



# REGIONE SICILIA

## COMUNE DI MONREALE

**PROGETTO:**

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato "PV borgo Schirò" di Pn pari a 134,97 MW e sistema di accumulo di capacità pari a 148,608 MWh, da realizzarsi nei comuni di Monreale e Piana degli Albanesi (PA)

### Progetto Definitivo

**PROPONENTE:**

**DREN SOLARE 16 s.r.l.**  
SORESINA (CR)  
VIA PIETRO TRIBOLDI 4 CAP 26015  
PIVA 01771780192



**ELABORATO:**

**Relazione generale elettrica**

**PROGETTISTI:**



Ing. Riccardo Cangelosi

Ing. Gaetano Scurto

Scala:

Tavola:

**IOE**

**Data:**

31-05-2024

**Rev. Data Revisione**

00 31-05-2024

**Descrizione**

emissione



## SOMMARIO

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
1.1. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO .....	4
1.2. DATI DI PROGETTO .....	6
<b>2. NORMATIVA E DEFINIZIONI</b> .....	<b>11</b>
2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	11
2.2. DEFINIZIONI.....	13
<b>3. PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO</b> .....	<b>14</b>
3.1. PREMESSE SULLA PRODUZIONE ELETTRICA DELL'IMPIANTO .....	14
3.2. DATI TOPOGRAFICI E CLIMATICI LOCALI .....	14
3.3. CRITERI GENERALI DI CALCOLO DI PRODUCIBILITA' .....	16
3.4. STIMA DELLA PRODUZIONE .....	17
<b>4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA</b> .....	<b>20</b>
4.1. GENERATORE FOTOVOLTAICO .....	20
4.1.1. <i>Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino</i> .....	20
4.1.2. <i>String Box</i> .....	20
4.1.3. <i>Power Station</i> .....	22
4.1.4. <i>Inverter fotovoltaici</i> .....	25
4.1.5. <i>Cavidotti MT</i> .....	28
4.2. SISTEMA DI ACCUMULO ENERGY STORAGE .....	28
4.3. IMPIANTI PER LA CONNESSIONE .....	29
4.4. IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE .....	29
4.5. IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE .....	29
<b>5. CAVIDOTTI</b> .....	<b>30</b>
5.1. CAVIDOTTI BT .....	30
5.1.1. <i>Tipologie di cavo BT</i> .....	30
5.1.2. <i>Calcolo delle linee elettriche in cavo</i> .....	31
5.1.3. <i>Circuiti elettrici</i> .....	36
5.1.4. <i>Cadute di tensione</i> .....	36
5.1.5. <i>Prescrizioni generali</i> .....	36
5.1.6. <i>Quadri elettrici</i> .....	36
5.2. CAVIDOTTI MT .....	37
5.2.1. <i>Premesse</i> .....	37
5.2.2. <i>Tipologia cavi MT interrati</i> .....	37
5.2.3. <i>Tipologie di posa cavidotti interrati</i> .....	40
5.2.4. <i>Tipologia cavi MT aerei</i> .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
5.2.5. <i>Tipologie di posa cavidotti aerei</i> .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
5.2.6. <i>Condizioni progettuali di posa</i> .....	41
5.2.7. <i>Calcoli elettrici cavidotti</i> .....	42
<b>6. SICUREZZA DELL'IMPIANTO</b> .....	<b>49</b>
6.1. PROTEZIONE DA CORTI CIRCUITI SUL LATO C.C. DELL'IMPIANTO .....	49
6.2. PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C. ....	49



---

6.3.	PROTEZIONE DALLE FULMINAZIONI .....	49
6.4.	SICUREZZE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO .....	50
6.5.	PREVENZIONE DAL FUNZIONAMENTO IN ISOLA.....	50
6.6.	IMPIANTO DI MESSA A TERRA .....	50
<b>7.</b>	<b>ALLEGATI – SCHEDE TECNICHE COMPONENTI PRINCIPALI .....</b>	<b>51</b>



---

## 1. PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di illustrare le caratteristiche dell'impianto nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare denominato "PV borgo Schirò" nel territorio del comune di Monreale (PA) (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto").

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto agrovoltaiico, con sistema di accumulo di potenza 41,28 MW e capacità di accumulo pari a 148,608 MWh, con una potenza di picco del generatore di 147,43 MWp e potenza nominale di 134,97 MW. Si prevede l'installazione di n° 4.580 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti), di quattro tipologie: rispettivamente da 56, 42, 28 e 14 moduli fotovoltaici. L'impianto, di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica nazionale), è costituito da 4 lotti.

L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio di tipo RETROFIT ad inseguimento monoassiale e l'energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverter) distribuiti all'interno dell'area di impianto. Gli inverter saranno installati all'interno di Power Station che avranno la funzione di convertire, da continua ad alternata, l'energia proveniente dal campo fotovoltaico e trasformarla da bt a AT a 36 kV. Dagli inverter l'energia prodotta, tramite cavidotti interrati AT a 36 kV, verrà trasportata ad un sistema di accumulo da 41,28 MW e capacità di accumulo pari a 148,608 MWh, per l'accumulo di parte dell'energia elettrica prodotta dal parco agrovoltaiico, e successivamente trasportata alla stazione di trasformazione 36/220 kV (SET). In questa stazione verranno collocati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta.

La consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto avverrà conformemente alle due Soluzioni Tecniche Minime Generali trasmesse da Terna S.p.a. al proponente cod. prat. 202102712 e cod. prat. 202102360. Entrambe le Soluzioni Tecniche Minime Generali elaborate da Terna, prevedono che il Progetto venga collegato antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) in doppia sbarra a 220/36 kV della RTN, da collegare in entra - esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna".

Il collegamento tra la stazione di consegna e lo stallo nella nuova stazione elettrica sarà realizzato con cavidotto interrato in AT a 36 kV.

L'iniziativa s'inquadra nel piano di sviluppo di impianti per la produzione d'energia da fonte rinnovabile che la società "DREN SOLARE 16 s.r.l." intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze d'energia pulita e sviluppo sostenibile sancite sin dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e ribadite nella "Strategia Energetica Nazionale 2017".



