIO E DEFINIZIONI USATE NEL TESTO

- Cella fotovoltaica:* dispositivo fotovoltaico fondamentale che provvede alla generazione di energia elettrica se esposto alla radiazione solare;
- Modulo fotovoltaico:* insieme di celle fotovoltaiche interconnesse fra loro e assemblate in supporti idonei dalle case produttrici, protette dall'ambiente circostante attraverso opportuni involucri. Il modulo fotovoltaico, con le sue caratteristiche elettriche (tensione

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	14

e corrente nominali), costituisce l'unità elementare per la progettazione elettrica dell'impianto fotovoltaico.

- ❑ *Stringa fotovoltaica* insieme di moduli fotovoltaici collegati in serie per raggiungere la tensione di uscita desiderata;
- ❑ *Generatore FV* insieme di stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo per raggiungere la potenza desiderata;
- ❑ *Impianto fotovoltaico* impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della luce, cioè della radiazione solare, in energia elettrica (effetto fotovoltaico); pertanto, esso rientra nella categoria degli impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili (cioè la cui produzione di energia elettrica risulta aleatoria in funzione del regime meteorologico istantaneo. L'impianto è essenzialmente costituito dal generatore fotovoltaico, dal gruppo di conversione e dal sistema di interfacciamento alla rete elettrica di distribuzione;
- ❑ *Inverter* dispositivo che provvede alla trasformazione dell'energia elettrica prodotta dal generatore fotovoltaico da corrente continua a corrente alternata;
- ❑ *Interfaccia rete* dispositivo che provvede all'interfacciamento dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico dell'utilizzatore e, quindi, alla rete elettrica locale;
- ❑ *Potenza di picco W_p* potenza generata da un dispositivo fotovoltaico (modulo, stringa o generatore) misurata ai morsetti in corrente continua e rimostrata alle condizioni di prova standard (abbr. STC) che risultano le seguenti: Air Mass = 1.5, irraggiamento solare sul piano dei moduli pari a 1 kW/m², temperatura di lavoro della cella fotovoltaica pari a 25°C;
- ❑ *Gestore della rete* è il soggetto che presta il servizio di distribuzione e vendita dell'energia elettrica ai clienti utilizzatori (es. AEM, ENEL, TERNA);
- ❑ *Cliente utilizzatore* è la persona fisica o giuridica titolare di un contratto di fornitura di energia elettrica.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNi805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	15

3. DATI DI PROGETTO

I dati riportati nel seguito risultano strutturati e suddivisi secondo quanto riportato nella Guida CEI 0-2 .

3.1. MODULO 1 - DATI DI PROGETTO DI CARATTERE GENERALE

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>	<i>Note</i>
1.1	Committente	Solar PV 10 S.r.l. del gruppo WKN Italia Piazza Castello, 19 – 20121 MILANO P.I. 12823320960	
1.2	Contatto	Ing. Alessandra De Sena	
1.3	Estremi del progettista	Progetto definitivo Hydro Engineering s.s. (società incaricata)	
1.4	Ubicazione	Comuni di Mineo e Caltagirone (Città Metropolitana di Catania)	
1.5	Scopo del lavoro	Realizzazione di un parco fotovoltaico su strutture fisse della potenza complessiva di 22,3 MW _p , collegato alle rete elettrica RTN 36/150 kV, presso la SE di futura realizzazione 150/36 Caltagioren	
1.6	Vincoli progettuali da rispettare	Area agricola. Vedasi relazione generale del progetto definitivo	
1.7	Informazioni di carattere generale	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. Presenza di ampie aree libere per lo stoccaggio dei materiali da costruzione. Presenza in alcune zone di manufatti non rilevanti.	

3.2. MODULO 2 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA SUPERFICIE DI POSA

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>	<i>Note</i>
2.1	Destinazione d'uso	Zona agricola	
2.2	Superfici disponibili	Area impianto: circa 29 ha	

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	16

2.3	Descrizione area	<input type="checkbox"/> Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. <input type="checkbox"/> Presenza di ampie aree libere per lo stoccaggio dei materiali da costruzione. <input type="checkbox"/> Presenza in alcune zone di manufatti non rilevanti.	
-----	-------------------------	--	--

3.3. MODULO 3 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLE INFLUENZE ESTERNE

Pos	Dati	Valori stabiliti	Note
3.1	Latitudine, longitudine	Si veda paragrafo introduttivo al presente documento	
3.2	Altitudine	Si veda paragrafo introduttivo al presente documento	
3.3	Radiazione solare	<i>Si veda elaborato Calcolo di producibilità di impianto</i>	
3.4	Temperatura: <input type="checkbox"/> min/max all'aperto <input type="checkbox"/> media del giorno più caldo <input type="checkbox"/> media delle massime mensili <input type="checkbox"/> media annuale	<i>Vedi tabella modulo 7</i>	
3.5	Formazione di foschie/nebbie	Possibile	
3.4	Presenza di corpi solidi estranei: Presenza di polvere/sabbia:	SI SI	Ottimale grado di protezione
3.4	Presenza di liquidi: Tipo di liquido <input type="checkbox"/> Possibilità di stillicidio <input type="checkbox"/> Esposizione alla pioggia <input type="checkbox"/> Esposizione agli spruzzi <input type="checkbox"/> Possibilità di getti d'acqua <input type="checkbox"/> Nebbia salina	Acqua - SI - - SI	Prevedere il posizionamento delle apparecchiature elettriche in cabina protetta
3.5	Condizioni del terreno: Carico specifico ammesso (N/m ²) <input type="checkbox"/> Livello della falda freatica (m) <input type="checkbox"/> Profondità della linea di gelo <input type="checkbox"/> Resistività elettrica <input type="checkbox"/> Resistività termica del terreno	Vedi Relazione geologica	

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	17

3.6	Ventilazione dei locali: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Naturale ▪ Forzata ▪ Naturale assistita da ventilazione forzata ▪ Numero di ricambi 	Locale quadri elettrici SI SI (locale trafo) SI (locale trafo) Come da specifiche produttore	
3.7	Dati di ventosità (UNI 10349): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Direzione prevalente: ▪ Media annuale: ▪ Massima velocità di progetto ▪ Pressione del vento 	Vedi relazioni di calcolo strutturale	
3.8	Carico di neve	Vedi relazioni di calcolo strutturale	
3.9	Effetti sismici	Vedi relazioni di calcolo strutturale	
3.10	Livelli massimi di rumore	n.a.	
3.11	Condizioni ambientali speciali	Riferimento a specifiche progettuali	

3.4. MODULO 4 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA RETE DI COLLEGAMENTO

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>	<i>Note</i>
4.1	Tipo di intervento richiesto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nuovo impianto ▪ Trasformazione ▪ Ampliamento 	SI NO NO	
4.2	Dati del collegamento elettrico <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestore rete 2. Numero Cliente 3. Descrizione della rete di collegamento 4. Punto di consegna 5. Tensione nominale (U_n) 6. Potenza disponibile continua 7. Potenza disponibile di punta 	<input type="checkbox"/> TERNA <input type="checkbox"/> --- <input type="checkbox"/> Rete di trasmissione nazionale <input type="checkbox"/> consegna AT <input type="checkbox"/> 150 kV trifase <input type="checkbox"/> 20,8/21 MW <input type="checkbox"/> 22,3 MW	
4.3	Misura dell'energia	Contatori presso Edificio produttore in area adiacente la SE Terna	
4.4	Consumi elettrici	Per servizi ausiliari <ul style="list-style-type: none"> • Ausiliari cabine • Illuminazione esterna • Sistemi di sicurezza e allarme 	

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	18

3.5. MODULO 5 – DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>	<i>Note</i>
5.1	Caratteristiche di installazione	Strutture di sostegno moduli del tipo ad fisso in acciaio zincato a caldo, su pali infissi e/o pali trivellati.	
5.2	Posizione convertitori statici	In interno, in cabinato metallico (Power Station), o in alternativa in esterno con grado di protezione IP65	
5.3	Posizione quadri elettrici	Quadri di parallelo: all'interno della cabina di trasformazione (shelter metallico) Quadri bt: all'interno della cabina di trasformazione (shelter metallico)	
5.4	Illuminazione artificiale	Aree esterne: prevista eventualmente con plafoniere nei pressi delle PS; Prevista lungo il perimetro di impianto (solo per casi di emergenza/anti intrusione) Locali quadri: illuminazione con plafone interne. Si confermano i requisiti minimi per l'illuminazione artificiale previsti nella normativa di riferimento	

3.6. MODULO 6 – DATI AMBIENTALI DEL SITO, DATI DI RILIEVO CLINOMETRICO E DIAGRAMMA DELLE OMBRE

Ai fini del calcolo della radiazione solare media annua su base giornaliera, si è fatto uso del database internazionale MeteoNorm, che rende disponibili i dati meteorologici per le località interessate dal progetto (Mineo-Masseria Niscima (CT)): l'attendibilità dei dati contenuti nel database è internazionalmente riconosciuta, possono quindi essere usati per l'elaborazione statistica per la stima di radiazione solare per il sito.

In particolare sono stati utilizzati i dati del database MeteoNorm 8.1.

Nelle immagini che seguono si riportano i dati meteorologici assunti per la presente relazione.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	19

Rev 0
Meteo e energia incidente

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	WindVel	GlobInc	DifSinc	Alb_Inc
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	m/s	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Gen. 90	74.3	29.13	7.98	2.8	103.7	21.54	0.364
Feb. 90	93.2	39.86	7.74	2.9	117.0	27.90	0.456
Mar. 90	137.9	50.57	10.17	1.9	160.3	33.59	0.674
Apr. 90	170.7	66.26	16.02	2.4	183.6	40.81	0.835
Mag. 90	213.0	76.64	16.31	2.1	216.3	43.66	1.042
Giu 90	229.3	71.70	26.05	1.3	226.8	37.47	1.121
Lug. 90	244.0	59.33	25.99	1.4	243.8	31.60	1.193
Ago 90	213.9	58.12	26.43	1.4	226.8	30.57	1.047
Sett. 90	155.4	54.71	22.06	2.1	175.6	33.12	0.759
Ott. 90	117.8	39.56	18.14	1.9	147.0	27.33	0.576
Nov. 90	78.9	30.37	13.19	2.4	106.5	21.94	0.385
Dic. 90	67.2	30.29	10.64	2.9	94.7	22.04	0.328
Anno	1795.5	606.54	16.77	2.1	2002.0	371.57	8.780

Figura 7 - Dati meteorologici (fonte Meteonorm 8.1)

Variante di simulazione : Rev 0

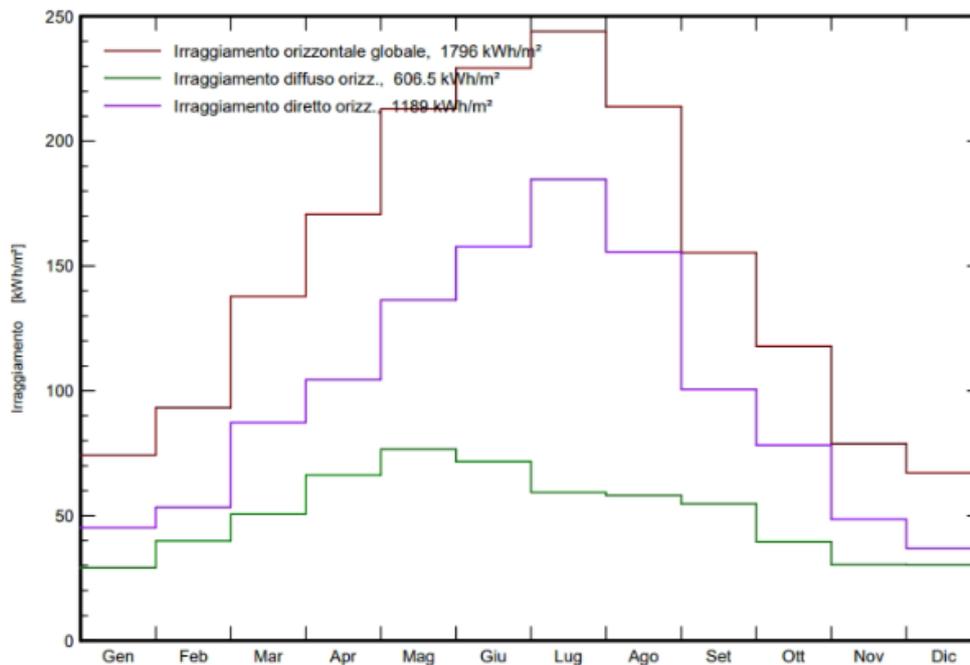


Figura 8 - Radiazione globale, diretta e diffusa incidente sul piano orizzontale

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 - WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	20

Distribuzione irraggiamento incidente

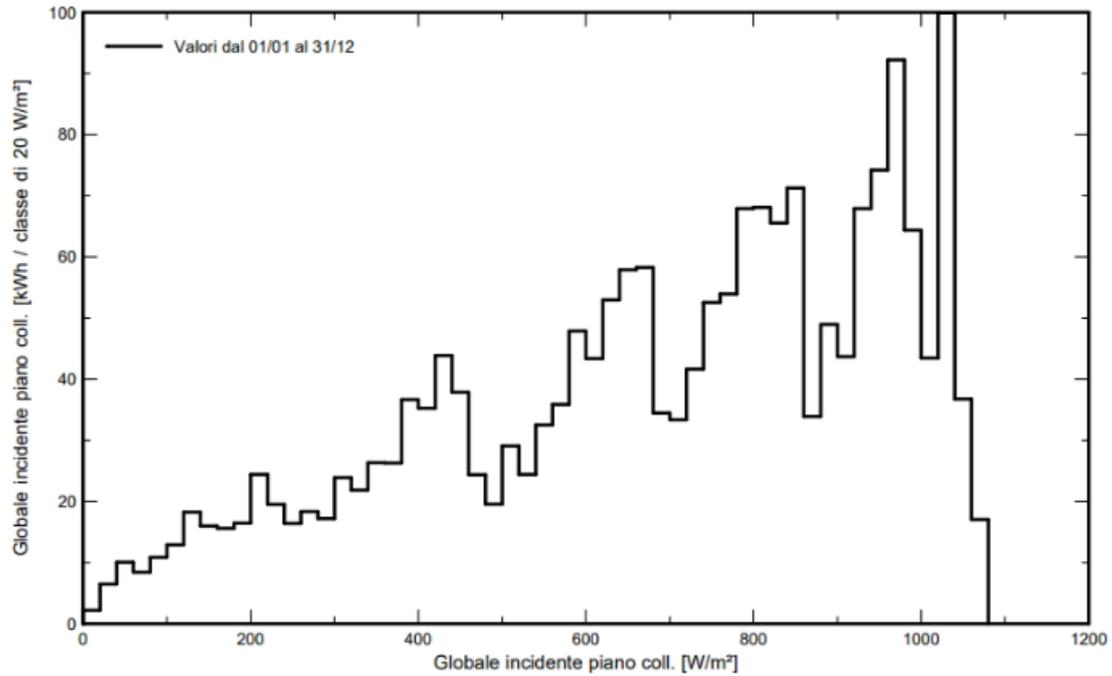


Figura 9 - Radiazione globale incidente sul piano dei collettori

Variante di simulazione : Rev 0

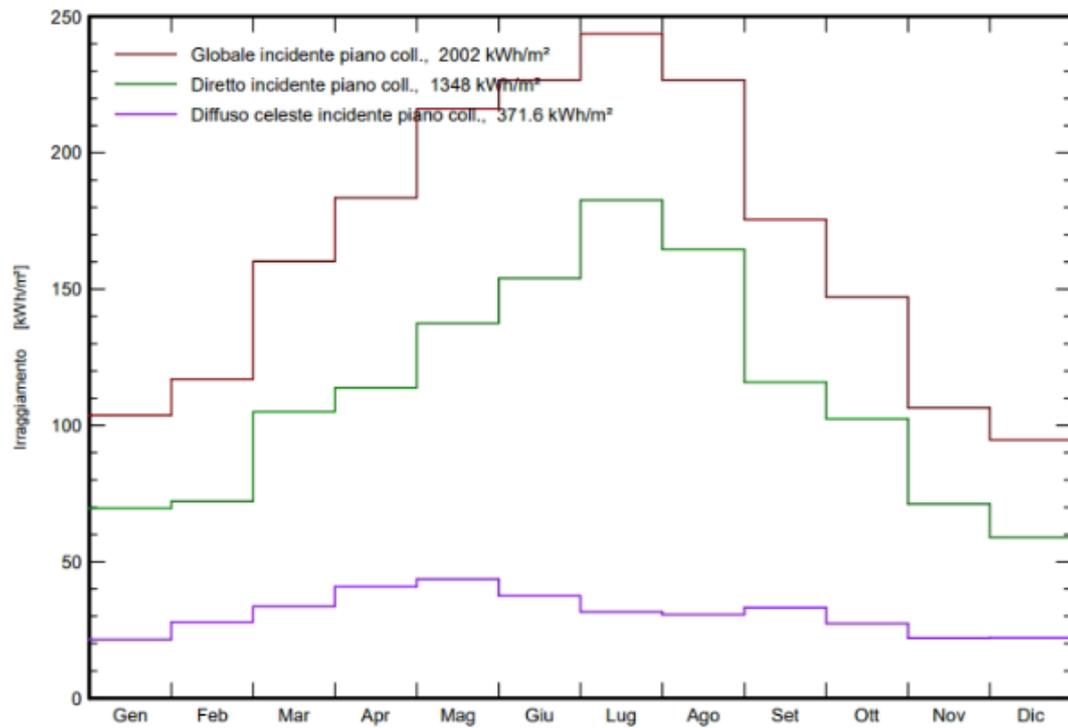


Figura 10 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano dei collettori

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	21

Il grafico che segue mostra le altezze massime e minime del sole nell'arco dell'anno, e il diagramma delle ombre dovuto al paesaggio circostante. Si tratta di un diagramma orientativo, che tiene conto della posizione del sito e delle interferenze con l'ambiente circostante. Sulla base dei modelli DTM tridimensionali del terreno, è stato elaborato il profilo del terreno per la determinazione delle ombre lontane, che di seguito si riporta.

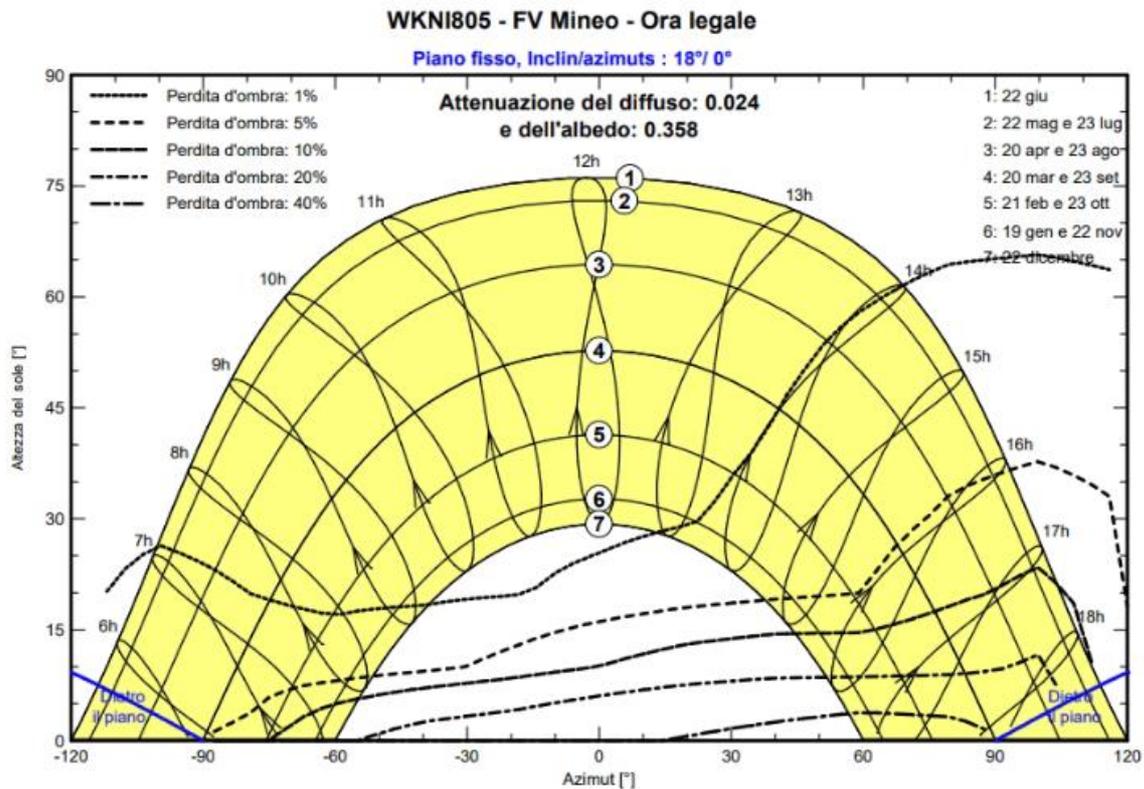


Figura 11 - Diagramma clinometrico

A seguito dei rilievi effettuati in sede di sopralluogo, è stato accertato che non esistono ostacoli significativi tali da presentare ombreggiamenti locali sulla superficie dell'impianto fotovoltaico.

3.7. MODULO 7 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO (PRINCIPALI PER PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE)

DPR	547/55	Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
Legge	46/90	Norme per la sicurezza degli impianti
L.	186/68	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici
DPR	447/91	Regolamento di attuazione della Legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	22

D.Lgs	163/06	Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE
D.Lgs	626/94	Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro
D.Lgs	494/96	Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili
D.Lgs	31/08	Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
D.Lgs	81/08	Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
D.Lgs	106/09	"Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
D. M.	37/08	Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
D.M.	14/01/08	Norme tecniche per le costruzioni
D.M.	28/07/05	Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare
D.M.	06/02/06	Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare
D.M.	23/02/07	Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici
DPR	554/99	Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici
CEI	0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
CEI	0-16	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
CEI	11-1	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
CEI	11-17	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	23

CEI	11-20	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti i I e II categoria
CEI	13-4	Sistema di misura dell'energia elettrica – Composizione, precisione e verifica
CEI	20-13	Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 kV a 30 kV
CEI	20-14	Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV
CEI	20-19	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
CEI	20-20	Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V
CEI	20-22	Prova dei cavi non propaganti l'incendio
CEI	20-38	Cavi senza alogeni isolati in gomma, non propaganti l'incendio, per tensioni nominali U_0/U non superiori a 0,6/1 kV
CEI	20-38/2	Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi Parte 2 - Tensione nominale U_0 /U superiore a 0,6/1 kV
CEI	20-40	Guida per l'uso di cavi in bassa tensione
CEI	20-42/1	Calcolo delle portate dei cavi elettrici Regime di carico ciclico per cavi con tensione inferiore o uguale a 18/30 (36) kV
CEI	20-45	Cavi isolati con mescola elastomerica, resistenti al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni (LS0H) con tensione nominale U_0/U di 0,6/1 kV
CEI	20-49	Cavi per energia 0,6/1 kV con speciali caratteristiche di comportamento al fuoco per impiego negli impianti di produzione dell'energia elettrica
CEI	20-67	Guida per l'uso di cavi 0,6/1 kV
CEI	22-2	Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
CEI	23-46	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Prescrizioni particolari per sistemi in tubi interrati
CEI	23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
CEI	64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI	64-12	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
CEI	81-1	Protezione delle strutture contro i fulmini

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	24

CEI	82-1	Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
CEI	82-2	Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizioni per celle solari di riferimento
CEI	82-3	Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
CEI	82-4	Protezione contro la sovratensione dei sistemi fotovoltaici per la produzione di energia - Guida
CEI	82-8	Moduli fotovoltaici in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
CEI	82-9	Sistemi fotovoltaici – Caratteristica dell'interfaccia di raccordo alla rete
CEI	82-15	Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
CEI	82-16	Schiere di moduli fotovoltaici in silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
CEI	82-17	Sistemi fotovoltaici di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
CEI	82-22	Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
CEI	82-25	Guida per la realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione
CEI	EN 50160/A1	Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica
CEI	EN 50522 (CEI 99-3)	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
CEI	EN 60076	Trasformatori di potenza – (serie)
CEI	EN 60099-1-2	Scaricatori
CEI	EN 60255	Relè elettrici – (serie)
CEI	EN 60439-1-2-3	Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione
CEI	EN 60529	Grado di protezione degli involucri (Codice IP)
CEI	EN 61215	Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo
CEI	EN 61936-1 (CEI 99-2)	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	25

CEI	UNEL 35016	Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011)
CEI	UNEL 35024-1	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
CEI	UNEL 35364	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
UNI	8477	Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
UNI	9488	Energia solare – vocabolario
UNI	10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici
AEEG	28/06	Condizioni tecnico economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili di potenza nominale non superiore a 20 kW, ai sensi dell'articolo 6 del D.Lgs. 387 del 29/12/2003
AEEG	188/05	Definizione del soggetto attuatore e delle modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti fotovoltaici, in attuazione dell'articolo 9 del decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, 28 luglio 2005
ENEL	DK5970	Prescrizioni Enel Distribuzione Spa - Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete MT di ENEL distribuzione Ed. II Febbraio 2006
ENEL		Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	26

4. CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita dagli inverter di stringa, le quali vengono convogliate verso appositi quadri nelle Power Station, dove avverrà la trasformazione BT/36kV. La linea in 36kV in uscita dai trasformatori di ciascuna PS verrà quindi vettoriata verso la MTR di impianto, dove avverranno le misure e la partenza verso il punto di consegna prima presso la stazione elettrica Terna 36/150 kV Caltagirone. Come già rappresentato nelle premesse, il parco fotovoltaico è costituito da 7 aree elettricamente connesse a 7 power station di potenza variabile come di seguito esplicitato:

Sottocampo	Potenza picco (kWp)	Potenza (kW)
PS1	3.408,08	3.200
PS2	3.408,08	3.200
PS3	3.040,83	2.880
PS4	3.173,04	2.880
PS5	3.173,04	2.880
PS6	3.173,04	2.880
PS7	2.938,00	2.880
Totale	22.314,1 kWp	20.800 kW

Tabella 2 - Suddivisione in PS dell' area di impianto

I moduli verranno installati su apposite strutture in acciaio zincato fisse gravanti su pali infissi o trivellati nel terreno a profondità variabile.

La scelta dei materiali utilizzati per le strutture conferisce alla struttura di sostegno robustezza e una vita utile di gran lunga superiore ai 20 anni, tempo di vita minimo stimato per l'impianto di produzione. Il generatore fotovoltaico, presenta una potenza di picco complessiva pari a **22.314,11 kWp**, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni di prova standard (STC), ossia considerando un irraggiamento pari a 1000 W/m², con distribuzione dello spettro solare di riferimento (Massa d'aria AM 1,5) e temperatura delle celle di 25°C, secondo norme CEI EN 904/1-2-3.

L'impianto fotovoltaico in oggetto è composto complessivamente da 39.494 moduli fotovoltaici del tipo N-type in silicio monocristallino, collegati in serie da 26 moduli tra loro così da formare gruppi di moduli denominati stringhe, e da questi collegati agli inverter di stringa in numero pari a 65. Dagli inverter avviene il collegamento in BT verso le sette PS di progetto dove avverrà la trasformazione BT/36kV.

Le stringhe di ogni sottocampo verranno attestate a gruppi che variano da 22/24 presso gli inverter di stringa, dove avviene il parallelo delle stringhe e il monitoraggio dei dati elettrici.

La tabella che segue mostra la suddivisione dell'impianto di generazione in PS, con i dati relativi

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 - WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	27

al numero di stringhe e alla potenza nominale in c.c.

AREA	CAMPO	INVERTER - STRING BOX	n. stringhe per ciascun string/box - inverter	Corrente stringbox	N. Moduli per inverter	Potenza ingresso inverter [kW]	Corrente ingresso sezione inverter [A]	Potenza sottocampo [kW]	Potenza di esercizio AC singolo inverter	Rapporto di utilizzo inverter (DC/AC Ratio)	POTENZA LATO DC	POTENZA LATO AC	POTENZA TRAF0	Rapporto di utilizzo trafo BT/MT
PS1	Area 1	1.1	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102	3408,08	3200	3200	1
		1.2	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		1.3	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		1.4	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		1.5	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		1.6	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		1.7	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		1.8	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		1.9	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		1.10	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
PS2	Area 2	2.1	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102	3408,08	3200	3200	1
		2.2	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		2.3	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		2.4	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		2.5	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		2.6	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		2.7	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		2.8	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		2.9	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		2.10	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
PS3	Area 3	3.1	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102	3040,83	2880	3200	0,9
		3.2	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		3.3	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		3.4	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		3.5	23	308,43	598	337,87	308,43	337,87	320	1,056				
		3.6	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		3.7	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		3.8	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		3.9	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
PS4	Area 4	4.1	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102	3173,04	2880	3200	0,9
		4.2	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.3	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.4	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.5	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.6	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.7	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.8	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		4.9	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
PS5	Area 5	5.1	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102	3173,04	2880	3200	0,9
		5.2	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.3	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.4	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.5	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.6	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.7	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.8	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		5.9	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
PS6	Area 6	6.1	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102	3173,04	2880	3200	0,9
		6.2	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.3	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.4	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.5	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.6	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.7	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.8	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
		6.9	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
PS7	Area 7	7.1	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010	2938	2880	3200	0,9
		7.2	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.3	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.4	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.5	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.6	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.7	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.8	22	295,02	572	323,18	295,02	323,18	320	1,010				
		7.9	24	321,84	624	352,56	321,84	352,56	320	1,102				
TOTALI			1519	-	39494	-	22314,1	20800	1,073	22314,11	20800			

Tabella 3 - Dettaglio dimensionamento impianto

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	28

Di seguito vengono riportati i dettagli dei moduli, degli inverter e dei layout e le varie verifiche.

4.1. MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli previsti dal presente progetto sono tutti della medesima tipologia e taglia. Si tratta dei moduli bifacciali Jinko Solar, modello JKM565N-72HL4-BDV, di nuova tecnologia n-type. La tecnologia n-type consente il funzionamento della cella fotovoltaica su un letto composto dalla componente negativa di fosforo che non reagendo con l'ossigeno come il boro, consente l'aumento della efficienza del modulo eliminando il difetto di "Ricombinazione" ossigeno-silicio-boro. Il modulo è composto da (6x12+6x12) celle, la cui potenza di picco è pari a 565Wp. Il numero di moduli che compongono una stringa è pari a 26.

Ogni modulo ha dimensioni pari a 2278 x 1134 x 30 mm.

Il numero di moduli che compongono una stringa è pari a 26, per cui la tensione della stringa nel punto MPPT risulta essere variabile dai 1177,78 V alla temperatura di 0°C fino ai 913,26 V alla temperatura di 80°C .

Nelle condizioni STC il modulo presenta un'efficienza del 21,87 %.

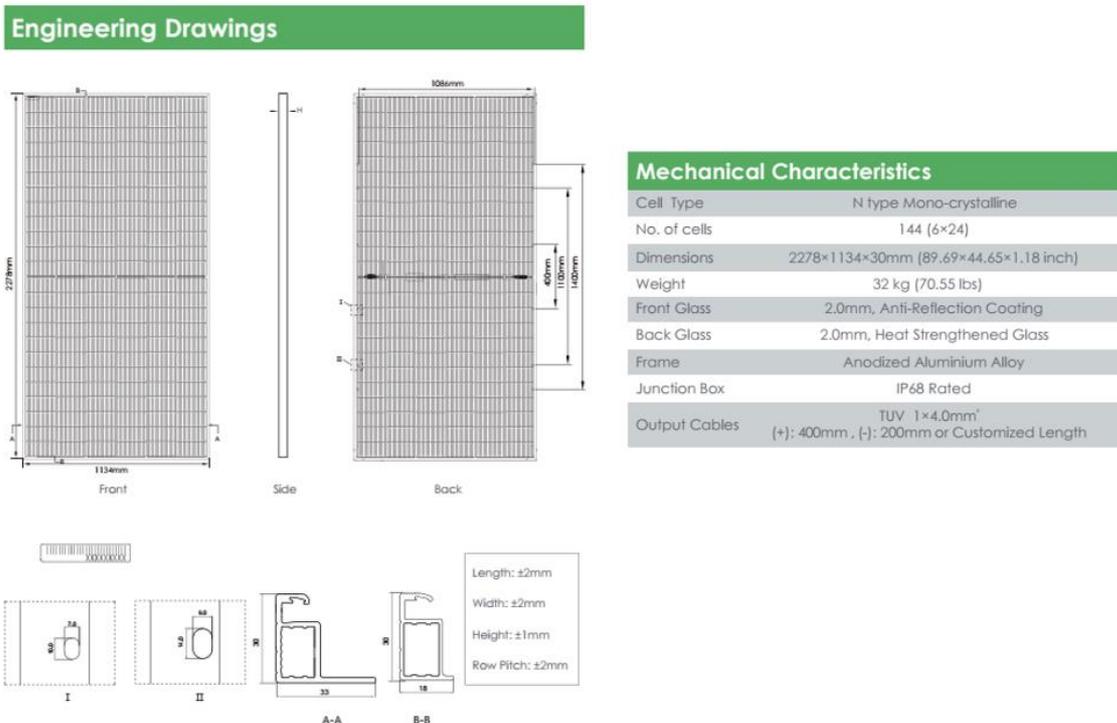


Figura 12 – Dati dimensionali modulo fotovoltaico

Di seguito si riportano i principali dati tecnici estratti dai datasheet. Per la descrizione dettagliata e le certificazioni si rimanda alla relazione tecnica impianti.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	29

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

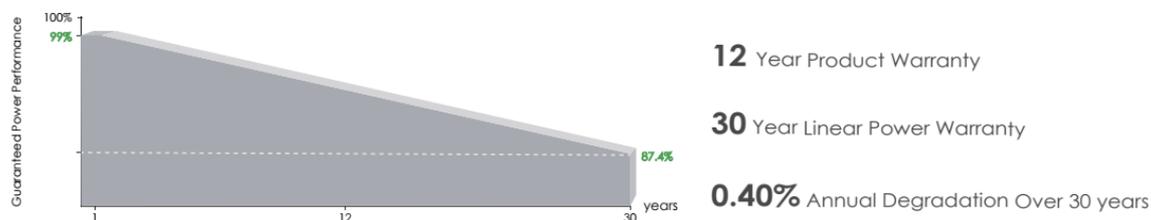


Figura 13 – Prestazioni garantite modulo fotovoltaico

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM550N-72HL4-BDV		JKM555N-72HL4-BDV		JKM560N-72HL4-BDV		JKM565N-72HL4-BDV		JKM570N-72HL4-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	550Wp	414Wp	555Wp	417Wp	560Wp	421Wp	565Wp	425Wp	570Wp	429Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.58V	39.13V	41.77V	39.26V	41.95V	39.39V	42.14V	39.52V	42.29V	39.65V
Maximum Power Current (Imp)	13.23A	10.57A	13.29A	10.63A	13.35A	10.69A	13.41A	10.75A	13.48A	10.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.27V	47.75V	50.47V	47.94V	50.67V	48.13V	50.87V	48.32V	51.07V	48.51V
Short-circuit Current (Isc)	14.01A	11.31A	14.07A	11.36A	14.13A	11.41A	14.19A	11.46A	14.25A	11.50A
Module Efficiency STC (%)	21.29%		21.48%		21.68%		21.87%		22.07%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN						
5%	Maximum Power (Pmax)	578Wp	583Wp	588Wp	593Wp	599Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.36%	22.56%	22.77%	22.97%	23.17%
15%	Maximum Power (Pmax)	633Wp	638Wp	644Wp	650Wp	656Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.48%	24.71%	24.93%	25.15%	25.37%
25%	Maximum Power (Pmax)	688Wp	694Wp	700Wp	706Wp	713Wp
	Module Efficiency STC (%)	26.61%	26.86%	27.10%	27.34%	27.58%

Figura 14 – Dati tecnici modulo fotovoltaico

I moduli previsti in progetto sono del tipo “bifacciali”, con vetro ARC da 2,0 mm sia sulla parte anteriore che posteriore e garantiscono una efficienza, pari a 21,87% in condizioni STC. Coerentemente con la definizione delle stringhe, le strutture di supporto sono state progettate, in modo tale da garantire l’installazione dei moduli appartenenti ad una stringa tutti sulla stessa struttura, al fine di facilitare le operazioni di installazione e di manutenzione ordinaria. Per i dettagli della struttura di sostegno si rimanda al paragrafo relativo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	30

4.2. INVERTER

L'impianto di progetto è dotato di inverter di stringa. Il compito degli inverter di stringa è quello di raccogliere la corrente proveniente dalle stringhe di impianto convertendo la corrente da continua (CC) ad alternata (AC).

Gli inverter di progetto saranno del tipo SG350HX della casa produttrice Sungrow, multi-MPPT per sistemi 1500 Vdc. A seguire il datasheet di progetto:

Type designation	SG350HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (optional: 16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
Output (AC)	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @40 °C / 295 kVA @50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920V
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
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99.02 % / 98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV string current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Optional
Surge protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1136 * 870 * 361 mm
Weight*	≤116 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP66
Power consumption at night	< 6 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	Support OT/DT terminal (Max. 400 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1 /2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control

Figura 15 – Datasheet inverter

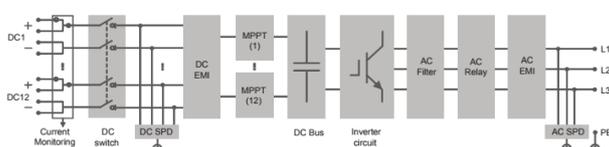
CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	31



Figura 16 – Inverter di progetto SUNGROW SG350HX

Di seguito si allega lo schema circuitale, le curve di rendimento e i datasheet dell'inverter.

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE

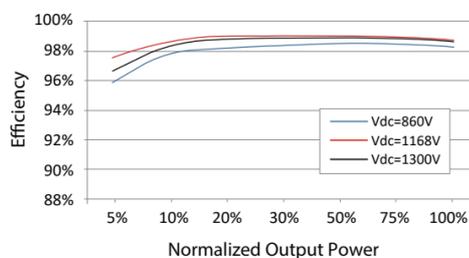


Figura 17 – Schema circuitale e curve di rendimento dell'inverter SUNGROW SG350HX

4.3. CRITERIO DI VERIFICA ELETTRICA

Il numero di moduli in una stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo sono vincolati ai valori della tensione e della corrente di ingresso dell'inverter scelto. Infatti, la tensione e la corrente del generatore FV deve essere coordinata alla tensione e alla corrente di ingresso dell'inverter, rispettando le seguenti condizioni:

- 1 La massima tensione del generatore fotovoltaico, V_{PV_max} , non deve essere superiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter, V_{inv_max} ;
- 2 La minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico, $V_{PV_mppt_min}$, non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter, $V_{inv_MPPT_min}$;
- 3 La massima tensione nel punto di massima potenza $V_{PV_mppt_max}$, del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter, $V_{inv_MPPT_max}$;
- 4 La massima corrente del generatore fotovoltaico, I_{PV_max} , in condizione di cortocircuito,

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	32

non deve essere superiore alla massima corrente ammessa in ingresso all'inverter in condizione di normale funzionamento, I_{inv_max} ;

- 5 La massima corrente di stringa, I_{str_max} , non deve essere superiore alla massima corrente ammessa in ingresso al connettore MPPT, $I_{inv_MPPT_max}$ in condizioni di normale funzionamento;
- 6 La massima corrente di stringa durante un cortocircuito, $I_{SC_str_max}$, non deve essere superiore alla massima corrente ammessa in ingresso al connettore MPPT, $I_{inv_SC_MPPT_max}$ in condizioni di cortocircuito;

4.3.1. Condizione 1

La massima tensione del generatore fotovoltaico è la massima tensione di stringa calcolata a vuoto alla minima temperatura di funzionamento ipotizzabile per i moduli fotovoltaici, in genere assunta pari a:

- -10°C per le zone fredde;
- 0°C per le zone meridionali e costiere;

La tensione a vuoto, V_{oc} [V], di un modulo fotovoltaico valutata alla temperatura di funzionamento minima, T_{min} [$^{\circ}\text{C}$], è espressa attraverso il coefficiente correttivo, β , di temperatura della tensione a vuoto fornito dal costruttore per il modulo fotovoltaico:

$$V_{oc}(T_f) = V_{oc} - \beta \cdot \frac{V_{oc}}{100} \cdot (25 - T_{min})$$

La massima tensione del generatore fotovoltaico è quindi il prodotto tra quella del modulo e il numero di moduli per stringa, N_s

$$V_{PV_max} = N_s \cdot V_{oc}(T_{min})$$

La condizione da verificare è quindi:

$$V_{PV_max} \leq V_{inv_max}$$

4.3.2. Condizione 2

La minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico è la tensione di stringa calcolata con:

- ✓ Irraggiamento pari a 1000 W/m^2 ;
- ✓ Temperatura pari a 80°C ;

La minima tensione nel punto di massima potenza, V_{mppt_min} , di un modulo fotovoltaico valutata alla temperatura di funzionamento massima, T_{max} [$^{\circ}\text{C}$], è espressa attraverso il coefficiente correttivo, β , di temperatura della tensione a vuoto fornito dal costruttore per il modulo fotovoltaico:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	33

$$V_{mppt_min}(T_{max}) = V_{mppt} - \beta \cdot \frac{V_{oc}}{100} \cdot (25 - T_{max})$$

La minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico è quindi il prodotto tra quella del modulo e il numero di moduli per stringa, N_s

$$V_{PV_mppt_min} = N_s \cdot V_{mppt_min}(80^\circ C)$$

La condizione da verificare è quindi:

$$V_{PV_mppt_min} \geq V_{inv_MPPT_min}$$

4.3.3. Condizione 3

La massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico è la tensione di stringa calcolata con:

- ✓ Irraggiamento pari a 1000 W/m²;
- ✓ Temperatura pari a -10°C per le zone fredde e 0°C per le zone meridionali e costiere;

La massima tensione nel punto di massima potenza, V_{mppt_max} , di un modulo fotovoltaico valutata alla temperatura di funzionamento massima, T_{min} [°C], è espressa attraverso il coefficiente correttivo, β , di temperatura della tensione a vuoto fornito dal costruttore per il modulo fotovoltaico:

$$V_{mppt_max}(T_{min}) = V_{mppt} - \beta \cdot \frac{V_{oc}}{100} \cdot (25 - T_{min})$$

La massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico è quindi il prodotto tra quella del modulo e il numero di moduli per stringa, N_s

$$V_{PV_mppt_max} = N_s \cdot V_{mppt_max}(T_{min})$$

La condizione da verificare è quindi:

$$V_{PV_mppt_max} \leq V_{inv_MPPT_max}$$

4.3.4. Condizione 4

La massima corrente del generatore fotovoltaico, I_{PV_max} , è data dalla somma delle correnti massime erogate da ciascuna stringa, $I_{SC_str_max}$, in parallelo.