---

## 1.1. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Il sito del costruendo impianto è ubicato all'interno del comune di Monreale (PA), nella parte occidentale della Sicilia, a sud del territorio provinciale di Palermo.

L'area in oggetto ricade all'interno della seguente Cartografia Tecnica Regionale:

CTR n. 607070 – COZZO PERCIANOTTA

CTR n. 607080 – LA MONTAGNOLA

CTR n. 607110 – MONTE GALIELLO

CTR n. 607120 – ROCCHIE DI RAO

Dal punto di vista meteorologico, il sito ricade in un'area a clima tipicamente meso-mediterraneo con inverni miti e poco piovosi ed estati calde ed asciutte. Le temperature minime invernali raramente scendono al di sotto di 10°C mentre le temperature estive massime oscillano tra i 28 °C e i 35 °C. I venti sono a regime di brezza senza una significativa direzione prevalente.

La zona è caratterizzata da un valore medio di 199 kWh/m<sup>2</sup>mese (fonte JRC - Photovoltaic Geographical Information System), valore che rende il sito particolarmente adatto ad applicazioni di tipo fotovoltaico. L'irraggiamento è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno (kWh/m<sup>2</sup>giorno), questo è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo: come è noto cresce quanto più ci si avvicina all'equatore.

Il territorio interessato è collinare.

Di seguito si riportano due immagini per una immediata localizzazione del sito interessato dall'impianto, mentre per un più dettagliato inquadramento geografico dell'area in questione si rimanda alle tavole in allegato.



Figura 3.1 Inquadramento geografico sito d'interesse



Figura 3.2 Inquadramento impianto in progetto

## 1.2. DATI DI PROGETTO

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico si trova nel comune di Monreale in provincia di Palermo, presso le c/de Torre dei fiori e Patria con quote variabili tra 380 e i 440 metri sul livello del mare. L'impianto agro-voltaico in oggetto sarà composto da un totale di 237.790 moduli fotovoltaici, suddivisi in 20 sottocampi, in silicio monocristallino con tecnologia bifacciale di potenza nominale di 620 W ciascuno, con sistema di accumulo da 41,28 MW e capacità di accumulo pari a 148,608 MWh, con una potenza di picco del generatore di 147,43 MWp e una potenza nominale di 134,97 MW.

L'inseguitore solare sarà del tipo ad un asse (monoassiale) destinato a operare in parallelo alla rete elettrica di distribuzione. L'impianto è di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete



---

elettrica nazionale). L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato a terra con struttura in acciaio.

Di seguito verranno espone le caratteristiche del progetto in esame.

Richiedente: DECAL SOLARE 16, Via Pietro Triboldi 4, Soresina (CR), CAP 26015

Progetto: realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato "PV borgo Schirò" di Pn pari a 134,97 MW e sistema di accumulo di capacità pari a 148,608 MWh

Comune: Monreale

Provincia: Palermo

Località: c/de Torre dei fiori e Patria

Area ricadenti nei fogli di mappa catastali:

Impianto agro-voltaico "PV borgo Schirò"

FOGLIO 148 Monreale (PA)

PARTICELLA 148, 95, 131, 94, 134, 35, 24, 31, 122, 58, 59, 117, 175, 201, 1, 121, 27, 30, 204, 38, 135, 32, 136, 5, 39, 96, 130

FOGLIO 151 Monreale (PA)

PARTICELLE 74

FOGLIO 168 Monreale (PA)

PARTICELLE 284, 291, 292, 300

FOGLIO 169 Monreale (PA)

PARTICELLE 236, 88, 121, 122

Stazione utente di consegna da realizzare in c.da Aquila - Monreale (PA)

FOGLIO 128 Monreale (PA)

PARTICELLA 342

Stazione elettrica e sezione a 36 kV da realizzare in c.da Aquila - Monreale (PA)

FOGLIO 128 Monreale (PA)

PARTICELLE 342

Collegamento in entra - esce sulla linea 220 kV della RTN "Partinico-Ciminna"

FOGLIO 128 Monreale (PA)

PARTICELLE 342, 333, 334, 512, 262, 10

FOGLIO 129 Monreale (PA)

PARTICELLE 7, 149, 148, 46, 67, 81, 82, 80, 91, 90, 89

FOGLIO 22 Piana degli Albanesi (PA)

PARTICELLE 33, 183, 185, 132, 131, 86

FOGLIO 23 Piana degli Albanesi (PA)

PARTICELLE 69, 67, 66, 213, 211, 209, 208, 96, 162, 68



L'area dell'impianto è composta da quattro lotti suddivisi in venti sottocampi individuati nelle planimetrie allegate.

Si è provveduto alla configurazione delle stringhe in modo da rispettare i requisiti di dimensionamento fissati dal produttore e nello stesso tempo ottimizzare le stringhe stesse. Le stringhe saranno tutte composte da 28 pannelli in serie. Nella tabella seguente sono riportate la suddivisione dei pannelli per ogni power station e sottocampo.

Produzione stimata									
Lotto	Sottocampo	Tracker 56 pannelli	Tracker 42 pannelli	Tracker 28 pannelli	Tracker 14 pannelli	n. pannelli	potenza pannello	potenza sottocampo	potenza power station
A	A2	277	6	3	2	15.876	620	9.843,12	9.008
	A3	259	16	16	15	15.834	620	9.817,08	9.008
	A4	112	9	12	10	7.126	620	4.418,12	4.095
A	A1	256	9	32	22	15.918	620	9.869,16	9.008
B	B1	115	2	10	5	6.874	620	4.261,88	4.095
	B2	127	0	0	0	7.112	620	4.409,44	4.095
	B3	251	27	22	23	16.128	620	9.999,36	9.008
	B4	284	7	2	4	16.310	620	10.112,20	9.008
	B5	268	7	6	8	15.582	620	9.660,84	9.008
	B6	275	6	6	12	15.988	620	9.912,56	9.008
	B7	120	5	10	8	7.322	620	4.539,64	4.095
	B8	280	0	3	1	15.778	620	9.782,36	9.008
	B9	112	9	16	14	7.294	620	4.522,28	4.095
	B10	121	8	4	1	7.238	620	4.487,56	4.095
	B11	262	16	17	16	16.044	620	9.947,28	9.008
C	C1	73	10	20	13	5.250	620	3.255,00	3.125
	C2	93	11	32	30	6.986	620	4.331,32	4.095
D	D1	242	44	21	13	16.170	620	10.025,40	9.008
	D2	273	6	11	18	16.100	620	9.982,00	9.008
	D3	118	6	0	0	6.860	620	4.253,20	4.095
		<b>3.918</b>	<b>204</b>	<b>243</b>	<b>215</b>	<b>237.790</b>		<b>147.429,80</b>	<b>134.973</b>

Tabella 1.1 Suddivisione pannelli per sottocampo

Nella tabella seguente si riportano i dati principali dell'impianto.



DATI DI PROGETTO			
Strutture di sostegno n.56 moduli fv		Power station 9.008 kVA	
Tipologia strutture	Inseguimento monoassiale	Tipologia power station	centralizzato
numero strutture isolate	3.918	numero in progetto	11
Inclinazione falda	da -55° a +55°	Taglie di potenza	2x4.500 KVA
Interasse	5,00 m	Installazione	in container prefabbricato
Strutture di sostegno n.42 moduli fv		Power station 4.100 kVA	
Tipologia strutture	Inseguimento monoassiale	Tipologia power station	centralizzato
numero strutture isolate	204	numero in progetto	8
Inclinazione falda	da -55° a +55°	Taglie di potenza	4.095 KVA
Interasse	5,00 m	Installazione	in container prefabbricato
Strutture di sostegno n.28 moduli fv		Power station 3.125 kVA	
Tipologia strutture	Inseguimento monoassiale	Tipologia power station	centralizzato
numero strutture isolate	243	numero in progetto	1
Inclinazione falda	da -55° a +55°	Taglie di potenza	3.125 KVA
Interasse	5,00 m	Installazione	in container prefabbricato
Strutture di sostegno n.14 moduli fv		Modulo fotovoltaico	
Tipologia strutture	Inseguimento monoassiale	Tipologia pannello	bifacciale
numero strutture isolate	215	Numero in progetto	237.790
Inclinazione falda	da -55° a +55°	Potenza di picco pannello	620 W
Interasse	5,00 m	Tolleranza potenza	0 - 3%
Inverter 4.500		Efficienza modulo	23%
Tipologia	centralizzati	Dati impianto	
Numero in progetto	11	Potenza di picco generatore FV	147,429 MWp
Potenza max AC	4.504 KW	Potenza nominale impianto AC	134, 973 MW
Tensione max DC	1.500 V		
Tensione in AC nominale	690 V		
Inverter 4.100			
Tipologia	centralizzati		
Numero in progetto	8		
Potenza max AC	4.095 KW		
Tensione max DC	1.500 V		
Tensione in AC nominale	600 V		
Inverter 3.125			
Tipologia	centralizzati		
Numero in progetto	1		
Potenza max AC	3.125 KW		
Tensione max DC	1.500 V		
Tensione in AC nominale	600 V		

Tabella 1.2 Dati principali dell'impianto

Il tracciato del cavidotto in AT a 36 KV segue, fin dove possibile, la viabilità a servizio del parco agro-voltaico. Tra le soluzioni possibili è stato individuato il tracciato più funzionale, che tiene conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale



---

vigente in materia. L'energia prodotta verrà convogliata in parte per mezzo di un cavidotto interrato fino al sistema di accumulo, e con un cavidotto interrato a 36 kV alla cabina di trasformazione posta all'interno della Stazione Utente, per una lunghezza di circa 8,706 km., suddiviso in 5 linee che collegheranno in serie le cabine seguendo lo schema riportato nell'elaborato "07 - Schemi elettrici impianto fv".



---

## 2. **NORMATIVA E DEFINIZIONI**

### 2.1. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

DECRETO 22 Gennaio 2008, n.37, regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;

D.M 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137

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 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 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

---



---

CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;

CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;

CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);

CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili -Parte 1: Definizioni;

CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per b.t.;

CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;

CEI 81-10: Protezione delle strutture contro i fulmini e valutazione del rischio dovuto a fulmine;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione;

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

UNI 10349: Riscaldamento e rinfrescamento degli edifici. Dati climatici;

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems;

CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;



---

CEI 20-11 Caratteristiche tecniche e specifiche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per cavi energia e segnalamento;

CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso ingomma per tensioni nominali tra 1-30KV

CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi;

CEI 20-43 Ottimizzazione economica delle sezioni di condutture dei cavi elettrici per l'energia

## 2.2. DEFINIZIONI

- a) Impianto o sistema fotovoltaico è un impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della radiazione solare, tramite l'effetto fotovoltaico; esso è composto principalmente da un insieme di moduli fotovoltaici, uno o più convertitori della corrente continua in corrente alternata e altri componenti minori;
- b) potenza nominale di un impianto di produzione di energia è la potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate in kVA. Nel caso di generatori fotovoltaici, la potenza attiva massima erogabile è limitata dalla potenza nominale dell'inverter, qualora questa sia minore della somma delle potenze STC dei moduli FV;
- c) energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico è l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile e/o immessa nella rete elettrica;
- d) condizioni nominali sono le condizioni di temperatura e di irraggiamento solare, nelle quali sono rilevate le prestazioni dei moduli fotovoltaici, come definite nelle norme CEI EN 60904-1 di cui all'allegato 1;
- e) punto di connessione è il punto della rete elettrica, di competenza del gestore di rete, nel quale l'impianto fotovoltaico viene collegato alla rete elettrica.



---

### **3. PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO**

#### **3.1. PREMESSE SULLA PRODUZIONE ELETTRICA DELL'IMPIANTO**

L'energia massima producibile teoricamente in un anno dall'impianto è data dal prodotto della radiazione media annua incidente sul piano dei moduli per la potenza nominale dell'impianto.

L'analisi di producibilità è stata realizzata per i singoli lotti costituendo essi delle unità produttive caratterizzate da una configurazione interna specifica. La stima di produzione di energia elettrica in un anno è pari a 252,40 GWh.