La massima corrente di stringa è pari al prodotto tra la corrente di cortocircuito di un modulo fotovoltaico in condizioni standard, I_{SC} , e un coefficiente di sicurezza pari a 1,25 che tiene conto dell'aumento della corrente a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m².

$$I_{SC_str_max} = 1,25 \cdot I_{SC}$$

La massima corrente del generatore fotovoltaico dipende quindi dal numero di stringhe, N_{str} , collegate all'inverter.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	34

$$I_{PV_max} = N_{str} \cdot I_{SC_str_max}$$

La condizione da verificare è quindi:

$$I_{PV_max} \leq I_{inv_max}$$

Di conseguenza, per ogni inverter dipende dal numero di stringhe collegate ad esso.

Come si può osservare, si confronta il valore di corrente di cortocircuito delle stringhe con quello di corrente massima in ingresso in condizioni di normale funzionamento dell'inverter. In questo modo si garantisce il funzionamento dell'inverter senza alcun guasto anche durante un cortocircuito.

4.3.5. Condizione 5

La massima corrente di stringa, I_{str_max} , è pari al prodotto tra la corrente nel punto MPPT di un modulo fotovoltaico in condizioni standard, I_{mppt} e un coefficiente di sicurezza pari a 1,25 che tiene conto dell'aumento della corrente a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m². La condizione da verificare è quindi:

$$I_{str_max} = 1,25 \cdot I_{mppt} \leq I_{inv_MPPT_max}$$

In realtà, anziché verificare la corrente massima di stringa, bisogna verificare la somma delle correnti massime di stringa all'ingresso dell'MPPT dell'inverter, poiché gli ingressi possono essere multipli. Se le stringhe all'ingresso dell'MPPT dell'inverter sono n, la condizione da verificare sarà

$$n \cdot I_{str_max} \leq I_{inv_MPPT_max}$$

4.3.6. Condizione 6

La massima corrente di stringa in condizioni di cortocircuito, $I_{SC_str_max}$, è pari al prodotto tra la corrente di cortocircuito di un modulo fotovoltaico in condizioni standard, I_{SC} , e un coefficiente di sicurezza pari a 1,25 che tiene conto dell'aumento della corrente a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m².

$$I_{SC_str_max} = 1,25 \cdot I_{SC}$$

La condizione da verificare è quindi:

$$I_{SC_str_max} \leq I_{inv_SC_MPPT_max}$$

In realtà, anziché verificare la corrente massima di stringa, bisogna verificare la somma delle correnti massime di stringa all'ingresso dell'MPPT dell'inverter, poiché gli ingressi possono essere multipli. . Se le stringhe all'ingresso dell'MPPT dell'inverter sono n, la condizione da verificare sarà

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	35

$$n \cdot I_{SC_str_max} \leq I_{inv_SC_MPPT_max}$$

4.4. VERIFICHE ELETTRICHE

In questo paragrafo vengono riportate le tabelle con i valori da cui si possono verificare le condizioni precedenti.

Le condizioni sono verificate in corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli a 0°C e dei valori massimi di lavoro degli stessi a 80°C, visto che l'impianto si trova in zone meridionali.

Le prime tre condizioni sono calcolate in base al numero di moduli in serie, pari a 26 e uguale per tutte le stringhe dell'impianto.

La quarta condizione dipende dal numero di stringhe collegate per ogni inverter, che in tale impianto può essere 22,23 o 24. Di conseguenza, la verifica viene effettuata per i vari casi.

Le ultime due condizioni dipendono dal numero di stringhe in ingresso ad ogni regolatore MPPT dell'inverter, che, in questo caso, è pari a 2.

V_{oc} (STC) [V]	β [%/°C]	T_{min} [°C]	V_{oc} (Tf) [V]	N_s	V_{PV_max} [V]	V_{inv_max} [V]
50,87	-0,25	0	54,05	26	1405,28	1500

Tabella 4 – Verifica condizione 1

V_{mppt} (STC) [V]	β [%/°C]	T_{max} [°C]	V_{mppt_min} (T_{max}) [V]	N_s	$V_{PV_mppt_min}$ [V]	$V_{inv_MPPT_min}$ [V]
42,12	-0,25	80	35,13	26	913,26	500

Tabella 5 – Verifica condizione 2

V_{mppt} (STC) [V]	β [%/°C]	T_{min} [°C]	V_{mppt_max} (T_{min}) [V]	N_s	$V_{PV_mppt_max}$ [V]	$V_{inv_MPPT_max}$ [V]
42,12	-0,25	0	45,30	26	1177,78	1500

Tabella 6 – Verifica condizione 3

Stringhe per inverter	I_{sc} (STC) [A]	$I_{sc_str_max}$ [A]	I_{PV_max} [A]	I_{inv_max} [A]
22	14,19	17,74	390,23	480
23	14,19	17,74	407,96	480
24	14,19	17,74	425,70	480

Tabella 7 – Verifica condizione 4

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	36

n.stringhe per MPPT (n)	I_{str_max} [A]	$n \cdot I_{str_max}$ [A]	$I_{inv_MPPT_max}$ [A]
2	16,76	33,53	40

Tabella 8 – Verifica condizione 5

n.stringhe per MPPT (n)	$I_{SC_str_max}$ [A]	$n \cdot I_{SC_str_max}$ [A]	$I_{inv_SC_MPPT_max}$ [A]
2	17,74	35,48	60

Tabella 9 – Verifica condizione 6

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva con le condizioni da rispettare e il risultato ottenuto dall'impianto in questione.

CONDIZIONE 1	
$V_{PV_max} \leq V_{inv_max}$	VERIFICATO
CONDIZIONE 2	
$V_{PV_mppt_min} \geq V_{inv_MPPT_min}$	VERIFICATO
CONDIZIONE 3	
$V_{PV_mppt_max} \leq V_{inv_MPPT_max}$	VERIFICATO
CONDIZIONE 4	
$I_{PV_max} \leq I_{inv_max}$	VERIFICATO
CONDIZIONE 5	
$2 \cdot I_{str_max} \leq I_{inv_MPPT_max}$	VERIFICATO
CONDIZIONE 6	
$2 \cdot I_{SC_str_max} \leq I_{inv_SC_MPPT_max}$	VERIFICATO

Tabella 10– Condizioni da verificare

4.4.1. Area PS1

L'area di impianto collegata alla Power Station PS1 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 10 inverter, di cui 6 inverter sono collegati a 24 stringhe e 4 inverter sono collegati a 22 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 3408,08 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVSystem, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	37

- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

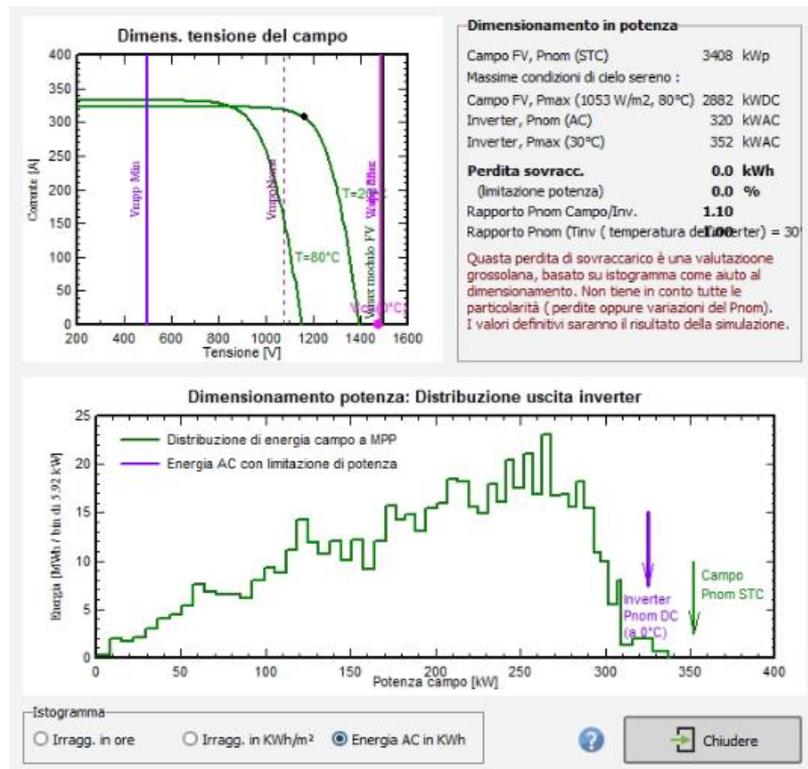


Figura 18 – Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS1



Figura 19 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS1

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	38

The screenshot displays the PVsyst software interface for calculating losses. It is divided into several sections:

- Circuito DC: perdite ohmiche per il sottocampo** (DC Circuit: ohmic losses for the sub-field):
 - Specificato da** (Specified by):
 - Res. globale di cablaggio (Global wiring resistance): 23.50 mΩ, Calcolate (Calculate), Predefinito (Default).
 - Fraz. perdite a STC (Loss fraction at STC): 0.64 %, Predefinito.
 - Calcolo dettagliato** (Detailed calculation) button.
 - Caduta di tensione diodo di serie** (Series diode voltage drop): 0.7 V, Predefinito.
- Perdite AC dopo l'inverter** (AC losses after the inverter):
 - Perdite AC del cavo dall'inverter al trasfo. (per inverter)** (AC losses of the cable from the inverter to the transformer (per inverter)):
 - Utilizza la perdita ohmica del circuito AC. (Use AC circuit ohmic loss).
 - Sistema completo (Complete system).
 - Lunghezza dall'inverter al trasformatore** (Length from inverter to transformer): 210.0 m.
 - Sezione cavi** (Cable section): 400 mm².
 - Fraz. perdite a STC** (Loss fraction at STC): 0.90 %.
 - STC: Pac = 347 kW, Vac = 800 V Tri, I = 250 A.
 - Caduta di tensione a STC: 7.2 V (0.90%).
 - Impiega uno o diversi trasf. MV (Use one or more MV transformers).
 - Impiega un trasformatore HV (Use an HV transformer).
 - Questo sotto-campo (This sub-field).
 - Sistema completo.
 - Linea di medio voltaggio (ogni trasfo)** (Medium voltage line (per transformer)):
 - Voltaggio linea MV** (MV line voltage): 36.0 kV.
 - Lunghezza linea MT, di questo trasformatore** (MT line length, of this transformer): 30 m.
 - Sezione cavi** (Cable section): 185 mm².
 - Fraz. perdite a STC** (Loss fraction at STC): 0.00 %.
 - STC: Pac = 347 kW, Vac = 36.0 kV Tri, I = 5.57 A.
 - Caduta di tensione a STC: 0.0 V (0.00%).
 - Rame (Copper).
 - All (All).
- Trasformatore esterno di medio voltaggio** (External medium voltage transformer):
 - Trasformatore MT per il sotto-campo "PS1 - 1.1"
 - scollegato di notte (disconnected at night).
 - Valori generici** (Generic values):
 - Pac(STC) di riferimento: 347 kW.
 - Perdita a vuoto (val. costante): 0.10 % (0.35 kW), predefinito.
 - Perdite a carico (resistive): 1.00 % a STC, predefinito.
 - Resistenza equivalente Trasfo: 3 x 18.45 mΩ.
 - Trasformatore da schede tecniche** (Transformer from technical sheets):
 - Utilizza le specifiche del trasfo (Use transformer specifications).
 - Potenza nominale: N/A kVA.
 - Perdite a vuoto (non perdita a carico): N/A kVA.
 - Perdita a carico (resistiva) a PNom: N/A kVA.
 - Perdita globale al PNom: N/A kVA.
 - Efficienza globale al PNom: N/A %.

A warning message in the top right corner states: "Circuito MV: Questa sezione del cavo sembra sovradimensionata" (MV Circuit: This section of the cable seems oversized).

Figura 20 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PVsyst dell'area PS1

4.4.2. Area PS2

L'area di impianto collegata alla Power Station PS2 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 10 inverter, di cui 6 inverter sono collegati a 24 stringhe e 4 inverter sono collegati a 22 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 3408,08 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVsyst, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);
- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

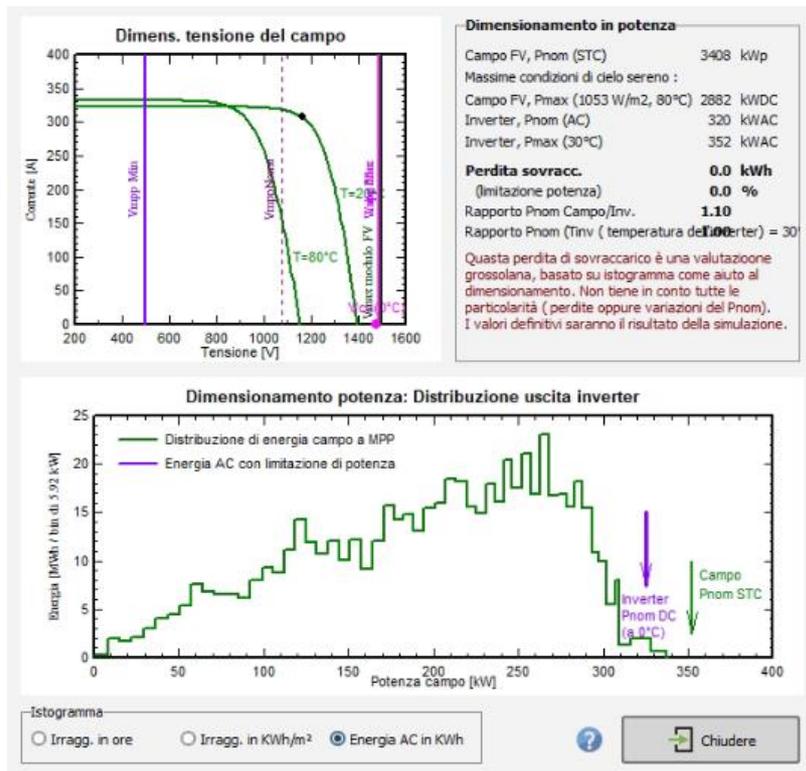


Figura 21 - Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS2



Figura 22 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS2

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	40

Figura 23 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PV syst dell'area PS2

4.4.3. Area PS3

L'area di impianto collegata alla Power Station PS3 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 9 inverter, di cui 4 inverter sono collegati a 24 stringhe, 1 inverter è collegato a 23 stringhe e 4 inverter sono collegati a 22 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 3040,83 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVsyst, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);
- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

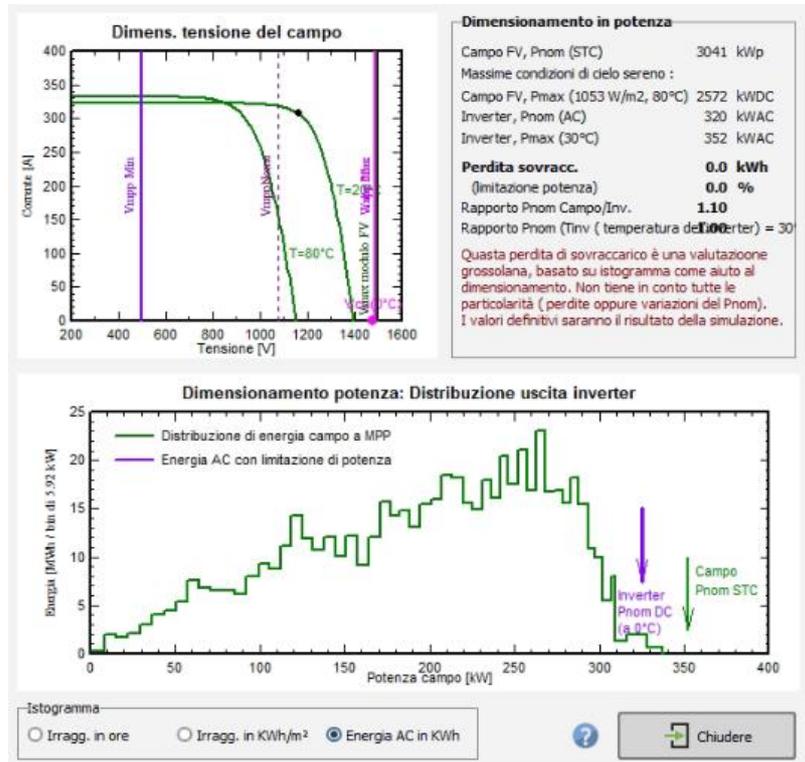


Figura 24 - Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS3



Figura 25 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS3

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	42

Circuito DC: perdite ohmiche per il sottocampo

Specificato da

- Res. globale di cablaggio: 23.50 mΩ Calcolate Predefinito
- Fraz. perdite a STC: 0.64 % Predefinito

Caduta di tensione diodo di serie: 0.7 V Predefinito

Perdite AC dopo l'inverter

Perdite AC del cavo dall'inverter al trasfo. (per inverter)

- Utilizza la perdita ohmica del circuito AC.
- per inverter Sistema completo
- Lunghezza dall'inverter al trasformatore MT: 110.0 m
- Fraz. perdite a STC: 0.47 %
- STC: Pac = 347 kW, Vac = 800 V Tri, I = 250 A
- Caduta di tensione a STC: 3.8 V (0.47%)
- Sezione cavi: 400 mm² Rame All
- Impiega uno o diversi trasf. MV Questo sotto-campo Sistema completo
- Impiega un trasformatore HV

Linea di medio voltaggio (ogni trasfo)

- Voltaggio linea MV: 36.0 kV
- Lunghezza linea MT, di questo trasformatore: 220 m
- Fraz. perdite a STC: 0.00 %
- STC: Pac = 347 kW, Vac = 36.0 kV Tri, I = 5.57 A
- Caduta di tensione a STC: 0.4 V (0.00%)
- Sezione cavi: 185 mm² Rame All

Trasformatore esterno di medio voltaggio

Trasformatore MT per il sotto-campo "PS3 - 3.1"

scollegato di notte

Valori generici

Pac(STC) di riferimento: 347 kW Tutti i sotto-campi

Perdita a vuoto (val. costante): 0.10 % 0.35 kW predefinito

Perdite a carico (resistive): 1.00 % a STC predefinito

Resistenza equivalente Trasfo: 3 x 18.45 mΩ

Trasformatore da schede tecniche

Utilizza le specifiche del trasfo

Potenza nominale: N/A kVA

Perdite a vuoto (non perdita a carico): N/A kVA

Perdita a carico (resistiva) a PNom: N/A kVA

Perdita globale al PNom: N/A kVA

Efficienza globale al PNom: N/A %

Circuito MV:
Questa sezione del cavo sembra sovradimensionata

Figura 26 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PV_{syst} dell'area PS3

4.4.4. Area PS4

L'area di impianto collegata alla Power Station PS4 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 9 inverter, collegati a 24 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 3173,04 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVsyst, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);
- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

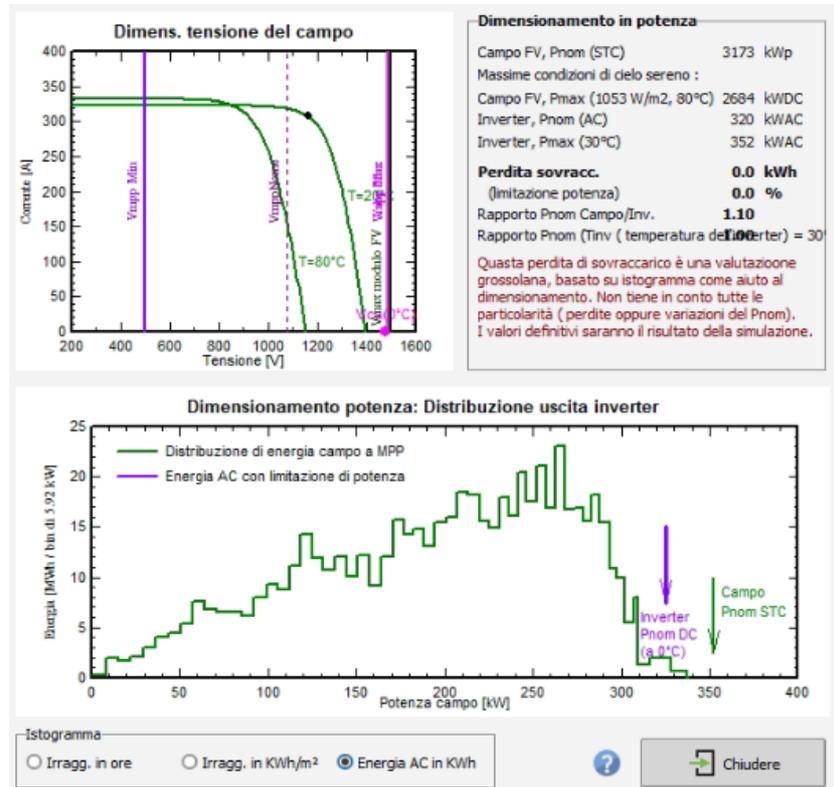


Figura 27 - Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS4



Figura 28 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS4

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	44

The screenshot displays the 'Circuito DC: perdite ohmiche per il sottocampo' (DC Circuit: ohmic losses for the sub-field) and 'Perdite AC dopo l'inverter' (AC losses after the inverter) sections. The DC section shows a global resistance of 23.50 mΩ and a loss fraction of 0.64%. The AC section is divided into 'Perdite AC del cavo dall'inverter al trasformatore' (AC losses of the cable from the inverter to the transformer) and 'Trasformatore esterno di medio voltaggio' (External medium voltage transformer). The cable section shows a length of 220.0 m and a loss fraction of 0.94%. The transformer section shows a power of 347 kW and a loss fraction of 1.00%.