Le analisi sono state effettuate a mezzo del System Advisor Model (SAM) del National Renewable Energy Laboratory - national laboratory of the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC.

La somma delle potenze nominali degli inverter installati è 134,973 MW e il fattore DC/AC medio di impianto è pari a 1,092.

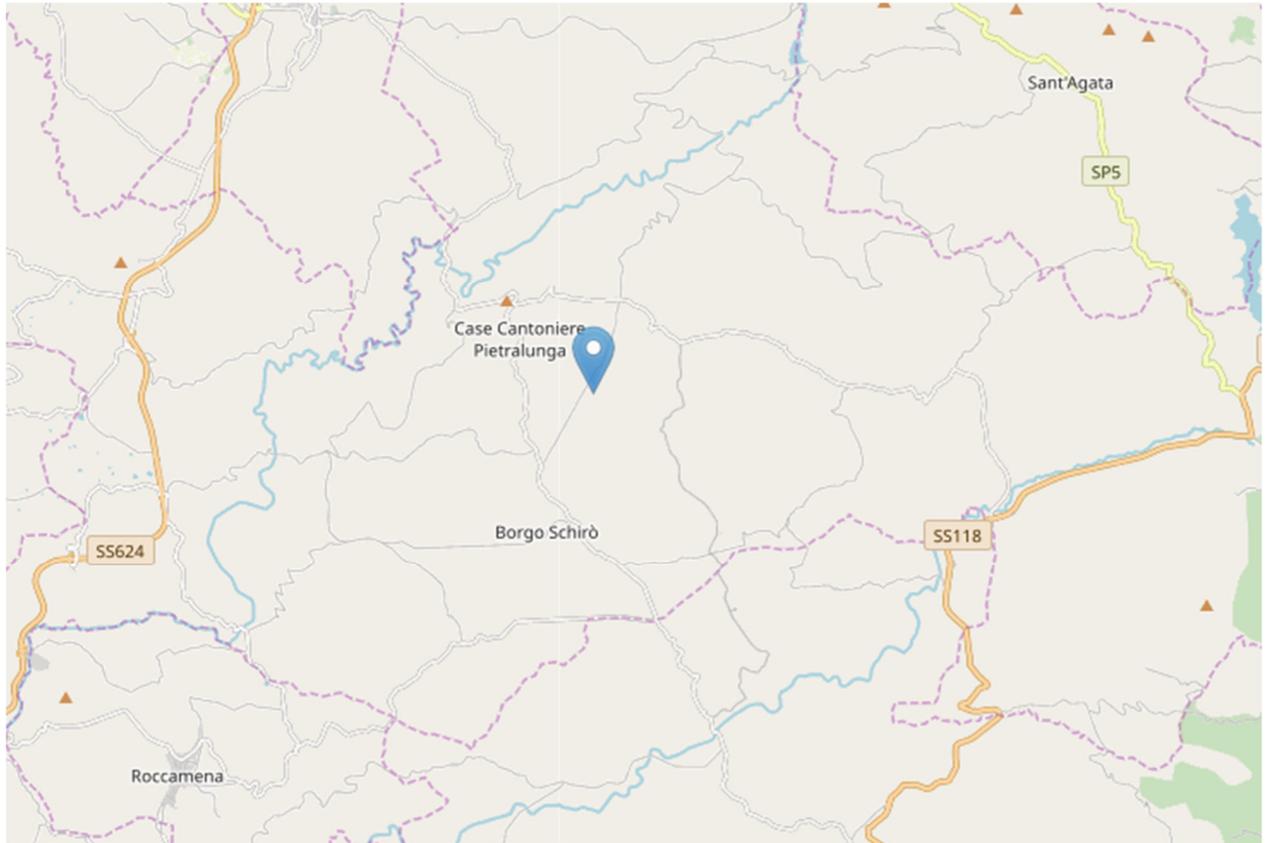
Già a livello preliminare, i componenti dell'impianto sono stati selezionati per minimizzare le perdite nel processo di conversione; in sede di progetto esecutivo verranno presi ulteriori accorgimenti volti ad ottimizzare le prestazioni del sistema, in termini di energia prodotta.

In particolare verranno adottati criteri di selezione dei moduli per garantire la migliore uniformità delle loro prestazioni elettriche e quindi ottimizzare il rendimento delle stringhe; verranno inoltre utilizzati componenti selezionati e cavi di sezioni adeguate per ridurre le perdite sul lato in corrente continua. In generale verranno esaminate con i fornitori dei componenti tutte le caratteristiche dei componenti stessi che hanno impatto con il rendimento del sistema, verranno individuati tutti gli accorgimenti volti a migliorarlo e verranno adottate le misure conseguenti.

#### **3.2. DATI TOPOGRAFICI E CLIMATICI LOCALI**

L'impianto sarà realizzato nel territorio del comune di Monreale (PA).

Nella figura seguente si riporta la posizione del punto di calcolo della producibilità utilizzata.



*Figura 3.2.1 Inquadramento impianto*

Le coordinate del sito sono:

LAT 37.898 Nord;

LON 13.238 Est

Quota sul livello del mare: 350 m s.l.m.

Il calcolo della produzione è stato effettuato sulla base del database solare PVGIS-SARAH che permette, in base ai dati locali medi di irraggiamento solare, ed in base alle caratteristiche dell'impianto, di ricavare la produzione attesa mensile ed annuale dell'impianto.

Si riporta di seguito una figura che rappresenta l'irraggiamento medio in KWh/mq relativa all'intera nazione. Da qui si rende evidente come le zone scelte per l'installazione dell'impianto sono quelle che offrono le condizioni ottimali di producibilità rispetto a tutto il territorio nazionale.

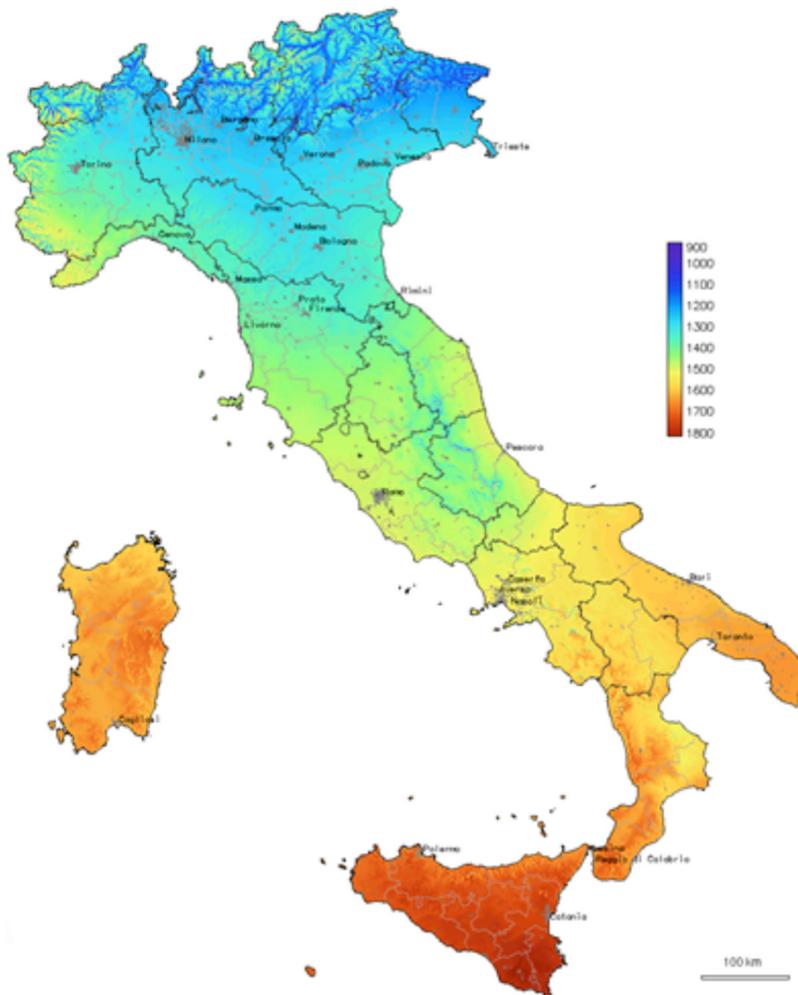


Fig. 3.2.2 Irraggiamento medio annuo in Italia

### 3.3. CRITERI GENERALI DI CALCOLO DI PRODUCIBILITA'

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nel presente progetto si è scelto un sistema ad inseguimento monoassiale con tilt massimo di  $+55^\circ$  dei pannelli con orientamento delle file nord-sud.

L'energia generata da un impianto fotovoltaico dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;



- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.
- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

I valori delle perdite per la presente stima sono stati valutati in base ai dati relativi ad impianti della stessa tipologia.

### **3.4. STIMA DELLA PRODUZIONE**

Sulla base dei dati locali e delle caratteristiche impiantistiche, mediante i calcoli effettuati si è ottenuto l'irraggiamento medio mensile per il sito in progetto e successivamente stimando le perdite come indicato precedentemente si è calcolato la produzione dell'impianto fotovoltaico in progetto.

Il calcolo è stato condotto per una potenza di picco di 1 KW. Dalla configurazione effettuata sugli inverter è stata estrapolata la tipologia rappresentative di tutti i sottocampi che differiscono l'una dall'altra in base al numero dei pannelli e delle stringhe allacciate alla power station.

La tabella seguente mostra i risultati dei calcoli effettuati, riportando le produzioni mensili di energia per l'unità di calcolo (potenza di picco di 1 KW).



Mese	Asse verticale		
	E_m	H(i)_m	SD_m
Gennaio	112.2	131.9	19.2
Febbraio	119.8	141.9	24.9
Marzo	157.2	191.8	23.7
Aprile	180.7	226.5	18.3
Maggio	208.7	267.9	18.3
Giugno	217.5	289.4	11.0
Luglio	240.1	324.8	7.2
Agosto	223.9	300.4	18.0
Settembre	173.4	223.4	11.3
Ottobre	151.9	189.9	12.2
Novembre	125.8	151.8	14.0
Dicembre	112.3	132.1	14.5

E\_m: Media mensile del rendimento energetico dal sistema definito [kWh].

H\_m: Media mensile di irraggiamento al metro quadro sui moduli del sistem scelto [kWh/m<sup>2</sup>].

SD\_m: Variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh].

**Tabella 3.4.1 Produzioni mensili riferite a potenza di picco di 1KW**

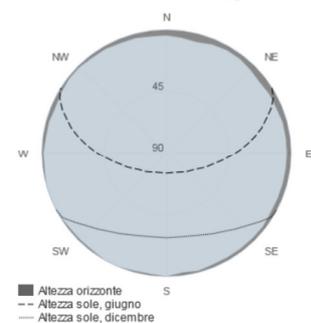
*I valori di produzione attesa per l'unità di calcolo è di 2.023 KWh all'anno.*

*La figura seguente mostra i valori calcolati.*

Valori inseriti:	Output del calcolo	VA*
Latitudine/Longitudine: 45.898, 13.238	Angolo inclinazione [°]:	53 (opt)
Orizzonte: Calcolato	Produzione annuale FV [kWh]:	2023.42
Database solare: PVGIS-SARAH2	Irraggiamento annuale [kWh/m <sup>2</sup> ):	2571.81
Tecnologia FV: Silicio cristallino	Variazione interannuale [kWh]:	77.3
FV installato: 1 kWp	Variazione di produzione a causa di:	
Perdite di sistema: 14 %	Angolo d'incidenza [%]:	-1.48
	Effetti spettrali [%]:	0.81
	Perdite temp. ed irr. bassa [%]:	-7.89
	Perdite totali [%]:	-21.32

\* VA: Asse verticale

**Grafico dell'orizzonte al luogo scelto:**



**Tabella 3.4.2 Valori calcolati riferiti a potenza di picco di 1KW**

A partire da questi dati si è calcolato il valore della produzione stimata per ogni sottocampo dell'impianto.

Nella tabella seguente si riporta la stima effettuata.