Figura 29 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PVsyst dell'area PS4

4.4.5. Area PS5

L'area di impianto collegata alla Power Station PS5 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 9 inverter, collegati a 24 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 3173,04 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVsyst, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);
- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

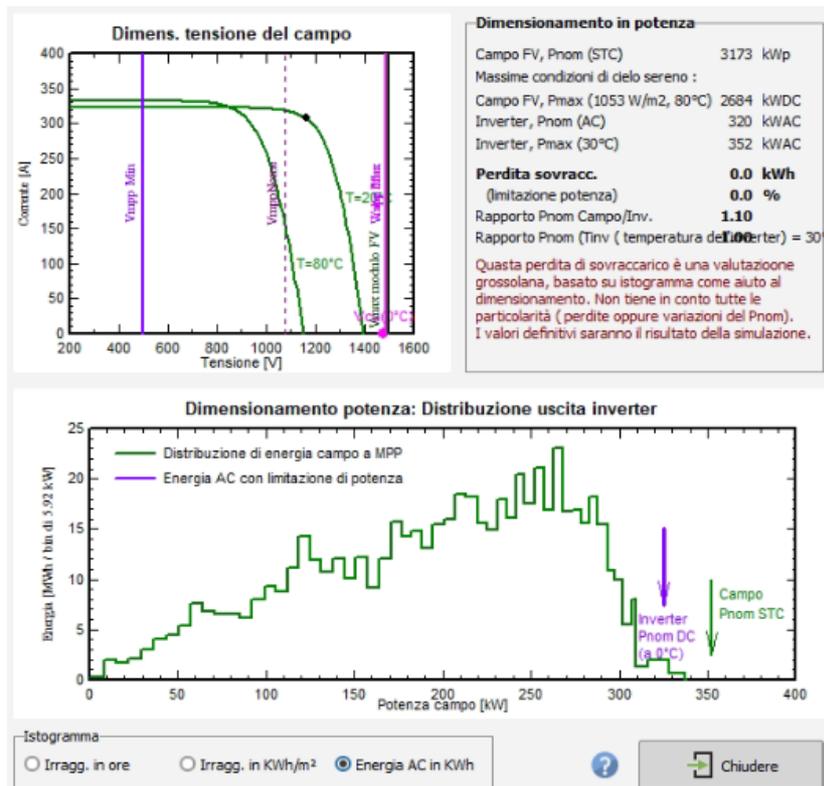


Figura 30 - Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS5



Figura 31 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS5

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	46

The screenshot displays the PVsyst software interface for calculating losses. It is divided into several sections:

- Circuito DC: perdite ohmiche per il sottocampo**: Shows DC circuit losses. Options include 'Res. globale di cablaggio' (23.50 mΩ) and 'Fraz. perdite a STC' (0.64 %). A 'Calcolo dettagliato' button is visible. A warning message states: 'Circuito MV: Questa sezione del cavo sembra sovradimensionata'.
- Perdite AC dopo l'inverter**: Contains two sub-sections:
 - Perdite AC del cavo dall'inverter al trasformatore**: Parameters include length (220.0 m), cable section (400 mm²), and STC conditions (Pac = 347 kW, Vac = 800 V Tri, I = 250 A). Losses are 0.94%.
 - Trasformatore esterno di medio voltaggio**: Parameters include transformer type (PS6 - 6.1*), power (347 kW), and losses (0.10% at no-load, 1.00% at load).
- Linea di medio voltaggio (ogni trasfo)**: Parameters include line voltage (36.0 kV), length (255 m), cable section (185 mm²), and STC conditions (Pac = 347 kW, Vac = 36.0 kV Tri, I = 5.57 A). Losses are 0.00%.
- Trasformatore da schede tecniche**: A section for transformer technical specifications with fields for nominal power, no-load losses, load losses, and efficiency.

Figura 32 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PVsyst dell'area PS5

4.4.6. Area PS6

L'area di impianto collegata alla Power Station PS6 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 9 inverter, collegati a 24 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 3173,04 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVsyst, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);
- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

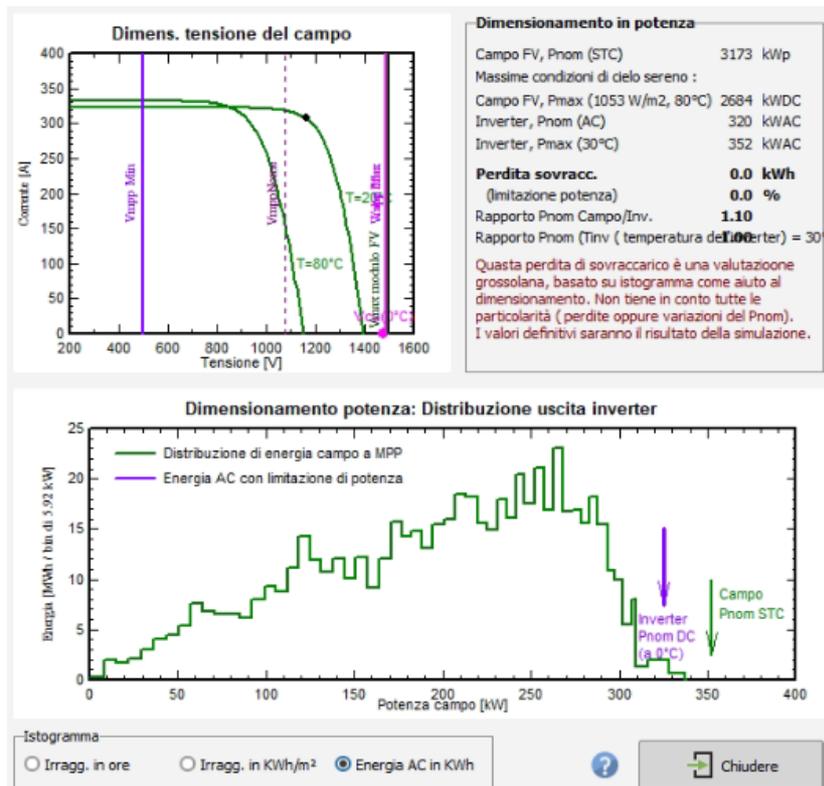


Figura 33 - Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS6



Figura 34 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS6

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	48

The screenshot displays the PVsyst software interface for calculating losses. It is divided into several sections:

- Circuito DC: perdite ohmiche per il sottocampo**: Shows DC circuit losses. Parameters include global cable resistance (23.50 mΩ), STC losses (0.64%), and diode series voltage drop (0.7 V). A warning message states: "Circuito MV: Questa sezione del cavo sembra sovradimensionata" (MV circuit: This section of the cable seems oversized).
- Perdite AC dopo l'inverter**: Shows AC losses after the inverter. It includes options for using AC circuit ohmic losses and selecting between "per inverter" or "Sistema completo". Parameters include length from inverter to transformer (220.0 m), cable section (400 mm²), and STC data (Pac = 347 kW, Vac = 800 V Tri, I = 250 A, Caduta di tensione a STC = 7.5 V (0.94%).
- Trasformatore esterno di medio voltaggio**: Shows external medium voltage transformer settings. It includes a reference power (Pac(STC) di riferimento = 347 kW) and a "Tutti i sotto-campi" button. Losses at no-load (0.10 %) and under load (1.00 %) are shown.
- Linea di medio voltaggio (ogni trasfo)**: Shows medium voltage line settings. Parameters include line voltage (36.0 kV), length (255 m), and cable section (185 mm²). STC data (Pac = 347 kW, Vac = 36.0 kV Tri, I = 5.57 A, Caduta di tensione a STC = 0.4 V (0.00%)) is also displayed.
- Trasformatore da schede tecniche**: Shows transformer technical sheet data, with fields for nominal power, no-load losses, load losses, and global efficiency.

Figura 35 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PVsyst dell'area PS6

4.4.7. Area PS7

L'area di impianto collegata alla Power Station PS7 si compone di un'unica area.

In quest'area sono presenti 9 inverter, di cui 8 inverter collegati a 22 stringhe e 1 inverter a 24 stringhe.

Ogni stringa è composta da 26 moduli fotovoltaici in serie.

La potenza totale di picco risulta essere pari a 2938,00 kW.

Si riportano di seguito le verifiche del dimensionamento effettuato con il software di calcolo PVsyst, relativamente a:

- dimensionamento campo/inverter;
- verifica perdite ohmiche lato DC (< 2%);
- verifiche perdite ohmiche complessive;

Per quanto riguarda le perdite ohmiche si sono considerati dei valori approssimativi. Si riportano nei paragrafi successivi i valori corretti riguardanti la dimensione dei cavi, le lunghezze e i collegamenti tra le varie power station.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	49

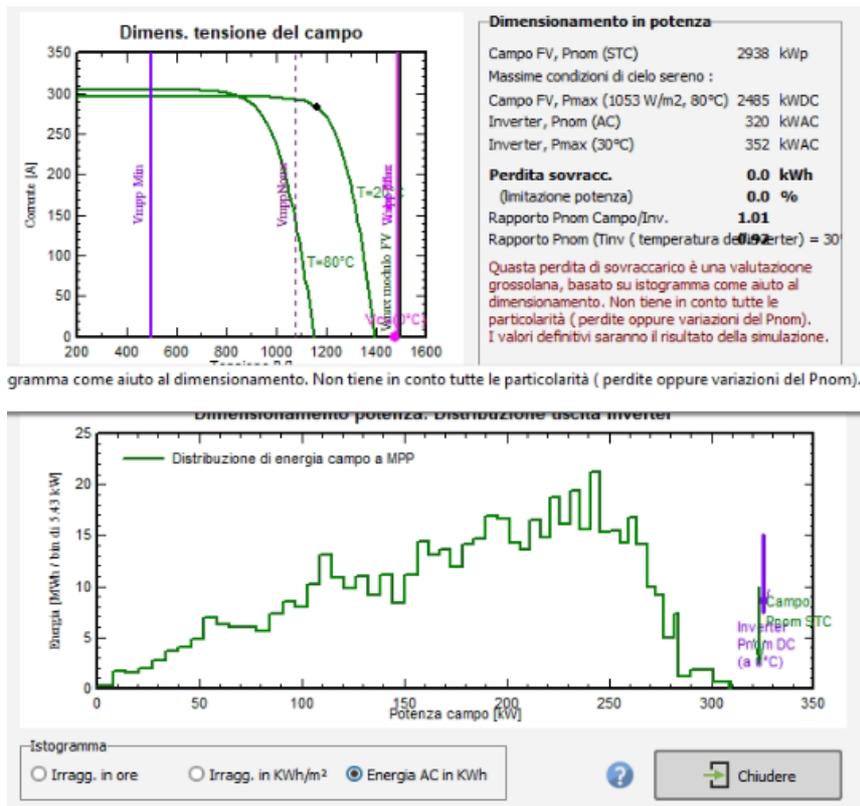


Figura 36 - Verifiche dimensionamento campo/inverter su PVsyst dell'area PS7



Figura 37 - Verifiche perdite ohmiche lato DC su PVsyst dell'area PS7

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	50

Circuito DC: perdite ohmiche per il sottocampo

Specificato da

Res. globale di cablaggio mΩ Calcolate

Fraz. perdite a STC % Predefinito

Caduta di tensione diodo di serie V Predefinito

Circuito MV:

Questa sezione del cavo sembra sovradimensionata

Perdite AC dopo l'inverter

Perdite AC del cavo dall'inverter al trasfo. (per inverter)

Utilizza la perdita ohmica del circuito AC. per inverter Sistema completo

Lunghezza dall'inverter al trasformatore MT. m Sezione cavi Rame All

Fraz. perdite a STC %

STC: Pac = 318 kW, Vac = 800 V Tri, I = 230 A

Caduta di tensione a STC V (0.86%)

Impiega uno o diversi trasf. MV Questo sotto-campo

Impiega un trasformatore HV Sistema completo

Linea di medio voltaggio (ogni trasfo)

Voltaggio linea MV kV

Lunghezza linea MT, di questo trasformatore m Sezione cavi Rame All

Fraz. perdite a STC %

STC: Pac = 318 kW, Vac = 36.0 kV Tri, I = 5.10 A

Caduta di tensione a STC V (0.00%)

Trasformatore esterno di medio voltaggio

Trasformatore MT per il sotto-campo "PS7 - 7.1"

scollegato di notte

Valori generici

Pac(STC) di riferimento **318.2 kW**

Perdita a vuoto (val. costante) % kW predefinito

Perdite a carico (resistive) % a STC predefinito

Resistenza equivalente Trasfo mΩ

Trasformatore da schede tecniche

Utilizza le specifiche del trasfo

Potenza nominale kVA

Perdite a vuoto (non perdita a carico) kVA

Perdita a carico (resistiva) a PNom kVA

Perdita globale al PNom kVA

Efficienza globale al PNom %

Figura 38 – Verifiche perdite ohmiche complessive su PV syst dell'area PS7

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	51

5. CALCOLO IMPIANTI BT

5.1. CAVI IN CORRENTE CONTINUA

I cavi per il lato in c.c. possono essere

- Cavi solari, per posa in prossimità dei moduli fotovoltaici o direttamente esposti alla luce solare;
- Cavi ordinari, per posa all'interno di canali e tubi protettivi.

Normalmente si utilizzano cavi solari per cablare i moduli di una singola stringa e cavi ordinari per gli altri collegamenti del circuito in c.c. Per entrambe le tipologie di cavo la tensione nominale deve essere coordinata con quella del campo fotovoltaico.

5.1.1. Criteri di dimensionamento

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto della seguente disposizione, tratte dalla norma CEI 11-17:

- ✓ La tensione nominale del circuito in c.c. non deve essere superiore al 150 % della tensione nominale del cavo;
- ✓ La sezione del cavo scelto deve essere caratterizzato da una portata immediatamente superiore alla corrente effettivamente circolante;

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione della specifica appena riportata, si procederà a verificare che

- ✓ La caduta di tensione lungo la linea sia minore del 1-2%;

5.1.2. Tensione nominale del circuito in c.c.

Come si è detto nel paragrafo precedente, la tensione nominale del circuito in c.c. non deve essere superiore al 150 % della tensione nominale del cavo. Assumendo come tensione nominale del circuito in c.c. la tensione di stringa, V_{oc_str} , a circuito aperto aumentata cautelativamente del 20 %, la scelta del cavo va effettuata in modo da rispettare la condizione:

- ✓ $1,2 \cdot V_{oc_str} \leq 1,5 \cdot U_0$ per impianti di floating o con un polo a terra;
- ✓ $1,2 \cdot V_{oc_str} \leq 1,5 \cdot U$ per impianti con punto centrale a terra.

dove U_0/U è il rapporto fornito dal costruttore con riferimento, convenzionalmente, all'impiego in c.a. che esprime la tensione nominale del cavo.

La tensione a vuoto di stringa, invece, è data dal prodotto tra la tensione a vuoto di un singolo modulo e il numero di moduli in serie.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	52

5.1.3. Calcolo delle portate

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

$$I_Z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2$$

dove

- ✓ I_Z = portata effettiva del cavo
- ✓ I_0 = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa sulla superficie del modulo a 60°C
- ✓ K_1 = Fattore di correzione per temperature diverse da 60°C
- ✓ K_2 = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

E' necessario verificare che la corrente di impiego del cavo, I_B , sia inferiore alla portata effettiva del cavo, I_Z .

$$I_B \leq I_Z$$

La corrente di impiego è pari a quella di cortocircuito del tratto considerato moltiplicato per un fattore correttivo pari a 1,25

$$I_B = 1,25 \cdot I_{SC}$$

5.1.4. Dati tecnici del cavo utilizzato

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo saranno a norma IEC 60502-2.

Si tratta di cavi che collegano i diversi moduli fotovoltaici, formando le stringhe, con gli inverter di campo.

Ai fini del dimensionamento, si è tenuto conto di cavi di tipologia TECSUN(PV) H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV in DC).

Il cavo è in rame elettrolitico stagnato, a trefoli fini di classe 5 secondo IEC 60228.

L'isolamento è in HEPR reticolato a 120°C. Vi è un doppio strato di isolamento attraverso una guaina in EVA, che è saldamente unita alla prima.

È presente uno schermo protettivo a treccia supplementare in fili di rame stagnato.

La temperatura massima di funzionamento del conduttore è pari a 90°C. Sono anche permesse 20.000 ore di funzionamento alla temperatura di conduzione di 120°C e temperatura ambiente di 90°C

Di seguito le caratteristiche tecniche del cavo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	53

Tipo	TECSUN(PV) H1Z2Z2-K
Tensione nominale [kV]:	1,5/1,5
Formazione e sezione [mm²]:	2 x 6
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	3,39
Temperatura max di funzionamento [°C]	120
Portata per posa sulla superficie del modulo a 60°C [A]	67

Tabella 11– Caratteristiche tecniche cavo

5.1.5. Temperatura di posa

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura di posa, diversa da 60°C.

Per il dimensionamento si considera una temperatura di posa pari a 90°C

Il fattore correttivo viene calcolato nel modo seguente

$$K_1 = \sqrt{\frac{T_s - T_a}{T_s - T_0}}$$

Si considera dunque una relazione con la temperatura massima di funzionamento, T_s , pari a 120°C, temperatura ambiente, T_a , pari a 90°C e temperatura di riferimento, T_0 , pari a 60°C.

Effettuando il calcolo si considera un fattore correttivo pari a $K_1 = 0,71$.

5.1.6. Numero di cavi

A scopo cautelativo, si è considerato un numero di cavi posati in fascio pari a 16. Sulla base di ciò, è stato applicato un fattore correttivo pari a $K_2=0,38$, con riferimento alla seguente tabella. Per sezioni in cui i cavi solari sono più di 20, devono essere considerati fasci diversi distanziati tra loro.

N. circuiti	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Coefficiente K_2	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38

Tabella 12 – Coefficiente K_2 in funzione del numero di cavi posti nello stesso fascio

5.1.7. Calcolo delle cadute di tensione

Per il calcolo delle cadute di tensione in percentuale del cavo, si è tenuto conto della resistenza per unità di lunghezza del cavo, r [Ω/km], della lunghezza del cavo, L [m], e della tensione di stringa nel punto di massima potenza calcolata a 25 °C, V_{max} [V], attraverso la formula:

$$\frac{\Delta V}{V} \% = \frac{r \cdot L \cdot I_{SC}}{5 \cdot V_{max}}$$

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	54

5.1.8. Tabulati di calcolo

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in corrente continua. Il valore di portata indicato per il cavo tiene conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti. Oltre al dimensionamento viene riportato il valore per la verifica della caduta di tensione.

Sono state considerate le lunghezze di due stringhe diverse, la prima che rappresenta la stringa più lontana dall'inverter a cui è collegata (230 m), mentre, la seconda che rappresente la stringa con distanza media dall'inverter a cui è collegata (130 m).

Si può osservare che, in entrambi i casi, il cavo da 6 mm² rispetta le condizioni riportate nei paragrafi precedenti.

Questo cavo risulta meccanicamente ed elettricamente compatibile anche con l'inverter utilizzato.

DIMENSIONAMENTO CAVI C.C.						
	L [m]	I _b [A]	I _{0_min} [A]	I ₀ [A]	Verifica	S[mm ²]
STRINGA 1 (L _{max})	230	17,74	66,01	67	OK	2x6
STRINGA 2 (L _{med})	130	17,74	66,01	67	OK	2x6

Tabella 13 – Dimensionamento cavi C.C. con criterio termico

DIMENSIONAMENTO CAVI C.C.											
	L [m]	S[mm ²]	r [Ω/km]	U ₀ [V]	U [V]	V _{oc} [V]	U _{max_circuito} [V]	Verifica	V _{MP} [V]	ΔV/V [%]	Verifica
STRINGA 1 (L _{max})	230	2x6	3,39	1500	1500	1322,62	1058,10	OK	1322,62	1,67	OK
STRINGA 2 (L _{med})	130	2x6	3,39	1500	1500	1322,62	1058,10	OK	1322,62	0,95	OK

Tabella 14 – Verifica della caduta di tensione dei cavi C.C.

5.2. CAVI IN CORRENTE ALTERNATA

I cavi in corrente alternata sono quei cavi in uscita da ogni inverter che vengono condotti fino alla Power Station corrispondente, dove poi vi è la trasformazione BT/.36 kV

5.2.1. Criteri di dimensionamento

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto della seguenti disposizione, tratte dalla norma CEI 11-17:

- ✓ La sezione del cavo scelto deve essere caratterizzato da una portata immediatamente superiore alla corrente effettivamente circolante;

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione della specifica appena riportata, si procederà a verificare che

- ✓ La caduta di tensione lungo la linea sia minore del 3%;
- ✓ Le perdite di potenza siano minori del 5%;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	55

- ✓ La tenuta termica dei cavi a seguito di un cortocircuito;

5.2.2. Calcolo delle portate

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17. A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

$$I_Z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

dove

- ✓ I_Z = portata effettiva del cavo
- ✓ I_0 = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C
- ✓ K_1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C
- ✓ K_2 = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano
- ✓ K_3 = Fattore di correzione per profondità di interramento diversa da 0,8 m
- ✓ K_4 = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k*m/W

E' necessario verificare che la corrente di impiego del cavo, I_B , sia inferiore alla portata effettiva del cavo, I_Z .

$$I_B \leq I_Z$$

La corrente di impiego si impone pari a quella massima in uscita dall'inverter fornita dal costruttore.