Produzione stimata												
Lotto	Sottocampo	Nome power station	Tracker 56 pannelli	Tracker 42 pannelli	Tracker 28 pannelli	Tracker 14 pannelli	n. moduli FV	potenza pannelli o W	potenza di Picco sottocampo MWp	potenza power station	potenza nominale impianto	Produzione stimata annuale MWh
A	A2	PS_A2	277	6	3	2	15.876	620	9.843,12	9.008	9.008,00	16.844,96
	A3	PS_A3	259	16	16	15	15.834	620	9.817,08	9.008	9.008,00	16.844,96
	A4	PS_A4	112	9	12	10	7.126	620	4.418,12	4.095	4.095,00	7.657,65
A	A1	PS_A1	256	9	32	22	15.918	620	9.869,16	9.008	9.008,00	16.844,96
B	B1	PS_B1	115	2	10	5	6.874	620	4.261,88	4.095	4.095,00	7.657,65
	B2	PS_B2	127	0	0	0	7.112	620	4.409,44	4.095	4.095,00	7.657,65
	B3	PS_B3	251	27	22	23	16.128	620	9.999,36	9.008	9.008,00	16.844,96
	B4	PS_B4	284	7	2	4	16.310	620	10.112,20	9.008	9.008,00	16.844,96
	B5	PS_B5	268	7	6	8	15.582	620	9.660,84	9.008	9.008,00	16.844,96
	B6	PS_B6	275	6	6	12	15.988	620	9.912,56	9.008	9.008,00	16.844,96
	B7	PS_B7	120	5	10	8	7.322	620	4.539,64	4.095	4.095,00	7.657,65
	B8	PS_B8	280	0	3	1	15.778	620	9.782,36	9.008	9.008,00	16.844,96
	B9	PS_B9	112	9	16	14	7.294	620	4.522,28	4.095	4.095,00	7.657,65
	B10	PS_B10	121	8	4	1	7.238	620	4.487,56	4.095	4.095,00	7.657,65
	B11	PS_B11	262	16	17	16	16.044	620	9.947,28	9.008	9.008,00	16.844,96
C	C1	PS_C1	73	10	20	13	5.250	620	3.255,00	3.125	3.125,00	5.843,75
	C2	PS_C2	93	11	32	30	6.986	620	4.331,32	4.095	4.095,00	7.657,65
D	D1	PS_D1	242	44	21	13	16.170	620	10.025,40	9.008	9.008,00	16.844,96
	D2	PS_D2	273	6	11	18	16.100	620	9.982,00	9.008	9.008,00	16.844,96
	D3	PS_D3	118	6	0	0	6.860	620	4.253,20	4.095	4.095,00	7.657,65
			<b>3.918</b>	<b>204</b>	<b>243</b>	<b>215</b>	<b>237.790</b>		<b>147.429,80</b>	<b>134.973</b>	<b>134.973,00</b>	<b>252.399,51</b>

Tabella 3.4.3 Produzione stimata suddivisa per sottocampo

Il totale stimato di energia prodotta e immessa in rete per l'intero impianto è pari a 252,40 GWh all'anno.



---

## 4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

### 4.1. GENERATORE FOTOVOLTAICO

#### 4.1.1. Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino

Il modulo fotovoltaico trasforma la radiazione solare incidente sulla sua superficie in corrente continua che sarà poi convertita in corrente alternata dal gruppo di conversione. Esso risulta costituito dai seguenti componenti principali:

- Celle di silicio cristallino;
- diodi di by-pass e diodi di blocco;
- vetri antiriflesso contenitori delle celle
- cornice di supporto in alluminio anodizzato;
- cavi di collegamento con connettori.

I moduli fotovoltaici garantiranno una idonea resistenza al vento, alla neve, agli sbalzi di temperatura, in modo da assicurare un tempo di vita di almeno 30 anni. Ogni modulo sarà inoltre dotato di scatola di giunzione stagna, con grado di protezione IP 65, contenente i diodi di by-pass ed i morsetti di connessione. I moduli fotovoltaici avranno una garanzia sul decadimento delle prestazioni che sarà non superiore al 10% nell'arco di almeno 20 anni.

Per il progetto si prevede di utilizzare dei moduli monocristallini bifacciali da 620 Wp, Tipo Hi-MO7 LR7-72HGD.

La tecnologia bifacciale permette di aumentare la produzione attesa dal pannello utilizzando la radiazione che incide sulla parte posteriore del pannello.

Le caratteristiche del pannello sono le seguenti:

- MAX POWER  $P_m(W)$  : 620W
- MAX-POWER VOLTAGE  $V_m(W)$  : 472,0 W
- MAX-POWER CURRENT  $I_m(A)$  : 11,15 A
- MAX SYSTEM VOLTAGE (VDC) : 1500 V