5.2.3. Dati tecnici del cavo utilizzato

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo saranno a norma IEC 60502-2.

Ai fini del dimensionamento, si è tenuto conto di cavi di tipologia ARE4R 0,6/1 kV.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori a corda compatta a fili di alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è in mescola di polietilene reticolato, sotto guaina di PVC speciale di qualità ST2.

Di seguito le caratteristiche tecniche del cavo.

Tipo	ARE4Ro equivalente
Tensione nominale [kV]:	0,6/1,0
Formazione e sezione [mm ²]:	3x1x400
Resistenza a 20 °C [Ω /km]:	0,103
Reattanza [Ω /km]:	0,078
Portata per posa interrata a 20°C [A]	549

Tabella 15 – Caratteristiche tecniche cavo

Considerate le diverse portate del cavo nelle differenti modalità di posa, **ai fini del calcolo si terrà conto delle condizioni peggiorative**, ossia quelle relative al **tratto con posa interrata**,

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	56

intendendosi con esse verificate anche le altre condizioni di posa aventi parametri di calcolo migliorativi rispetto al caso in esame.

5.2.4. Temperatura del terreno

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue, per cavi con temperatura di funzionamento pari a 90°C.

	Cavi con $T_f = 90^\circ\text{C}$					
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C	35 °C	40°C
Coefficiente	1,04	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85

Tabella 16 -Coefficiente K_1 in funzione della temperatura ambiente

È stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 40°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà $K_1 = 0,85$.

5.2.5. Numero di terne per scavo

A scopo cautelativo, si è preso come valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. In particolare, si considera la compresenza di n. 3 terne di cavi BT direttamente interrati, distanziati di 25 cm tra loro (in orizzontale), come da sezioni tipo allegate al progetto.

Sulla base di ciò, è stato applicato il seguente fattore correttivo $K_2=0,76$.

	Distanza fra i circuiti 0,25 m		
N. circuiti	3	4	6
Coefficiente	0,76	0,72	0,66

Tabella 17 - Coefficiente K_2 in funzione della distanza tra terne in orizzontale

5.2.6. Profondità di posa

In generale, per tutte le linee elettriche BT, si prevede la posa dei cavi direttamente interrati, ad una profondità media di 1,20 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	57

	Profondità di posa			
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,2	1,5
Coefficiente	1,00	0,98	0,96	0,94

Tabella 18 - Coefficiente K_3 in funzione della profondità di posa dei cavi

Considerando il valore di posa di 1,20 m il fattore sarà pari a $K_3 = 0,96$.

5.2.7. Resistività termica del terreno

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K*m/W.

	Resistività termica			
Resistività termica [K m/W]	0,8	1,0	1,2	1,5
Coefficiente	1,08	1,00	0,93	0,85

Tabella 19 – Coefficiente K_4 in funzione della resistività termica del terreno

Pertanto, il fattore correttivo utilizzato sarà $K_4 = 0,85$.

5.2.8. Calcolo delle cadute di tensione

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{P_n \cdot R + Q_n \cdot X}{V_n^2}$$

- ✓ P_n : potenza nominale dell'inverter;
- ✓ Q_n : potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,98;
- ✓ R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;
- ✓ X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;
- ✓ V_n : tensione di esercizio del cavo o nominale dell'inverter (800 V).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 \cdot R \cdot I^2$$

- ✓ R: resistenza longitudinale del cavo;
- ✓ I: corrente transitante.

5.2.9. Tabulati di calcolo

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato BT. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti. Oltre al dimensionamento vengono riportati i valori per la verifica della caduta di tensione e della perdita di potenza.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	58

Si può osservare come il cavo utilizzato è quello pari a 3x1x400 mm² per tutti i tratti. Questo cavo risulta meccanicamente ed elettricamente compatibile anche con l'inverter utilizzato.

DIMENSIONAMENTO CAVIBT							
LINEA BT	P [MW]	L [m]	I _b [A]	I _{0_min} [A]	I ₀ [A]	Verifica	S [mm ²]
PS1	3,2	210	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
PS2	3,2	170	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
PS3	2,88	110	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
PS4	2,88	200	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
PS5	2,88	240	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
PS6	2,88	220	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
PS7	2,88	220	254	484,6117985	549	OK	3x1x400
TOTALE	15,04						

Tabella 20 - Dimensionamento cavi BT con criterio termico

DIMENSIONAMENTO CAVIBT									
LINEA BT	P [MW]	L [m]	S [mm ²]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	ΔV/Vn [%]	Verifica	Δp [kW]	Δp/Pn [%]
PS1	3,2	210	3x1x400	0,103	0,078	1,22	OK	15,24	0,48
PS2	3,2	170	3x1x400	0,103	0,078	0,99	OK	12,34	0,39
PS3	2,88	110	3x1x400	0,103	0,078	0,64	OK	7,98	0,28
PS4	2,88	200	3x1x400	0,103	0,078	1,16	OK	14,51	0,50
PS5	2,88	240	3x1x400	0,103	0,078	1,40	OK	17,42	0,60
PS6	2,88	220	3x1x400	0,103	0,078	1,28	OK	15,97	0,55
PS7	2,88	220	3x1x400	0,103	0,078	1,28	OK	15,97	0,55
TOTALE	15,04						TOTALE	67,49	0,45

Tabella 21 - Verifica della caduta di tensione e della perdita di potenza dei cavi BT

5.2.10. Disposizione delle fasi

Al fine di assicurare una corretta suddivisione della corrente è necessario posare i cavi con una certa sequenza di fasi. La tabella viene riportata per i cavi posati a trifoglio.

Numero di terne nello stesso strato									
Numero di terne	2		3			4			
Sequenza	T RS	T SR	T RS	T SR	T RS	T RS	T SR	T RS	T SR

Tabella 22 – Disposizione delle fasi delle terne poste nello stesso strato

5.3. POWER STATION PS

Le Power Station hanno lo scopo, dopo aver raccolto l'energia prodotta dall'impianto convertita in AC dagli string inverter, di elevare la tensione da bassa (BT) a 36kV. L'energia prodotta dai sistemi di conversione CC/CA (inverter) sarà immessa nel lato BT di un trasformatore 36kV/BT, di potenza variabile in funzione delle specifiche aree.

Le power station di progetto sono sistemi containerizzati del tipo MVS3200-LV prodotti dalla casa produttrice Sungrow.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	59

Tutte le componenti sono idonee per l'installazione in esterno con un grado di protezione IP54, mentre i quadri 36kV e BT verranno installati all'interno di apposito shelter metallico.

Tutte le apparecchiature saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno stati predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale.

In ciascuna PS sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della Power Station stessa. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza e il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione; la manutenzione a ciascuna componente potrà essere effettuata senza la necessità di accedere all'interno della PS.

Il container di installazione quadri 36kV/BT è un cabinato metallico realizzato interamente in acciaio zincato a caldo, con rifiniture esterne che assicurano la minore manutenzione possibile durante la vita utile dell'opera. Il box è costituito da un mini skid realizzato ad hoc per contenere materiale di natura elettrica. Il box è realizzato per garantire una protezione verso l'esterno secondo la normativa ISO12944.

Dal punto di vista strutturale, sarà realizzato un collegamento tra lo shelter e la sua fondazione al fine di prevenire qualsiasi tipo di spostamento verticale dello shelter.

In corrispondenza del pavimento sono presenti alcune aperture per il passaggio dei cavi (coperte con fibrocemento compresso) e aperture per accesso alla fondazione.

Tutti gli ambienti del cabinato sono attrezzati con porte con apertura esterna con idonee aperture finalizzate al ricircolo area calda/area fredda.

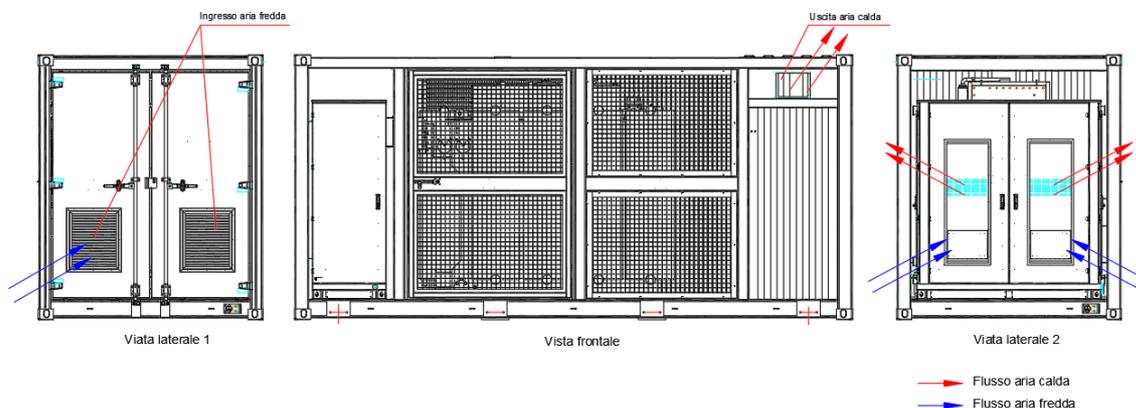


Figura 39 – Aperture finalizzate al ricircolo aria calda/aria fredda della Power Station

Nel suo complesso, la Power Station avrà dimensioni in pianta pari a 6058mm x 2438mm, e

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	60

altezza pari a circa 2896 mm. La Power Station prevista è dunque realizzata mediante container prefabbricato ed arriverà in sito in un'unica soluzione. È costituita da un trasformatore con raffreddamento ad olio da 3200 kVA.

Si evidenzia che prima della realizzazione saranno prodotti dal prefabbricatore gli elaborati di calcolo strutturale ai fini del deposito presso gli uffici del Genio Civile competente.

Le fondazioni della Power Station saranno dimensionate attraverso idoneo software di calcolo. Anche le fondazioni presenteranno degli elaborati di calcolo ad hoc finalizzati all'autorizzazione al genio civile come imposto dalla normativa tecnica di settore. Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle Power Station.

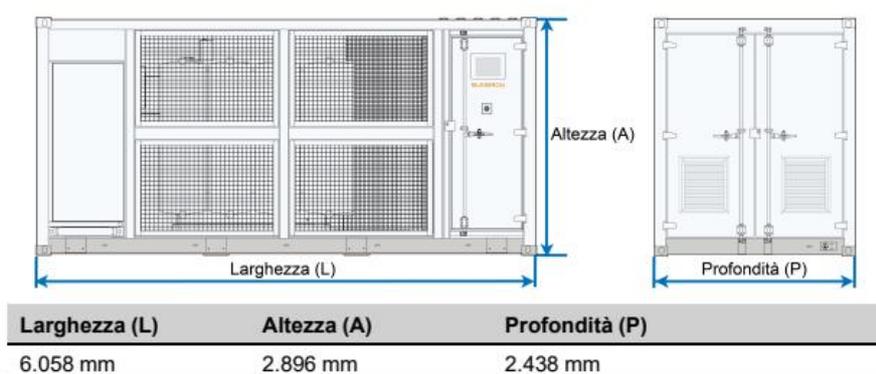


Figura 40 – Power station di progetto SUNGROW MVS3200-LV

5.3.1. Configurazione PS di progetto

Le PS di progetto sono internamente costituite da:

- Quadri BT;
- Armadio 36kV;
- Armadio di distribuzione dell'alimentazione;
- Trafo BT/36kV;
- Quadri 36kV;
- Quadro di comunicazione;
- Trasformatore ausiliario;

Sotto viene riportata un'immagine che mostra come è composta una power station Sungrow MVS3200-LV.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	61

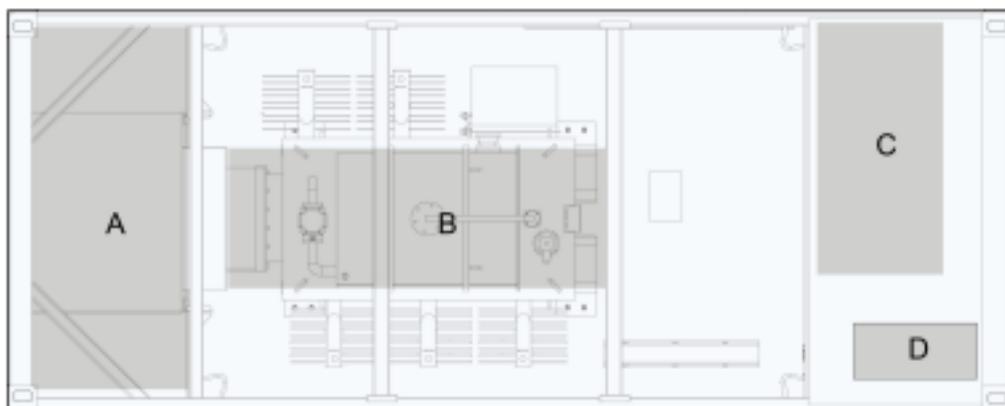


Figura 41 – Power station di progetto SUNGROW MVS3200-LV

A) Sala BT:

Comprende l'area di connessione a bassa tensione, gli ingressi dei cavi a bassa tensione, ecc. Può essere collegata agli inverter fotovoltaici connessi alla rete;

B) Sala del trasformatore:

Comprende un trasformatore 36kV. Il trasformatore converte la bassa tensione in uscita dall'inverter in tensione pari a 36 kV compatibile con la rete;

C) Sala 36 kV:

La sala 36 kV si trova sul retro e contiene un quadroad hoc;

D) Sala di distribuzione dell'alimentazione:

La sala di distribuzione dell'alimentazione si trova nella zona anteriore e integra al proprio interno un quadro di comunicazione e un armadio di distribuzione dell'alimentazione;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	62

Type designation	MVS3200-LV	MVS4480-LV
Transformer		
Transformer type	Oil immersed	
Rated power	3200 kVA @ 40 C	4480 kVA @ 40 C
Max. power	3520 kVA @ 30 C	4928 kVA @ 30 C
Vector group	Dy11	
LV / MV voltage	0.8 kV / 20 – 35 kV	
Maximum input current at nominal voltage	2540 A	3557 A
Frequency	50 Hz / 60 Hz	
Tapping on HV	0, ±2×2.5%	
Efficiency	≥99%	
Cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)	
Impedance	7% (±10%)	8% (±10%)
Oil type	Mineral oil (PCB free)	
Winding material	Al / Al	
Insulation class	A	
MV Switchgear		
Insulation type	SF6	
Rate voltage	24 – 36 kV	
Rate current	630 A	
Internal arcing fault	IAC AFL 20kA/1s	
Qty. of feeder	3 feeders	
LV Panel		
Main switch specification	4000 A / 800 Vac / 3P, 1 pcs	
Disconnecter specification	260 A / 800 Vac / 3P, 10 pcs	260 A / 800 Vac / 3P, 14 pcs
Fuse specification	400A / 800 Vac / 1P, 30 pcs	400 A / 800 Vac / 1P, 42 pcs
Protection		
AC input protection	FUSE+Disconnecter	
Transformer protection	Oil-temperature, oil-level, oil-pressure	
Relay protection	50/51,50N/51N	
LV overvoltage protection	AC Type II (optional: AC Type I + II)	
General Data		
Dimensions(W*H*D)	6058*2896*2438 mm	
Approximate weight	15 T	17 T
Operating ambient temperature range	-20 to 60 C (optional: -30 to 60 C)	
Auxiliary power supply	5 kVA / 400 V (optional: max. 40 kVA)	
Degree of protection	IP54	
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 95 %	
Operating altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)	
Communication	Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber	
Compliance	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61439-1, EN50588-1	

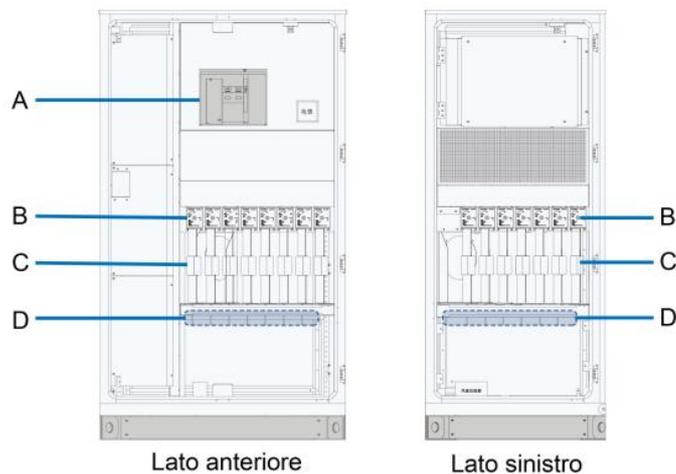
Figura 42 – Datasheet PS SUNGROW MVS3200-LV

5.3.2. Armadio BT

Presso ciascuna Power Station sarà installato un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore, prefabbricato dal produttore delle Power Station.

Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni delle linee elettriche.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	63



N.	Nome	Descrizione
A	Interruttore principale	Collega/scollega l'armadio BT
B	Sezionatore	Collega/scollega il collegamento all'inverter
C	Fusibile	Protezione da cortocircuito
D	Area di collegamento bassa tensione	Collegata agli inverter a monte

Figura 43. Layout anteriore e sinistro dell'armadio BT della Power Station SUNGROW MVS3200-LV

5.3.3. Trasformatore BT/36kV

Presso la Power Station verrà installato un trasformatore BT/36kV ad olio.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in esterno.

Il trafo verrà installato nell'area destinata alla Power station, opportunamente delimitato per impedire l'accesso alle parti in tensione.

5.3.4. Sala 36kV

Nella sala 36 kV dello shelter metallico della Power Station verrà posizionato un quadro di media tensione, composto dai seguenti scomparti:

- n.1 unità di arrivo (sezionatore e sez. di terra);
- n.1 unità di protezione trafo (sezionatore e interruttore);
- n.1 unità di partenza (sezionatore e sez. di terra)

Si rimanda alla specifica tecnica Power Station per maggiori dettagli.

5.3.5. Quadri servizi ausiliari

La Power Station sarà fornita dei quadri di servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento degli impianti. Il quadro servizi ausiliari sarà diviso in tre sezioni:

- sezione in ingresso, nella quale confluisce la linea proveniente dal trafo 36 kV/BT, protetta da appositi interruttori automatici;
- sezione ordinaria, nella quale sono presenti tutte le utenze ordinarie e non essenziali

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNi805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	64

per il funzionamento della Power Station.

- sezione privilegiata, le cui utenze sono alimentate sotto UPS.

5.3.6. Trasformatore BT/BT

All'interno della Power Station è presente un idoneo trasformatore BT/BT per l'alimentazione del quadro servizi ausiliari BT-AUX. Di seguito le principali caratteristiche.

Tipologia	Resina
A_n	5 kVA
V₁	0,80 kV
V₂	0,40 kV
f	50 Hz
Gruppo	Dyn11

Tabella 23 - Dati tecnici trasformatore BT/BT

5.3.7. Sistema centralizzato di comunicazione

Presso ciascuna Power Station è presente la componentistica elettronica necessaria a consentire il controllo delle apparecchiature principali, quali inverter, misuratori, sistemi di ventilazione, sensori ambientali

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	65

6. CALCOLO IMPIANTI 36KV

Nel presente capitolo si riportano i calcoli effettuati sull'impianto fotovoltaico in progetto, al fine di effettuare la verifica delle perdite di trasmissione e del carico delle singole linee nelle condizioni di massima produzione.

6.1. CAVI

Come già rappresentato nelle premesse, il generatore fotovoltaico è costituito da 7 aree di potenza variabile come di seguito rappresentato:

Area	Potenza picco DC (MW _p)	Potenza nominale (MVA)	Power Station di progetto
Area PS1	3,41	3,20	MVS3200-LV
Area PS2	3,41	3,20	MVS3200-LV
Area PS3	3,41	2,88	MVS3200-LV
Area PS4	3,17	2,88	MVS3200-LV
Area PS5	3,17	2,88	MVS3200-LV
Area PS6	3,17	2,88	MVS3200-LV
Area PS7	2,94	2,88	MVS3200-LV
Potenza complessiva	22,21	20,80	/

Tabella 24 - Suddivisione in PS

Le diverse Power Station, in cui avviene la trasformazione BT/36 kV, sono collegate tra loro e alla MTR, dove avviene la messa in parallelo dei diversi sottocampi e vi è la partenza per la sottostazione elettrica di utente, SSE, come riportato in tabella.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	66

LINEA	TRATTE	PARTENZA	ARRIVO	Potenza picco [MWp]	Potenza Attiva nominale [MW]	Potenza Apparente nominale [MVA]	Lunghezza cavo [m]	Portata cavo nominale I ₀ [A]	Sezione cavo [mm ²]
SOTTOCAMPO A	PS3 - PS2	PS3	PS2	3,04	2,880	3,03	216	320	3x1x185
	PS2 - PS1	PS2	PS1	6,45	6,08	6,40	182	320	3x1x185
	PS1 - MTR	PS1	MTR	9,86	9,28	9,77	30	417	3x1x300
SOTTOCAMPO B	PS4 - PS5	PS4	PS5	3,17	2,88	3,03	300	320	3x1x185
	PS5 - MTR	PS5	MTR	6,35	5,76	6,06	307	320	3x1x185
SOTTOCAMPO C	PS7 - PS6	PS7	PS6	2,94	2,88	3,03	232	320	3x1x185
	PS6 - MTR	PS6	MTR	6,11	5,76	6,06	267	320	3x1x185
LINEA MTR - ED.Produuttore	MTR - Ed. Produttore	MTR	Ed. Produttore	/	8,8	9,26	17980	620	3x1x630
LINEA MTR - ED.Produuttore	MTR - Ed. Produttore	MTR	Ed. Produttore	/	8,8	9,26	17980	620	3x1x630
Edificio produttore SE Tema	Ed. Produttore - SE	Ed. Produttore	SE Tema	/	8,8	9,26	190	620	3x1x630
Edificio produttore SE Tema	Ed. Produttore - SE	Ed. Produttore	SE Tema	/	8,8	9,26	190	620	3x1x630
POTENZA COMPLESSIVA				22,314	17,600	18,526			

Tabella 25 – Collegamenti tra Power Station e SSE

Coerentemente con la distribuzione delle aree, sono state individuate differenti configurazioni per le sezioni dei cavi che vanno dalle Power Station fino alla SSE, delle quali si dà dettaglio negli elaborati grafici di progetto.

6.1.1. Criteri di dimensionamento

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto della seguente disposizione, tratte dalla norma CEI 11-17:

- La sezione del cavo scelto deve essere caratterizzato da una portata immediatamente superiore alla corrente effettivamente circolante;

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione della specifica appena riportata, si procederà a verificare che

- La caduta di tensione lungo la linea sia minore del 2%;
- Le perdite di potenza siano minori del 5%;
- La tenuta termica dei cavi a seguito di un cortocircuito.

6.1.2. Calcolo delle portate

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

$$I_Z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

dove

I_Z = portata effettiva del cavo

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	67

I_0 = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C

K_1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C

K_2 = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

K_3 = Fattore di correzione per profondità di interramento diversa da 0,8 m

K_4 = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 K*m/W

6.1.3. Dati tecnici del cavo utilizzato

Ai fini del dimensionamento, si è tenuto conto di cavi di tipologia ARE4H5EE 20,8/36 kV o equivalente. Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da polietilene reticolato estruso (XLPE) e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di mescola semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato di schermo isolante, composto da una mescola semiconduttrice estrusa e, al di sopra di questa, vi è uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta, poi, uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 20,8/36 kV. Di seguito le caratteristiche tecniche del cavo per le sezioni utilizzate in progetto.

Le portate nominali dei cavi sono fornite dal costruttore considerando le seguenti condizioni di posa:

- Disposizione a trifoglio;
- Profondità di posa a 0,8 m;
- Resistività termica pari a 1,5 °Cm/W;
- Posa interrata con temperatura pari a 20°C;

Tipo	ARE4H5EE o equivalente		
Tensione nominale [kV]:	20,8/36		
Formazione e sezione [mm²]:	3 x 1 x 185	3x1x300	3x1x630
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0,211	0,129	0,0630
Reattanza [Ω/km]:	0,122	0,111	0,100
Capacità [µF/km]:	0,221	0,283	0,367
Portata per posa interrata a 20°C [A]	320	417	620

Tabella 26 – Caratteristiche tecniche del cavo 36kV

Considerate le diverse portate del cavo nelle differenti modalità di posa, **ai fini del calcolo si terrà conto delle condizioni peggiorative**, ossia quelle relative al **tratto con posa interrata**,

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	68

intendendosi con esse verificate anche le altre condizioni di posa aventi parametri di calcolo migliorativi rispetto al caso in esame.

6.1.4. Temperatura del terreno

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue, per cavi con temperatura di funzionamento pari a 90°C.

	Cavi con $T_f = 90^\circ\text{C}$			
Temperatura ambiente	20°C	25°C	30°C	40°C
Coefficiente	1,00	0,96	0,93	0,84

Tabella 27 – Coefficiente K_1 in funzione della temperatura ambiente

È stata stimata una temperatura massima del terreno, a scopo cautelativo, pari a 40°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà $K_1 = 0,84$.

6.1.5. Numero di terne per scavo

A scopo cautelativo, si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. In particolare, in questo caso, vi è la compresenza di 2 terne di cavi 36kV all'interno della medesima sezione di scavo, per le tratte da PS5 a MTR, da PS6 a MTR e da MTR fino alla SSE.

Sulla base di ciò, per queste tratte, è stato applicato il seguente fattore correttivo $K_2 = 0,86$, avendo considerato le terne distanti tra loro 25 cm.

Per le altre tratte non è stato applicato alcun fattore correttivo, ovvero $K_2 = 1$.

	Distanza fra i circuiti 0,25 m		
N. circuiti	1	2	3
Coefficiente	1,00	0,86	0,78

Tabella 28 – Coefficiente K_2 in funzione della distanza tra terne in orizzontale

6.1.6. Profondità di posa

In generale, per tutte le linee elettriche 36 kV, si prevede la posa dei cavi direttamente interrati, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 o dalla CEI

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	69

UNEL 35027 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Profondità di posa				
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,10	1,20	1,5
Coefficiente (S < 185mm²)	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95
Coefficiente (S > 185mm²)	1,00	0,97	0,96	0,95	0,93

Tabella 29 – Coefficiente K_3 in funzione della profondità di posa dei cavi

A scopo cautelativo, per tutte le condizioni, anche per tratte con profondità di posa minore, si farà utilizzo del fattore più sfavorevole corrispondente a cavi con sezioni superiori di 185 mm², pari a **$K_3=0,96$** .

6.1.7. Resistività termica del terreno

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno o sabbia scarsamente umidi (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K*m/W.

	Resistività termica			
Resistività termica [K m/W]	0,8	1,0	1,2	1,5
Coefficiente	1,08	1,00	0,93	0,85

Tabella 30 - Coefficiente K_4 in funzione della resistività termica del terreno

Poiché il valore della portata nominale fornita dal costruttore del cavo fa già riferimento ad una resistività termica del terreno pari a 1,5 °C*m/W, si considera il fattore pari a **$K_4 =1,00$** .

6.1.8. Calcolo delle cadute di tensione

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{V_n^2}$$

P: potenza transitante;

Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;

R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;

X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;

V_n : tensione di esercizio del cavo (36kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 \cdot R \cdot I^2$$

R: resistenza longitudinale del cavo;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	70

I: corrente transitante.

6.1.9. Tabulati di calcolo

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato MT. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti. Oltre al dimensionamento vengono riportati i valori per la verifica della caduta di tensione e della perdita di potenza.

LINEA	TRATTE	PARTENZA	ARRIVO	Potenza picco [MWp]	Potenza Attiva nominale [MW]	Potenza Apparente nominale [MVA]	Lunghezza cavo [m]	Corrente di impiego I _g [A]	N.circuiti nella sezione scavo	K correttivo	Portata minima del cavo I _{g, min} [A]	Portata cavo nominale I _g [A]	Verifica I _g > I _{g, min}	Sezione cavo [mm ²]	Dimensionamento in portata
SOTTOCAMPO A	PS3 - PS2	PS3	PS2	3,04	2,880	3,03	216	48,68	1	0,81	59,99	320	OK	3x1x185	19%
	PS2 - PS1	PS2	PS1	6,45	6,08	6,40	182	102,76	1	0,81	126,66	320	OK	3x1x185	40%
	PS1 - MTR	PS1	MTR	9,86	9,28	9,77	30	156,85	1	0,81	193,32	417	OK	3x1x300	46%
SOTTOCAMPO B	PS4 - PS5	PS4	PS5	3,17	2,88	3,03	300	48,68	1	0,81	59,99	320	OK	3x1x185	19%
	PS5 - MTR	PS5	MTR	6,35	5,76	6,06	307	97,35	2	0,70	139,52	320	OK	3x1x185	44%
SOTTOCAMPO C	PS7 - PS6	PS7	PS6	2,94	2,88	3,03	232	48,68	1	0,81	59,99	320	OK	3x1x185	19%
	PS6 - MTR	PS6	MTR	6,11	5,76	6,06	267	97,35	2	0,70	139,52	320	OK	3x1x185	44%
LINEA MTR - ED. Produttore	MTR - Ed. Produttore	MTR	Ed. Produttore	/	8,8	9,26	17980	148,73	2	0,70	213,16	620	OK	3x1x630	34%
LINEA MTR - ED. Produttore	MTR - Ed. Produttore	MTR	Ed. Produttore	/	8,8	9,26	17980	148,73	2	0,70	213,16	620	OK	3x1x630	34%
Edificio produttore SE Tema	Ed. Produttore - SE	Ed. Produttore	SE Tema	/	8,8	9,26	190	148,73	2	0,70	213,16	620	OK	3x1x630	34%
Edificio produttore SE Tema	Ed. Produttore - SE	Ed. Produttore	SE Tema	/	8,8	9,26	190	148,73	2	0,70	213,16	620	OK	3x1x630	34%
POTENZA COMPLESSIVA				22,314	17,600	18,526									

Tabella 31 - Dimensionamento cavi 36 kV con criterio termico

LINEA	TRATTE	PARTENZA	ARRIVO	Potenza picco [MWp]	Potenza Attiva nominale [MW]	Potenza Apparente nominale [MVA]	Lunghezza cavo [m]	Corrente di impiego I _g [A]	Sezione cavo [mm ²]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVAR]	ΔV %	ΔV % cumulato	Verifica ΔV % < 2%	Potenza persa [kW]	Δp %	Verifica Δp % < 5%
SOTTOCAMPO A	PS3 - PS2	PS3	PS2	3,04	2,880	3,03	216	48,68	3x1x185	19%	0,0456	0,026	0,947	0,01%	0,04%	OK	0,324	0,01%	OK
	PS2 - PS1	PS2	PS1	6,45	6,08	6,40	182	102,76	3x1x185	40%	0,0384	0,022	1,298	0,02%	0,02%	OK	1,217	0,02%	OK
	PS1 - MTR	PS1	MTR	9,86	9,28	9,77	30	156,85	3x1x300	46%	0,0039	0,003	3,050	0,00%	0,00%	OK	0,286	0,00%	OK
SOTTOCAMPO B	PS4 - PS5	PS4	PS5	3,17	2,88	3,03	300	48,68	3x1x185	19%	0,0633	0,037	0,947	0,02%	0,05%	OK	0,450	0,02%	OK
	PS5 - MTR	PS5	MTR	6,35	5,76	6,06	307	97,35	3x1x185	44%	0,0648	0,037	1,893	0,03%	0,03%	OK	1,842	0,03%	OK
SOTTOCAMPO C	PS7 - PS6	PS7	PS6	2,94	2,88	3,03	232	48,68	3x1x185	19%	0,0490	0,028	0,947	0,01%	0,01%	OK	0,348	0,01%	OK
	PS6 - MTR	PS6	MTR	6,11	5,76	6,06	267	97,35	3x1x185	44%	0,0563	0,033	1,893	0,03%	0,03%	OK	1,602	0,03%	OK
LINEA MTR - ED. Produttore	MTR - Ed. Produttore	MTR	Ed. Produttore	/	8,8	9,26	17980	148,73	3x1x630	34%	1,1327	1,798	2,892	1,17%	1,17%	OK	75,175	0,85%	OK
LINEA MTR - ED. Produttore	MTR - Ed. Produttore	MTR	Ed. Produttore	/	8,8	9,26	17980	148,73	3x1x630	34%	1,1327	1,798	2,892	1,17%	1,17%	OK	75,175	0,85%	OK
Edificio produttore SE Tema	Ed. Produttore - SE	Ed. Produttore	SE Tema	/	8,8	9,26	190	148,73	3x1x630	34%	0,0120	0,019	2,892	0,01%	0,01%	OK	0,794	0,01%	OK
Edificio produttore SE Tema	Ed. Produttore - SE	Ed. Produttore	SE Tema	/	8,8	9,26	190	148,73	3x1x630	34%	0,0120	0,019	2,892	0,01%	0,01%	OK	0,794	0,01%	OK
POTENZA COMPLESSIVA				22,314	17,600	18,526											188,006		
														PERDITE TOTALI RETE (kW)					
														PERDITE TOTALI RETE (%)	0,90%		OK		

Tabella 32 - Verifica della caduta di tensione e della perdita di potenza dei cavi 36 kV

6.1.10. Disposizione delle fasi

Al fine di assicurare una corretta suddivisione della corrente è necessario posare i cavi con una certa sequenza di fasi. La tabella viene riportata per i cavi posati a trifoglio.

Numero di terne nello stesso strato									
Numero di terne	2		3			4			
Sequenza	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	RS	SR	RS	SR	RS	RS	SR	RS	SR

Tabella 33 - Disposizione delle fasi delle terne poste nello stesso strato

6.2. CABINE GENERALI DI IMPIANTO

L'intervento in progetto prevede la costruzione di due edifici con struttura portante in c.a. prefabbricato avente, comunque, gli stessi ingombri e caratteristiche prestazionali.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	71

6.2.1. MTR – Main Technical Room

Il primo edificio, denominato **“Main Technical Room” (MTR)**, è destinato ad ospitare i quadri di media tensione per il collettamento dell’energia proveniente dalle varie power station di impianto, il parallelo e la partenza verso la sottostazione elettrica SSE Utente.

L’MTR è diviso in due locali:

- Locale trasformatore;
- Locale 36kV-BT;

In particolare, nel locale 36 kV-BT, è presente un quadro a 36, costituito da 9 sottoquadri:

- 1 Sottoquadro per la linea in arrivo dal sottocampo A (PS1-PS2-PS3) con sezione pari a 3x1x300 mm²;
- 1 Sottoquadro per la linea in arrivo dal sottocampo B (PS4-PS5) con sezione pari a 3x1x185mm²;
- 1 Sottoquadro per la linea in arrivo dal sottocampo C (PS6-PS7) con sezione pari a 3x1x185mm²;
- 1 Sottoquadro per le misure;
- 2 Sottoquadri per le linee di partenza verso la SSE con sezione pari ognuna a 3x1x630mm²;
- 1 Sottoquadro per la partenza verso il trasformatore ausiliario con le relative protezioni;
- 2 Sottoquadri per le riserve;

Sempre nello stesso locale 36kV-BT è presente un quadro BT costituito da

- 1 Sottoquadro per l’arrivo della linea in BT proveniente dal trasformatore ausiliario;
- 1 Sottoquadro con le partenze dei servizi ausiliari e le relative protezioni;
- 1 Sottoquadro con le partenze dei servizi ausiliari privilegiati alimentati da UPS;

Per quanto riguarda il locale trasformatore, in esso sarà presente

- Trasformatore 36kV/BT;
- 1 Quadro per il sezionatore del trafo ausiliari;

In entrambi i locali sono presenti degli estrattori ad aria forzata.

La struttura avrà forma rettangolare con dimensioni planimetriche di 13,50 m x 4,00 m, e si svilupperà su un solo livello con altezza massima dal piano di campagna pari a 3,20 m.

La struttura portante, gettata in opera o prefabbricata, sarà costituita da pilastri in c.a. collegati ad una fondazione superficiale, composta da una piastra di fondazione dalle dimensioni planimetriche pari a 14,50 x 5,00 e spessore 0,4m. L’edificio presenta due distinte aperture, una per il locale quadri 36 kV e l’altra per il locale trafo ausiliari, oltre alle griglie per l’areazione

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	72

dei locali.

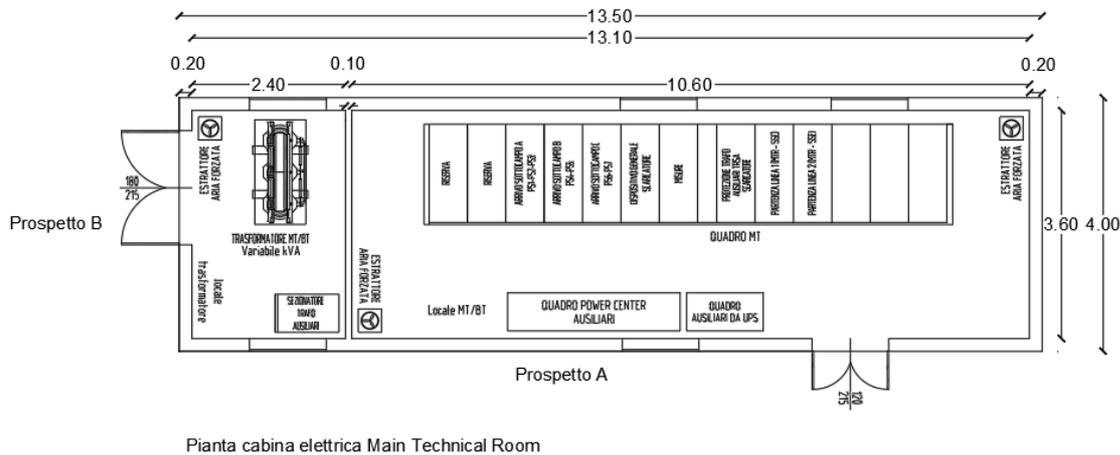


Figura 44. Pianta cabina MTR

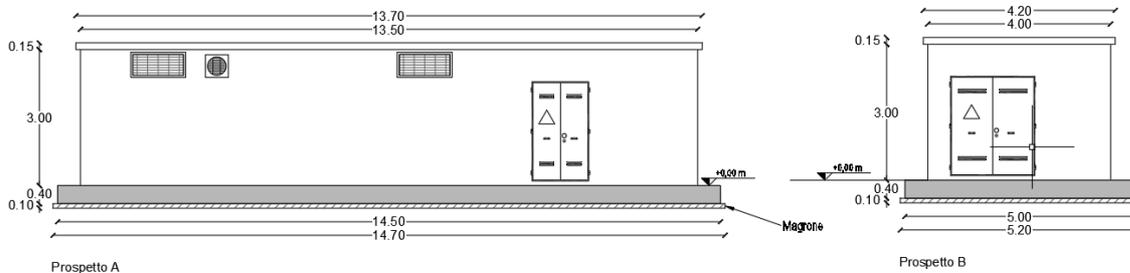


Figura 45 – Prospetto A e B della cabina MTR

6.2.2. CR – Control room

L'edificio, denominato **“Control Room”**, è destinato ad ospitare gli uffici, il sistema di telecontrollo, nonché deposito materiali. La struttura avrà forma rettangolare, con dimensioni planimetriche di 12,00 m x 5,00 m, e si svilupperà su un solo livello con altezza massima dal piano di campagna pari a circa 4,00 m.

La struttura è composta da n.4 shelter prefabbricati affiancati, che verranno posati sopra una fondazione superficiale, composta da una platea nervata: sia la struttura prefabbricata che la fondazione verranno opportunamente calcolate ai sensi della NTC2018 e relativa circolare del 2019 ai fini del deposito al Genio Civile tenendo conto delle opportune azioni sismiche.

L'ottenimento dell'autorizzazione da parte dell'ente è condizione necessaria alla esecuzione delle opere di cui sopra. Le verifiche geotecniche delle fondazioni saranno affrontate in un secondo momento, in uno con il deposito al GC come previsto dal capitolo 6 della sopra citata vigente normativa tecnica. L'edificio presenta 3 distinte aperture, una per il locale uffici, una per il locale quadri SCADA e uno per il deposito/magazzino.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	73

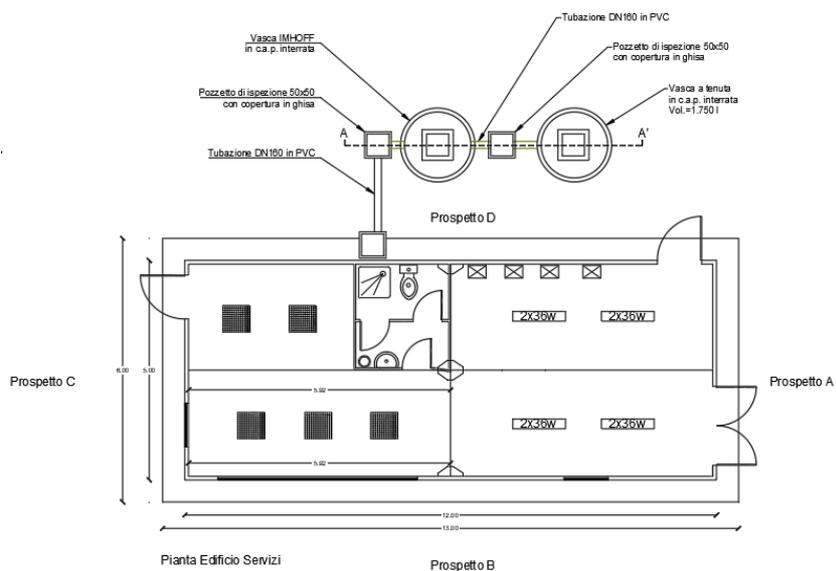


Figura 46 - Pianta Control Room di progetto

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	74

7. TOLOGIA DI IMPIANTO

L'impianto elettrico da realizzare rientra tra gli impianti di prima categoria (classificazione CEI 64-8 Art 21.1 – distribuzione e utenze in c.a. con tensione nominale minore di 1000V) e prevede la realizzazione di cabina di trasformazione propria.

In base all'Art.413.1.3 della sopracitata normativa si è attuata la protezione contro i contatti indiretti prevista per il sistema TN-S per i servizi ausiliari.

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico, il sistema supportato dall'inverter è di tipo IT.

7.1. SISTEMA TN-S

L'impianto TN-S (CEI 64-8 Art. 312.2) è definito nel seguente modo:

- T → Il centro stella del trasformatore è collegato direttamente a terra (nel caso in particolare il neutro del trasformatore dei servizi ausiliari);
- N → Le masse sono collegate a terra;
- S → I conduttori di neutro e di protezione sono separati.