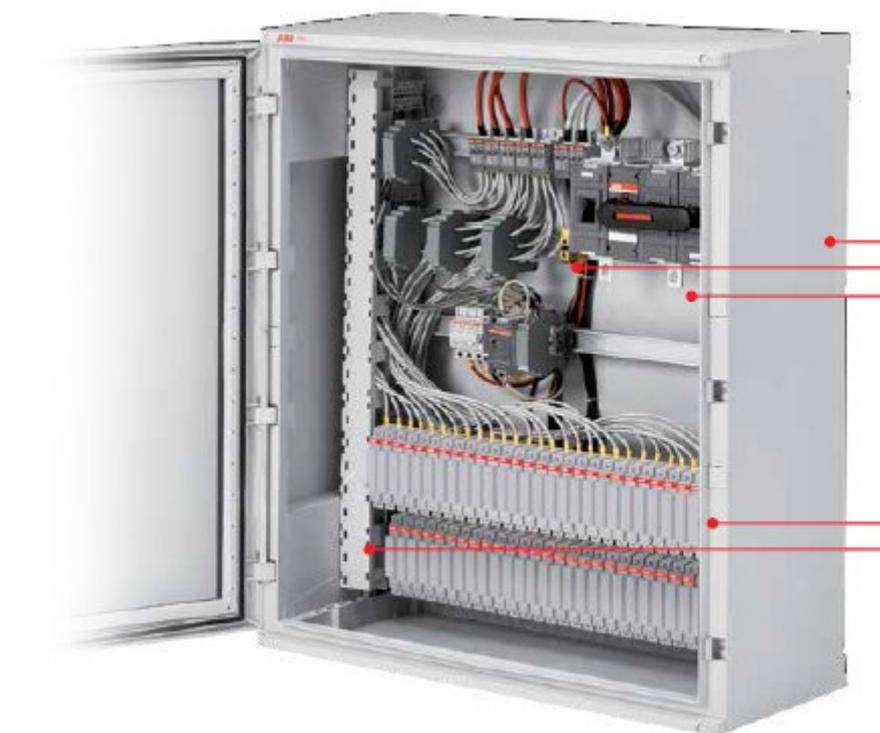


- MODULES DIMENSIONS : 1134x2382x30 mm
- WEIGHT : 33,5kg

#### 4.1.2.String Box

In un impianto fotovoltaico i moduli sono disposti in stringhe e campi a seconda del tipo di inverter utilizzato, della potenza totale e della tecnica caratteristiche dei moduli. La connessione dei moduli in serie è realizzata sui moduli stessi mediante le scatole di giunzione e i cavi solari. Al fine di poter effettuare le necessarie manutenzioni sulle stringhe e proteggere il sistema da eventuali sovratensioni e sovracorrenti vengono installate le string box che ospitano, insieme ai sistemi di interconnessione, anche i dispositivi di protezione da sovracorrente, sezionatori e dispositivi di protezione da sovratensioni.

Le stringhe previste sono di 14 o 28 moduli in serie permettendo in questo modo di diminuirne il numero e diminuire i cavi in DC utilizzati.



*Figura4.1.1 String box tipo*

Il progetto prevede l'installazione delle string box aventi almeno le seguenti caratteristiche:



Tensione massima (VDC): 1500 V

Numero di stringhe parallele: fino a 28

Protezioni SPD: Tipo 2

Fusibili: 20 A

Sezionatori: presenti

Grado protezione quadro: IP 66

Corrente massima output: 320 A

Impianto agro-voltaico "borgo Schirò"														
Lotto	Sottocampo	Nome power station	Tracker 56 pannelli	Tracker 42 pannelli	Tracker 28 pannelli	Tracker 14 pannelli	n. moduli FV	potenza pannello W	potenza di Picco MWp	n. pannelli per stringa	n. stringhe da 28 pannelli	n. pannelli per stringa	n. stringhe da 14 pannelli	N. totale stringhe
A	A2	PS_A2	277	6	3	2	15.876	620	9,84	28	567	14	0	567
	A3	PS_A3	259	16	16	15	15.834	620	9,82	28	565	14	1	566
	A4	PS_A4	112	9	12	10	7.126	620	4,42	28	254	14	1	255
A	A1	PS_A1	256	9	32	22	15.918	620	9,87	28	568	14	1	569
B	B1	PS_B1	115	2	10	5	6.874	620	4,26	28	245	14	1	246
	B2	PS_B2	127	0	0	0	7.112	620	4,41	28	254	14	0	254
	B3	PS_B3	251	27	22	23	16.128	620	10,00	28	576	14	0	576
	B4	PS_B4	284	7	2	4	16.310	620	10,11	28	582	14	1	583
	B5	PS_B5	268	7	6	8	15.582	620	9,66	28	556	14	1	557
	B6	PS_B6	275	6	6	12	15.988	620	9,91	28	571	14	0	571
	B7	PS_B7	120	5	10	8	7.322	620	4,54	28	261	14	1	262
	B8	PS_B8	280	0	3	1	15.778	620	9,78	28	563	14	1	564
	B9	PS_B9	112	9	16	14	7.294	620	4,52	28	260	14	1	261
	B10	PS_B10	121	8	4	1	7.238	620	4,49	28	258	14	1	259
	B11	PS_B11	262	16	17	16	16.044	620	9,95	28	573	14	0	573
C	C1	PS_C1	73	10	20	13	5.250	620	3,26	28	187	14	1	188
	C2	PS_C2	93	11	32	30	6.986	620	4,33	28	249	14	1	250
D	D1	PS_D1	242	44	21	13	16.170	620	10,03	28	577	14	1	578
	D2	PS_D2	273	6	11	18	16.100	620	9,98	28	575	14	0	575
	D3	PS_D3	118	6	0	0	6.860	620	4,25	28	245	14	0	245
			3.918	204	243	215	237.790		147,430		8.486		13	8.499

Tabella 4.1.2 Suddivisione stringhe su string box

#### 4.1.3. Power Station

All'interno dell'impianto sono previste 20 power station, con la funzione di raccogliere le linee elettriche provenienti dalle string box convertire l'energia da corrente continua a corrente alternata tramite gli



inverter, innalzare la tensione da bT a AT 36 KV e convogliare l'energia su cinque linee. La cabina conterrà il quadro di gestione delle linee bT, gli inverter, il trasformatore bT/AT e il quadro AT per la gestione delle linee di trasmissione dell'energia alla stazione elettrica di consegna.

Per l'impianto in oggetto si è previsto di impiegare delle soluzioni preassemblate per l'alloggio dei trasformatori bT/AT e delle apparecchiature di campo. In particolare si è scelto: la power station che utilizzano inverter tipo Proteus 1xPV4100 con potenza nominale di 4095 KVA; la power station con inverter tipo Proteus 2xPV4500 con potenza nominale di 9008 KVA e la power station con inverter tipo SUNGROW SG3125HV – 20 con potenza nominale di 3125 KVA. Ogni power station può avere a bordo uno o due inverter dimensionati per la potenza massima di picco di pannelli del Sottocampo.

Questa cabina preassemblata contiene tutte le apparecchiature necessarie per la gestione delle linee in corrente continua, degli inverter, la trasformazione da 600/660 V a 36.000 V della tensione e la gestione delle linee AT. La potenza nominale di ogni trasformatore installato sarà 4.2500, 9.250, 3.437 KVA a seconda della porzione dell'impianto servito.