Lo schema di connessione è mostrato nella figura seguente.

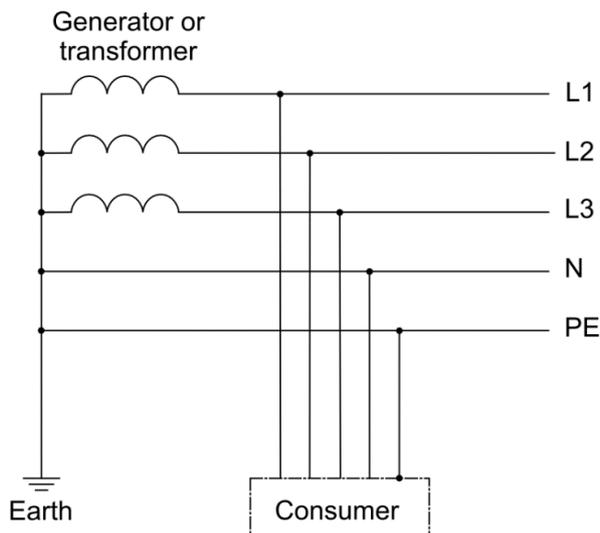


Figura 47 – Sistema TN-S

Nel rispetto di quanto sopra si opererà in base a quanto di seguito descritto.

Il centro stella del trasformatore, il conduttore di neutro, il conduttore di protezione ed il conduttore di terra saranno collegati ad un unico collettore di terra (piastra metallica in rame o in ferro).

Per realizzare una corretta protezione contro i contatti indiretti, in accordo alla norma CEI 64-8/4, occorre rispettare la seguente relazione:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	75

(CEI 64-8 Art. 413.1.3)

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

- U_0 = Tensione nominale verso terra dell'impianto (valore in Volt);
- Z_g = Impedenza totale del circuito di guasto, che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto dove si verifica il guasto e il tratto del conduttore di protezione PE tra il punto del guasto e la sorgente (valore in Ohm);
- I_a = Corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito in tabella in funzione della tensione nominale U_0 (valore in Ampere). La tabella viene applicata ai circuiti terminali protetti con dispositivi di protezione contro le sovracorrenti aventi corrente nominale o regolata che non supera 32 A.

Per altri tipi di circuiti rispetto a quelli presenti in tabella e per dispositivi di protezione con correnti di interruzione superiore a 32 A, il tempo di interruzione non deve essere superiore a 5s.

Se si usa un interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale di intervento.

Sistema	50 V < $U_0 \leq 120$ V [s]		120 V < $U_0 \leq 230$ V [s]		230 V < $U_0 \leq 400$ V [s]		$U_0 > 400$ V [s]	
	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0,8	NOTA 3	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

U_0 è la tensione nominale verso terra in c.a. o in c.c.

NOTA 1 Per le tensioni che sono entro la banda di tolleranza precisata nella Norma CEI 8-6 si applicano i tempi di interruzione corrispondenti alla tensione nominale.

NOTA 2 Per valori di tensione intermedi, si sceglie il valore prossimo superiore della Tabella 41A.

NOTA 3 L'interruzione può essere richiesta per ragioni diverse da quelle relative alla protezione contro i contatti elettrici.

NOTA 4 Quando la prescrizione di questo articolo sia soddisfatta mediante l'uso di dispositivi di protezione a corrente differenziale, i tempi di interruzione della presente Tabella si riferiscono a correnti di guasto differenziali presunte significativamente più elevate della corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale (tipicamente $5 I_{\Delta n}$).

Figura 48 – Tempi di interruzione massimi al variare della tensione del circuito

In pratica (verificate le I_{cc} minime verso terra), per soddisfare questa condizione nei quadri elettrici dell'impianto di sollevamento sono previsti degli interruttori automatici di tipo magnetotermico con intervento istantaneo, a protezione di tutti i circuiti in partenza dai quadri elettrici. Inoltre, in tutti i circuiti terminali sono stati previsti interruttori automatici ad intervento differenziale ad alta sensibilità, al fine di ottenere una protezione addizionale contro i contatti diretti.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	76

7.2. SISTEMA IT

Il sistema supportato dagli inverter è un sistema IT.

Il Sistema IT (CEI64-8) è definito nel seguente modo:

- I → Il centro stella del trasformatore è isolato da terra o collegato a terra mediante un'impedenza di valore sufficientemente elevato
- T → Le masse sono collegate ad un impianto di terra locale

Lo schema di connessione è mostrato nella figura seguente.

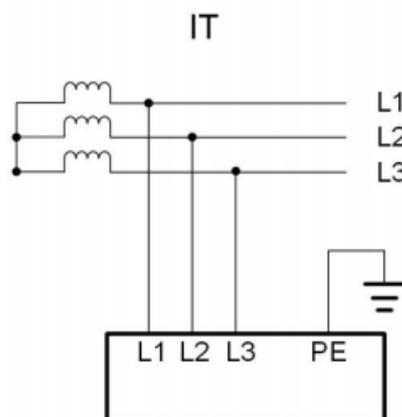


Figura 49 – Sistema IT

Nel rispetto di quanto sopra si opererà in base a quanto di seguito descritto.

Il centro stella del trasformatore di potenza e quindi la Power Station sarà isolata da terra, mentre gli inverter saranno collegati ad una rete di terra. Inoltre, saranno collegati a terra anche le strutture metalliche dei pannelli e delle Power Station. Le strutture metalliche dei pannelli saranno collegati anche tra loro per realizzare un'equipotenzialità.

Per realizzare una corretta protezione contro i contatti indiretti, in accordo alla norma CEI 64-8/4, occorre rispettare la seguente relazione:

(CEI 64-8 Art. 413.1.5)

$$I_d \leq \frac{U_L}{R_E}$$

dove:

- U_L = Tensione nominale verso terra dell'impianto in Volt;
- R_E = Resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse (valore in Ohm);
- I_d = Corrente di guasto del primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di linea ed una massa (valore in Ampere). Il valore tiene conto delle correnti di dispersione e dell'impedenza totale verso terra dell'impianto elettrico.

Un dispositivo di controllo dell'isolamento deve essere previsto per indicare il manifestarsi di un primo guasto tra una parte attiva e masse o terra. Questo dispositivo

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	77

deve azionare un segnale sonoro e/o visivo che deve continuare ad essere azionato sino a che il guasto persista.

Se ci sono entrambi i segnali sonoro e visivo, il segnale sonoro può essere cancellato.

Il dispositivo di controllo dell'isolamento è necessario poiché se apparisse un secondo guasto prima dell'eliminazione del guasto precedente, i vantaggi del sistema IT si perderebbero.

Essendo che l'impianto di messa a terra è lo stesso per tutti gli inverter ed essendo che non è presente il conduttore di neutro, una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni per l'interruzione automatica dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto su di un conduttore attivo differente sono simili a quelle relative al sistema TN e deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$I_a \leq \frac{U}{2Z_g}$$

Dove

- U → Tensione, in c.c. o in c.a., tra i conduttori di linea (valore in Volt);
- I_a → Corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione entro i tempi indicati per il sistema TN precedentemente descritto (valore in Ampere);
- Z_g → Impedenza dell'anello di guasto comprendente il conduttore di linea e il conduttore di protezione del circuito (valore in Ohm);

Nei sistemi IT possono essere utilizzati i seguenti dispositivi di controllo e di protezione:

- Dispositivi di controllo dell'isolamento;
- Dispositivi di protezione contro le sovracorrenti;
- Dispositivi di protezione a corrente differenziale;

Quando viene usato un dispositivo di protezione a corrente differenziale, non può essere escluso il suo intervento dovuto a correnti di dispersione capacitive.

7.3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

Il sistema di terra del parco fotovoltaico è costituito da

- Una maglia di terra che si estende lungo tutta l'area di impianto, costituito da una corda di rame nudo con sezione pari a 35 mm²;
- Anelli rettangolari disposti attorno alle Power Station, costituiti da corda di rame nudo con sezione pari a 50 mm² e di dimensione pari a 7,30 x 3,60 m circa.
- Anello rettangolare disposto attorno alla Control Room e alla Main Technical Room, costituito da corda di rame nudo con sezione pari a 50 mm² e di dimensione pari a 27 x 6 m circa;
- Picchetti di lunghezza pari a 2 m, disposti 4 agli angoli di ogni singolo anello delle Power Station e 6 lungo l'anello della Control Room e Main Technical Room (4

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	78

disposti agli angoli e 2 a metà del lato più lungo);

- Cavi PE di sezione pari a 200 mm², per la messa a terra degli inverter;
- Cavi isolati con sezione pari a 16 mm², che collegano le strutture metalliche tra loro per creare un sistema equipotenziale;

Le strutture metalliche dei moduli fotovoltaici, oltre ad essere collegate tra loro, sono collegate al conduttore di rame nudo a 35 mm² della rete di terra, così come le altre masse presenti nell'impianto.

Questo conduttore a 35 mm² sarà collegato anche agli anelli attorno alle PS e alla CR e alla MTR.

Inoltre, la recinzione, poiché essa stessa durante una dispersione di corrente può essere pericolosa per le tensioni indotte, viene messa a terra, attraverso dei collegamenti alla rete di terra con conduttori di rame nudo di 35 mm², ogni 250 m.

La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente.

7.4. PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti diretti ha lo scopo di proteggere le persone dalle conseguenze di contatti con parti elettricamente attive, che sono in tensione durante il normale esercizio dell'impianto.

Essa può essere realizzata mediante l'isolamento delle parti attive e mediante involucri o barriere, al fine di realizzare una protezione totale, o mediante ostacoli e distanziamento, al fine di fornire una protezione parziale. In aggiunta ad esse, può essere realizzata una protezione addizionale mediante l'utilizzo di interruttori differenziali con corrente differenziale nominale di valore non superiore a 30 mA.

La norma CEI 64-8, prescrive che a tutti i componenti dell'impianto sia applicata una misura di protezione contro i contatti diretti. Nel caso in esame, trattandosi d'impianti accessibili anche a persone non aventi conoscenze tecniche o esperienza sufficiente a evitare i pericoli dell'elettricità (persone non addestrate), è necessario adottare le misure di protezione totale citate in precedenza.

7.5. ISOLAMENTO DELLE PARTI ATTIVE

Le parti che sono normalmente in tensione devono essere ricoperte completamente da un isolamento non rimovibile, se non per distruzione dello stesso, rispondente ai requisiti richiesti dalle norme di fabbricazione del relativo componente. L'isolamento deve resistere agli sforzi meccanici, chimici, elettrici e termici che possono manifestarsi durante il normale funzionamento dell'impianto. Considerando, per esempio, un cavo elettrico, si dovrà

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	79

provvedere alla sua protezione da calpestii, strappi, surriscaldamenti, ecc. nel caso che questi possano verificarsi durante l'esercizio, mediante le appropriate modalità di posa.

Se l'isolamento è applicato durante l'installazione del componente, la sua efficacia deve essere equivalente a quella di analoghi componenti costruiti in fabbrica.

7.6. PROTEZIONE CON INVOLUCRI E BARRIERE

E' evidente che vi sono delle parti attive, come i morsetti, gli interruttori di sezionamento, i quadri elettrici, ecc... che devono essere accessibili e non possono essere completamente isolate. In questi casi la protezione può essere effettuata tramite involucri e barriere.

Gli involucri assicurano un determinato grado di protezione contro la penetrazione di corpi solidi o liquidi, mentre le barriere sono degli elementi che assicurano un determinato grado di protezione contro i contatti diretti solo lungo le normali direzioni d'accesso.

Il grado minimo di protezione richiesto dalla norma CEI 64-8 è IP2X, ossia protetto dai corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm, o IPXXB, ossia inaccessibilità al dito di prova. Per le superfici superiori di involucri orizzontali a portata di mano è richiesto un grado di protezione minimo IP 4X, corrispondente alla protezione contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm, o IPXXD, ossia inaccessibilità al filo di prova di 1 mm. Questa regola non si applica a quei componenti che, per la loro specifica funzione, non ammettono il grado di protezione richiesto, come i portalampade e certi tipi di portafusibili.

Se la protezione è realizzata durante l'installazione sul posto, è richiesta una distanza minima fra le barriere o involucri e le parti attive di almeno 40 mm.

In base all'art. 412.5 della norma 64-8, è stata inoltre prevista la protezione addizionale contro i contatti indiretti mediante l'uso d'interruttori differenziali con corrente d'intervento non superiore a 30 mA in tutti i circuiti terminali previsti.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	80

8. DATASHEET

8.1. MODULI FOTOVOLTAICI

Tiger Neo N-type

72HL4-BDV

550-570 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

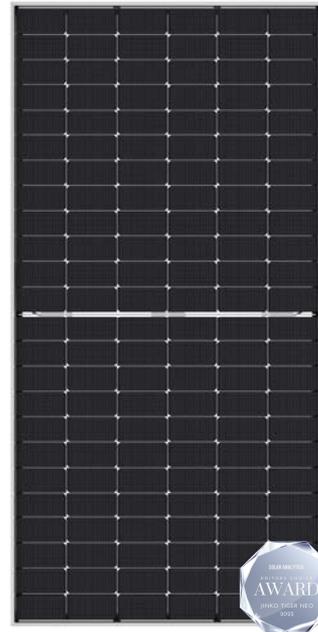
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

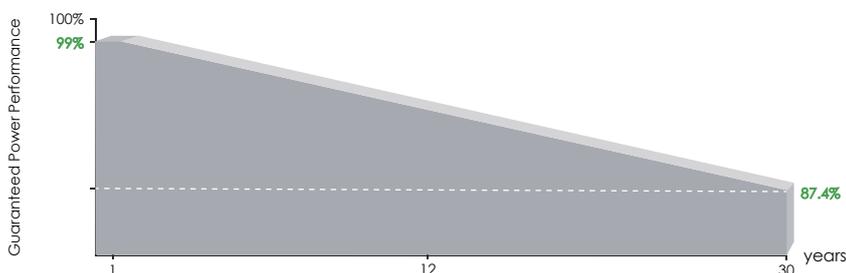


Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



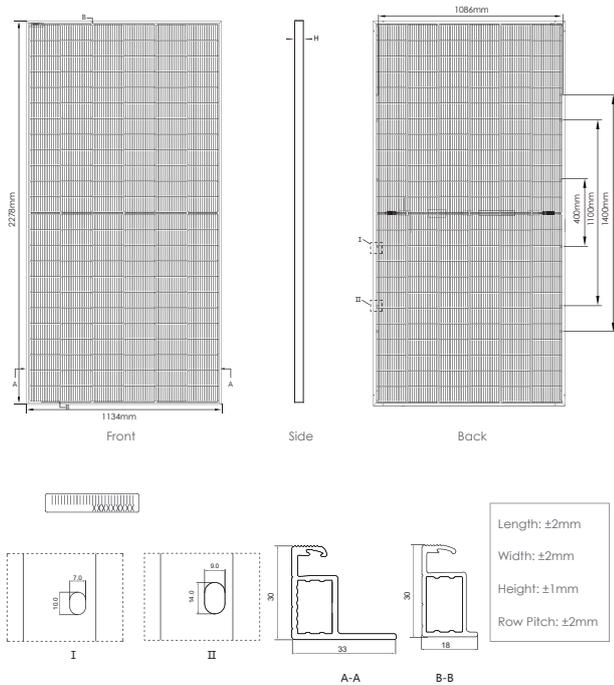
DATA VERIFIED BY
SOLAR ANALYTICA.

12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

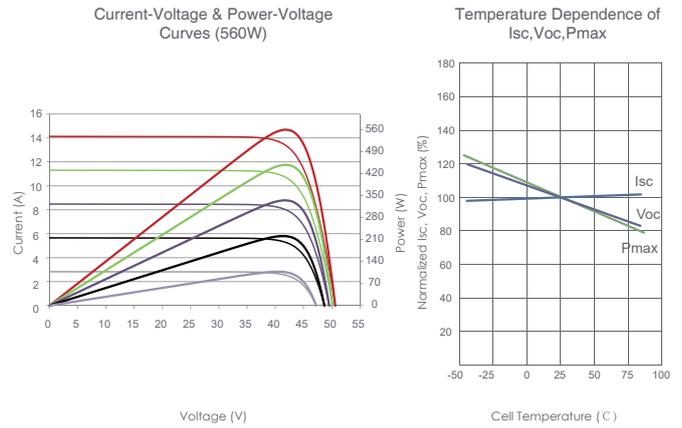


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 720pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2278×1134×30mm (89.69×44.65×1.18 inch)
Weight	32 kg (70.55 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM550N-72HL4-BDV		JKM555N-72HL4-BDV		JKM560N-72HL4-BDV		JKM565N-72HL4-BDV		JKM570N-72HL4-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	550Wp	414Wp	555Wp	417Wp	560Wp	421Wp	565Wp	425Wp	570Wp	429Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.58V	39.13V	41.77V	39.26V	41.95V	39.39V	42.14V	39.52V	42.29V	39.65V
Maximum Power Current (Imp)	13.23A	10.57A	13.29A	10.63A	13.35A	10.69A	13.41A	10.75A	13.48A	10.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.27V	47.75V	50.47V	47.94V	50.67V	48.13V	50.87V	48.32V	51.07V	48.51V
Short-circuit Current (Isc)	14.01A	11.31A	14.07A	11.36A	14.13A	11.41A	14.19A	11.46A	14.25A	11.50A
Module Efficiency STC (%)	21.29%		21.48%		21.68%		21.87%		22.07%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM550N-72HL4-BDV	JKM555N-72HL4-BDV	JKM560N-72HL4-BDV	JKM565N-72HL4-BDV	JKM570N-72HL4-BDV
5%	Maximum Power (Pmax)	578Wp	583Wp	588Wp	593Wp	599Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.36%	22.56%	22.77%	22.97%	23.17%
15%	Maximum Power (Pmax)	633Wp	638Wp	644Wp	650Wp	656Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.48%	24.71%	24.93%	25.15%	25.37%
25%	Maximum Power (Pmax)	688Wp	694Wp	700Wp	706Wp	713Wp
	Module Efficiency STC (%)	26.61%	26.86%	27.10%	27.34%	27.58%

*STC: Irradiance 1000W/m²

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m²

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

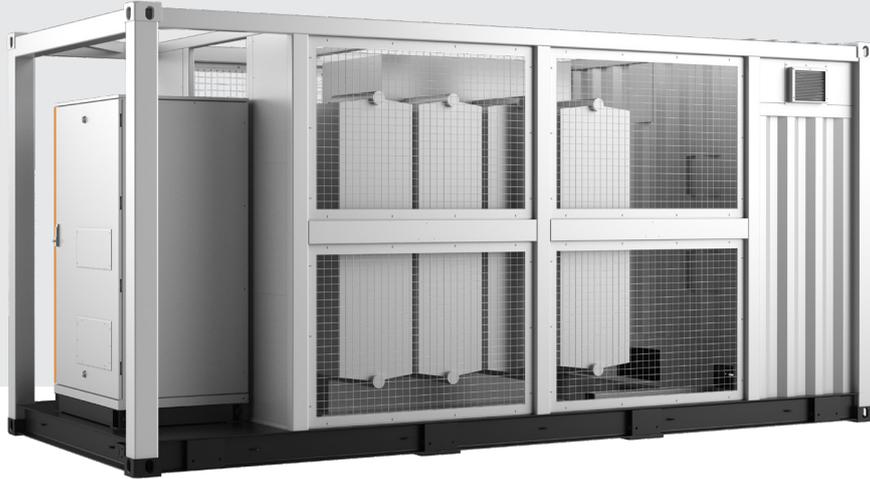
DATA VERIFIED BY
SOLAR ANALYTICA.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	83

8.2. POWER STATION

MVS3200/4480-LV

MV Turnkey Solution for 1500 Vdc String Inverter SG350HX



SAVED INVESTMENT

- Up to 4.48 MW block design
- Easy transportation due to standard container design
- All pre-assembled for easy set-up and commissioning



SAFETY

- MV and LV isolated, independent control room
- All key components front accessible, no need walk-in operation



EASY O&M

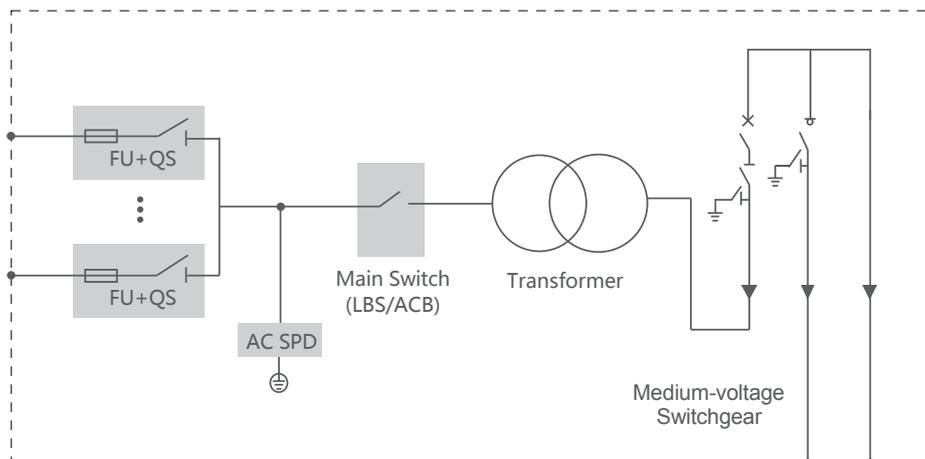
- Online analysis for fast trouble shooting
- Modular design, main device easy replacement



RELIABLE

- All components type-tested
- Compliance with standards: IEC 60076, IEC 62271, IEC 61439

CIRCUIT DIAGRAM



Type designation	MVS3200-LV	MVS4480-LV
Transformer		
Transformer type	Oil immersed	
Rated power	3200 kVA @ 40 °C	4480 kVA @ 40 °C
Max. power	3520 kVA @ 30 °C	4928 kVA @ 30 °C
Vector group	Dy11	
LV / MV voltage	0.8 kV / 20 – 35 kV	
Maximum input current at nominal voltage	2540 A	3557 A
Frequency	50 Hz / 60 Hz	
Tapping on HV	0, ±2×2.5%	
Efficiency	≥99%	
Cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)	
Impedance	7% (±10%)	8% (±10%)
Oil type	Mineral oil (PCB free)	
Winding material	Al / Al	
Insulation class	A	
MV Switchgear		
Insulation type	SF6	
Rate voltage	24 – 36 kV	
Rate current	630 A	
Internal arcing fault	IAC AFL 20kA/1s	
Qty. of feeder	3 feeders	
LV Panel		
Main switch specification	4000 A / 800 Vac / 3P, 1 pcs	
Disconnecter specification	260 A / 800 Vac / 3P, 10 pcs	260 A / 800 Vac / 3P, 14 pcs
Fuse specification	400A / 800 Vac / 1P, 30 pcs	400 A / 800 Vac / 1P, 42 pcs
Protection		
AC input protection	FUSE+Disconnecter	
Transformer protection	Oil-temperature, oil-level, oil-pressure	
Relay protection	50/51,50N/51N	
LV overvoltage protection	AC Type II (optional: AC Type I + II)	
General Data		
Dimensions(W*H*D)	6058*2896*2438 mm	
Approximate weight	15 T	17 T
Operating ambient temperature range	-20 to 60 °C (optional: -30 to 60 °C)	
Auxiliary power supply	5 kVA / 400 V (optional: max. 40 kVA)	
Degree of protection	IP54	
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 95 %	
Operating altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)	
Communication	Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber	
Compliance	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61439-1, EN50588-1	

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	86

8.3. **INVERTER**

SG350HX

Multi-MPPT String Inverter for 1500 Vdc System



HIGH YIELD

- Up to 16 MPPTs with max. efficiency 99%
- 20A per string, compatible with 500Wp+ module
- Data exchange with tracker system, improving yield

LOW COST

- Q at night function, save investment
- Power line communication (PLC)
- Smart IV Curve diagnosis, active O&M

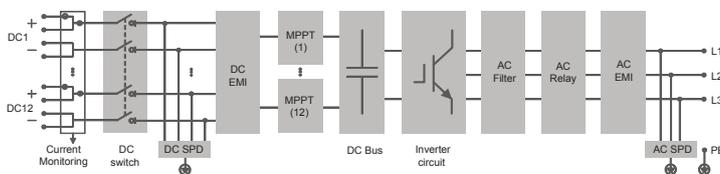
GRID SUPPORT

- $SCR \geq 1.15$ stable operation in extremely weak grid
- Reactive power response time <30ms
- Compliant with global grid code

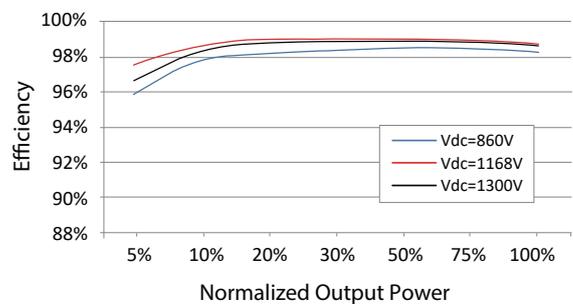
PROVEN SAFETY

- 2 strings per MPPT, no fear of string reverse connection
- Integrated DC switch, automatically cut off the fault
- 24h real-time AC and DC insulation monitoring

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



Type designation	SG350HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (optional: 16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
Output (AC)	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @40 °C / 295 kVA @50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920V
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
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99.02 % / 98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV string current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Optional
Surge protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1136 * 870 * 361 mm
Weight*	≤116 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP66
Power consumption at night	< 6 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	Support OT/DT terminal (Max. 400 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1 /2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control

*Due to the multi-supplier for some key components, the actual weight may have a ±8% deviation, please refer to the actually delivered product.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	89

8.4. **CAVI 36 KV**

MEDIUM VOLTAGE CABLE

SINGLE CORE CABLE WITH ALUMINIUM CONDUCTOR, REDUCED THICKNESS XLPE INSULATION, ALUMINIUM TAPE SCREEN AND DOUBLE PE SHEATH, SHOCK RESISTANT.

APPLICATIONS AND CHARACTERISTICS

In MV energy distribution networks for voltage systems **up to 42kV**. Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.

SHOCK PROOF SK2 has a very good shock resistance characteristics.

The two special outer sheaths provide an excellent protection against impact and mechanical abuse during the lifetime of the cable.

Shock Proof SK2 cable performances has been evaluated against mechanical protection by the abrasion test and the impact test included in HD 620-10-I3 standard.

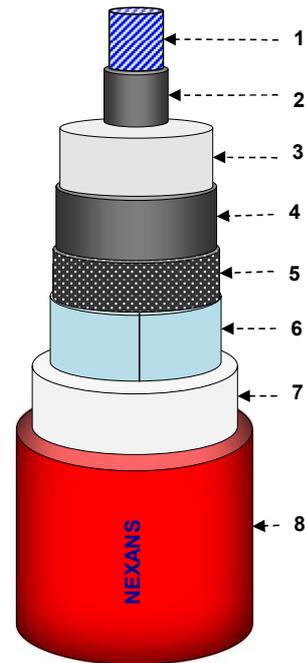
This type of cable can be directly buried without additional protections because it is comparable to an armoured cable.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

Rated voltage U_0/U :	20,8/36 kV
Maximum voltage U_m :	42 kV
Test voltage:	3,5 U_0
Max operating temperature of conductor:	90 °C
Max short-circuit temperature:	250 °C (for max 5 s)
Max short-circuit temperature (screen):	150 °C

CONSTRUCTION

- 1. Conductor**
stranded, compacted, round, **aluminium** - class 2 acc. to IEC 60228
- 2. Conductor screen**
extruded semiconducting compound
- 3. Insulation**
extruded cross-linked polyethylene (**XLPE**) compound
- 4. Insulation screen**
extruded semiconducting compound - **fully bonded**
- 5. Longitudinal watertightness**
semiconducting **water blocking tape**
- 6. Metallic screen and radial water barrier**
aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)
- 7. First sheath - 1**
extruded **PE** compound - colour: **natural**
- 8. Second sheath - 2**
extruded **PE** compound - colour: **red**
with improved **impact resistance**



- Max pulling force during laying**
50 N/mm² (applied on the conductors)
- Min bending radius during laying**
14 D_{cable} (dynamic condition)
- Minimum temperature during laying**
- 25 °C (cable temperature)

STANDARDS

- IEC 60840 where applicable (*testing*)
 Nexans Design
 HD 620 where applicable (*materials*)
 HD 620-10-I3 where applicable (*impact test*)

MARKING by ink of the following legend:

"NEXANS B <Year> ARE4H5EE 20,8/36kV 1x <S> SK2 <meter marking>"

<Year> = year of manufacturing

<S> = section of the conductor



Mechanical resistance to impacts: **very good**
(HD 620-10-I3)



Longitudinal waterproof



Radial waterproof



Max operating temp. of conductor: **90 °C**



Max short-circuit temperature : **250 °C**



Minimum installation temperature: **-25 °C**

ARE4H5EE 20,8/36kV 1x... SK2

Type	Conductor diameter nominal	Insulation thickness min.	Insulation diameter nominal	Sheaths thickness nominal	Cable diameter approx	Cable weight indicative	Electrical resistance of conductor		X at 50 Hz	C	Current capacity		Short circuit current	
							at 20 °C - d.c. max	at 90 °C - a.c.			in ground at 20 °C	in free air at 30 °C	conductor Tmax 250°C	screen Tmax 150°C
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	μF/km	A	A	kA x 1,0 s	kA x 0,5 s
1x185	16,0	7,4	32,6	2,0+2,0	45,8	1.740	0,1640	0,211	0,122	0,221	320	432	17,5	2,3
1x240	18,5	7,1	34,5	2,0+2,0	47,8	1.960	0,1250	0,161	0,116	0,252	370	510	22,7	2,3
1x300	20,7	6,8	36,1	2,0+2,0	49,5	2.160	0,1000	0,129	0,111	0,283	417	584	28,3	2,4
1x400	23,5	6,9	39,1	2,0+2,0	52,6	2.510	0,0778	0,101	0,107	0,308	478	681	37,8	2,6
1x500	26,5	7,0	42,6	2,0+2,0	56,3	2.960	0,0605	0,079	0,104	0,337	545	792	47,2	2,9
1x630	30,0	7,1	46,3	2,0+2,0	60,2	3.510	0,0469	0,063	0,100	0,367	620	920	59,5	3,0

Note

Laying condition:

- depth (m):

- soil thermal resistivity (°Cm/W):

- metallic layers connection:

trefoil formation

0,8

1,5

solid bonding (earthed at both ends)

X = phase reactance

C = capacitance

Nexans reserves the right to change the technical data as a result of changes in standards and product improvements

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	92

8.5. CAVI BT

ARE4R 0,6/1 kV



Norma di riferimento IEC 60502-1

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda compatta a fili di alluminio in accordo alla norma IEC 60228, classe 2

Isolante

Mescola di polietilene reticolato

Colori delle anime

● nero

Guaina

In PVC speciale di qualità ST2, colore nero

Marcatura

Stampigliatura ad inchiostro speciale ogni 1 m:
PRYSMIAN (*) ARE4R 0,6/1 KV 1X50 MM2 <anno>

(*) sigla sito produttivo

Conforme ai requisiti essenziali delle direttive BT 2006/95/CE

Applicazioni

Adatti per alimentazione e trasporto di energia nell'industria/artigianato e dell'edilizia residenziale.

Adatti per posa fissa sia all'interno, che all'esterno su passerelle, in tubazioni, canalette o sistemi similari. Possono essere direttamente interrati.

Standard IEC 60502-1

Cable design

Core

Aluminium rigid compact conductor, class 2, IEC 60228

Insulation

Cross-linked polyethylene compound

Core identification

● black

Sheath

Special PVC black outer sheath, ST2 type

Marking

Special ink marking each meter:

PRYSMIAN (*) ARE4R 0,6/1 KV 1X50 MM2 <year>

(*) production site label

Compliant with the requirements of the BT 2006/95/CE directives

Applications

For supply and feeding of power in industry, public applications and residential buildings. Suitable for fixed installation both indoor and outdoor, on cable trays, in pipe, conduits or similar systems.

Can be directly buried.

TEMPERATURA
FUNZIONAMENTO /
OPERATING
TEMPERATURE



TEMPERATURA
CORTOCIRCUITO /
SHORT-CIRCUIT
TEMPERATURE



CEI 20-35
EN 60332



RIGIDO /
RIGID



Condizioni di posa / Laying conditions

TEMPERATURA
MIN. DI POSA 0 °C /
MINIMUM
INSTALLATION
TEMPERATURE 0 °C



TUBO
O CANALINA
IN ARIA /
DUCT OR
CABLE TRAY



CANALE
INTERRATO /
BURIED TROUGH



TUBO
INTERRATO /
BURIED DUCT



ARIA LIBERA /
OPEN AIR



INTERRATO CON
PROTEZIONE /
BURIED
WITH PROTECTION



ARE4R 0,6/1 kV



ARE4R

sezione nominale	diametro conduttore	spessore nominale isolante	diametro esterno nominale	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in c. c.	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di		raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>nominal insulation thickness</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>maximum DC resistance at 20 °C</i>	30 °C in aria	20 °C interrato	<i>minimum bending radius</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)	<i>permissible current rating (A) in open air at 30 °C</i>	<i>buried at 20 °C</i>	(mm)

1 conduttore / Single core

16	4,75	0,7	9,5	110	1,91	78	98	114
25	6,0	0,9	11,0	160	1,20	106	126	132
35	7,0	0,9	12,0	190	0,868	130	151	144
50	8,2	1,0	13,5	240	0,641	158	178	162
70	9,7	1,1	15,0	310	0,443	203	218	180
95	11,4	1,1	17,0	410	0,320	250	261	204
120	12,9	1,2	19,0	500	0,253	294	296	228
150	14,0	1,4	20,5	600	0,206	339	332	246
185	15,8	1,6	22,5	730	0,164	392	374	270
240	18,2	1,7	25,0	930	0,125	470	432	300
300	20,8	1,8	28,0	1150	0,100	544	486	336
400	23,8	2,0	32,0	1470	0,0778	633	549	384
500	26,7	2,2	36,0	1850	0,0605	737	619	432
630	30,5	2,4	40,0	2350	0,0469	853	693	480

Note / Notes:

Le portate dei cavi unipolari sono state calcolate per tre cavi a trifoglio.

Le portate dei cavi interrati sono state calcolate considerando una profondità di posa di 0,8 m.

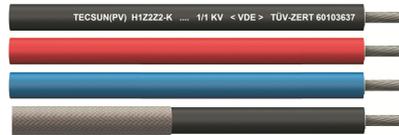
Current carrying capacities for single core cables are calculated assuming three cables laying in trefoil formation.

Current carrying capacities for buried cables are calculated assuming a laying depth of 0,8 m.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.7 – WKNI805PDRrti007R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "FV MINEO" RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	95

8.6. CAVI C.C.

TECSUN(PV) H1Z2Z2-K 1/1kV AC (1,5/1,5kV DC) PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified as per EN 50618



Application

PRYSMIAN Solar cables TECSUN (PV) H1Z2Z2-K acc. to EN 50618, are intended for use in Photovoltaic Power Supply Systems at nominal voltage rate up to 1,5/1,5kV DC. They are suitable for applications indoor and/or outdoor, in industrial and agriculture fields, in/at equipment with protective insulation (Protecting Class II), in explosion hazard areas (PRYSMIAN Internal Testing). They may be installed fixed, freely suspended or free movable, in cable trays, conduits, on and in walls. TECSUN(PV) H1Z2Z2-K cables are suitable for direct burial (PRYSMIAN Internal Testing), where the corresponding guidelines for direct burial shall be considered.

Global data

Brand	TECSUN(PV)
Type designation	H1Z2Z2-K
Standard	DIN EN 50618
Certifications / Approvals	VDE Approval Mark (<VDE>); TÜV-Certificate nr. 60103637

Notes on installation

Notes on installation Thanks to more than 10 years of positive experience with direct burial, not only according to the internal tests performed, but also to the successful installation in PV plants worldwide, the TECSUN(PV) cables are suitable for direct burial in ground (PRYSMIAN Internal Testing). The corresponding installation guidelines shall be taken in consideration.

Design features

Conductor	Electrolytic tinned copper, finely stranded class 5 in accordance with IEC 60228
Insulation	Cross-linked HEPR 120°C
Outer sheath	Cross-linked EVA rubber 120°C. Insulation and sheath are solidly bonded (Two-layer-insulation)
Outer Sheath Colour	Black, blue, red
Protective Braid Screen	TECSUN(PV) (C) with additional braid made of tinned copper wires (surface coverage > 80%), as a protective element against rodents or impact

Electrical parameters

Rated voltage	DC: 1,5/1,5 kV AC: 1,0/1,0 kV
Max. permissible operating voltage AC	1.2/1.2 kV
Max. permissible operating voltage DC	1.8/1.8 kV
Test voltage	AC: 6,5 kV / DC: 15 kV (5 Min.)
Current Carrying Capacity description	According to EN 50618, Table A-3
Electrical Tests	Acc. to EN 50618, Table 2: <ul style="list-style-type: none"> • Conductor Resistance; • Voltage Test on completed cable (AC and DC); • Spark Test on insulation; Insulation Resistance (at 20°C and 90°C in water); • Insulation Long-Term Resistance to DC (10 days, in 85°C water, 1,8 kV DC); • Surface Resistance of Sheath. PRYSMIAN internal test: <ul style="list-style-type: none"> • Dielectric Strength; • Insulation Resistance at 120°C in air.

TECSUN(PV) H1Z2Z2-K 1/1kV AC (1,5/1,5kV DC) PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified as per EN 50618



Chemical parameters

Reaction to fire	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Single Cable Flame Test per EN 60332-1-2; • Low Smoke Emission per EN 61034-2 (Light Transmittance > 70%); • Halogen-free per EN 50525-1, Annex B. <p>PRYSMIAN internal test:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multiple Cable Flame Test per EN 50305-9; • Low Toxicity per EN 50305 (ITC < 3).
Resistance to oil	<p>PRYSMIAN internal test, on sheath:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24h, 100°C (meets VDE 0473-811-404, EN 60811-404).
Weather resistance	<p>Acc. to EN 50618, Annex E and Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • UV Resistance on sheath: tensile strength and elongation at break after 720h (360 Cycles) of exposure to UV lights acc. to EN 50289-4-17, Method A; • Ozone resistance: per Test Type B (DIN EN 50396). <p>PRYSMIAN internal test:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Water Absorption (Gravimetric) per DIN EN 60811-402.
Acid and alkaline resistance	<p>Acc. to EN 50618, Annex B:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 7 days, 23°C (N-Oxalic Acid, N-Sodium Hydroxide) acc. to EN 60811-404.
Ammonia Resistance	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 days in Saturated Ammonia Atmosphere.
Environmentally Friendly	<p>TECSUN(PV) cables comply with the RoHS directive 2011/65/EU of the European Union.</p>

Thermal parameters

Max. operating temperature of the conductor	<p>Max. 90°C at conductor (lifetime acc. to Arrhenius-Diagram TECSUN = 30 years). 20.000 hours of operation at conductor temperature of 120°C (and 90°C ambient temperature) are permitted.</p>
Max. short circuit temperature of the conductor	250 °C (5 s.)
Ambient temperature (for fixed and flexible installation)	<p>Installation and handling: -25°C up to 60°C In operation: -40°C up to +90°C</p>
Resistance to cold	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cold Bending Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-504; • Cold Elongation Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-505; • Cold Impact Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-506 and EN 50618 Annex C.
Damp-Heat Test	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.000h at 90°C and 85% humidity (test acc. to EN 60068-2-78).

Mechanical parameters

Max. tensile load	15 N/mm ² in operation, 50 N/mm ² during installation
Min. bending radius	Acc. to EN 50565-1
Abrasion resistance	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acc. to DIN ISO 4649 against abrasive paper; • Sheath against sheath; • Sheath against metal; • Sheath against plastics.
Shrinkage Test	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maximum Shrinkage <2% (test acc. to EN 60811-503).
Pressure Test at High Temperature	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <50% acc. to EN 60811-508.
Dynamic Penetration Test	<p>Acc. to EN 50618, Annex D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meets requirements of EN 50618.
Shore-Hardness	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Type A: 85 acc. to DIN EN ISO 868
Durability of Print	<p>Acc. to EN 50618:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Test acc. to EN 50396.
Rodent resistance	<p>Safety can be optimized by utilizing protective hoses, or protective element, such as a metallic screen braid.</p>

Number of cores x cross section	Colour	Part number	Conductor diameter max. mm	Outer diameter min. mm	Outer diameter max. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (approx.) kg/km	Permissible tensile force max. N	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	Current carrying capacity for single cable free in air (60°C ambient temp.) A	Current carrying capacity for single cable on a surface (60°C ambient temp.) A	Short Circuit Current (1s. from 90°C to 250°C) kA
1x1,5	black	20154830	1.6	4.4	5	15	35	23	13.7	30	29	0.21
1x2,5	black	20154650	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x2,5	red	20167176	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x2,5	blue	20167177	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x4	black	20149014	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x4	red	20165491	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x4	blue	20165492	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x6	black	20149015	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x6	red	20165493	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x6	blue	20165494	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x10	black	20149016	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x10	red	20165495	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x10	blue	20165496	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x16	black	20154857	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x16	red	20167178	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x16	blue	20167179	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x25	black	20154858	6.4	10.3	11.2	34	290	375	0.795	176	167	3.58
1x35	black	20154859	7.5	11.7	12.5	50	400	525	0.565	218	207	5.01
1x50	black	20154860	9	13.5	14.5	58	560	750	0.393	276	262	7.15
1x70	black	20156711	10.8	15.5	16.5	66	750	1050	0.277	347	330	10.01
1x95	black	20156712	12.6	17.7	18.7	75	970	1425	0.21	416	395	13.59
1x120	black	20156713	14.2	19.2	20.4	82	1220	1800	0.164	488	464	17.16
1x150	black	20156714	15.8	21.4	22.6	91	1500	2250	0.132	566	538	21.45
1x185	black	20153870	17.4	23.7	25.1	101	1840	2775	0.108	644	612	26.46
1x240	black	20157001	20.4	27.1	28.5	114	2400	3600	0.082	775	736	34.32
TECSUN(PV) (C) H1Z2Z2-K												
1x4 (C)	black		2.4	6	6.6	26.4	90		5.09	55	52	0.57
1x6 (C)	black		2.9	6.5	7.1	28.4	110		3.39	70	67	0.86

Standard delivery length is 500mt. Other lengths are available on request.
All cross sections are also available in red and blue colors.