La Power Station Proteus avrà le seguenti caratteristiche:

Tensione lato BT: 600/660 V

Tensione lato AT: 36 KV

Tipologia Trasformatore: ONAN

Potenza trasformatore: 4.250/9.250 KVA

Materiale spire: alluminio;

tensione nominale interruttori AT: 40,5 KV

corrente nominale interruttori AT: 630 A

Standard costruttivi: IEC 60076, IEC 61439-1, IEC 62271-200, IEC 62271-202



*Figura 4.1.3 – Vista Power station*



---

La Power Station SUNGROW SG3125HV avrà le seguenti caratteristiche:

Tensione lato BT: 600V

Tensione lato AT: 36 KV

Tipologia Trasformatore: ONAN

Potenza trasformatore: 3.437 KVA

Materiale spire: alluminio;

tensione nominale interruttori AT: 40,5 KV

corrente nominale interruttori AT: 630 A

Standard costruttivi: IEC 60076, IEC 61439-1, IEC 62271-200, IEC 62271-202



*Figura 4.1.4 – Vista Power station*



---

#### 4.1.4. Inverter fotovoltaici

L'energia prodotta dai pannelli in corrente continua sarà convertita dagli inverter in corrente alternata.

Il gruppo di conversione o inverter sarà idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. L'autoconsumo degli inverter sarà minimo, massimizzando pertanto il rendimento di conversione e sarà assorbito dalla rete elettrica nel caso in cui il generatore solare non sia in grado di fornire sufficiente energia elettrica. L'inverter non solo regolerà la potenza in uscita del sistema fotovoltaico ma servirà anche come controllo del sistema e come mezzo di ingresso dell'energia elettrica prodotta dal sistema FV dentro la rete in bassa tensione della centrale.

Si è optato per un sistema a 1500V in corrente continua che massimizzando il numero di pannelli collegabili nella medesima stringa riduce i collegamenti elettrici da realizzare.

L'inverter scelti sono del tipo Proteus PV4100 con potenza nominale di 4095 KVA; tipo Proteus PV4500 con potenza nominale di 4504 KVA e tipo SG3125HV-20 con potenza nominale di 3125 KVA.

Il progetto prevede l'installazione degli inverter in base alla caratteristica del sottocampo, installati su ogni Power Station, distribuiti all'interno dei sottocampi fotovoltaici per poter minimizzare le lunghezze dei cavi utilizzati.



Figura 4.1.4 – Vista inverter

I valori della tensione e della corrente di ingresso del gruppo di conversione sono stati dimensionati in modo da essere compatibili con quelli del generatore fotovoltaico.

Caratteristiche degli inverter:

- Ottimo per tutte le tensioni di rete delle centrali fotovoltaiche;
- Soluzione di piattaforma per una progettazione flessibile delle centrali fotovoltaiche;
- Pronta per condizioni ambientali complesse;
- Componenti testati prefiniti;
- Completamente omologato;

Il progetto prevede l'installazione di inverter aventi almeno le seguenti caratteristiche:

Tensione massima (VDC): 1.500 V

Potenza Nominale AC: 4100-4500-3125 KW

Tensione AC: 600-660 V

Frequenza di rete nominale: 50 Hz

Grado protezione quadro: IP 65



Dimensioni: 4.325x2x250x1.022 mm e 2991x2591x2438 mm.

Il progetto prevede, come già detto, venti sottocampi. Ogni campo comprende una power station a cui sono collegati gli inverter.

Si è provveduto alla configurazione delle stringhe in modo da rispettare i requisiti di dimensionamento fissati dal produttore e nello stesso tempo ottimizzare le stringhe stesse. Le stringhe saranno tutte composte da 14 o 28 pannelli in serie.

Nella tabella seguente sono riportate la suddivisione degli inverter per ogni power station e sottocampo.

Impianto agro-voltaico "borgo Schirò"												
Lotto	Sottocampo	Nome power station	Tracker 56 pannelli	Tracker 42 pannelli	Tracker 28 pannelli	Tracker 14 pannelli	n. moduli FV	potenza pannelli o W	potenza di Picco MWp	potenza power station	potenza nominale impianto	Tipologia inverter
A	A2	PS_A2	277	6	3	2	15.876	620	9,84	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	A3	PS_A3	259	16	16	15	15.834	620	9,82	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	A4	PS_A4	112	9	12	10	7.126	620	4,42	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
A	A1	PS_A1	256	9	32	22	15.918	620	9,87	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
B	B1	PS_B1	115	2	10	5	6.874	620	4,26	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
	B2	PS_B2	127	0	0	0	7.112	620	4,41	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
	B3	PS_B3	251	27	22	23	16.128	620	10,00	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	B4	PS_B4	284	7	2	4	16.310	620	10,11	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	B5	PS_B5	268	7	6	8	15.582	620	9,66	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	B6	PS_B6	275	6	6	12	15.988	620	9,91	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	B7	PS_B7	120	5	10	8	7.322	620	4,54	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
	B8	PS_B8	280	0	3	1	15.778	620	9,78	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	B9	PS_B9	112	9	16	14	7.294	620	4,52	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
	B10	PS_B10	121	8	4	1	7.238	620	4,49	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
	B11	PS_B11	262	16	17	16	16.044	620	9,95	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
C	C1	PS_C1	73	10	20	13	5.250	620	3,26	3.125	3.125,00	SG3125HV-20 3.1255
	C2	PS_C2	93	11	32	30	6.986	620	4,33	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
D	D1	PS_D1	242	44	21	13	16.170	620	10,03	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	D2	PS_D2	273	6	11	18	16.100	620	9,98	9.008	9.008,00	2xProteus PV 4.500
	D3	PS_D3	118	6	0	0	6.860	620	4,25	4.095	4.095,00	1xProteus PV 4.100
			<b>3.918</b>	<b>204</b>	<b>243</b>	<b>215</b>	<b>237.790</b>		<b>147,430</b>	<b>134.973</b>	<b>134.973,00</b>	

Tabella 4.1.1 Suddivisione stringhe per sottocampo



#### 4.1.5. Cavidotti AT

L'energia prodotta dall'impianto e trasformata nelle power station da continua bT ad alternata AT, sarà addotta ad una stazione di consegna di proprietà del produttore per la successiva consegna alla RTN.

Il cavidotto progettato avrà tensione di 36 KV e sarà posato lungo il percorso individuato in planimetria. In particolare le linee elettriche saranno interrate fino alla stazione utente.

Sono previste due cinque che collegheranno le 20 power station secondo lo schema riportato nelle tavole allegate:

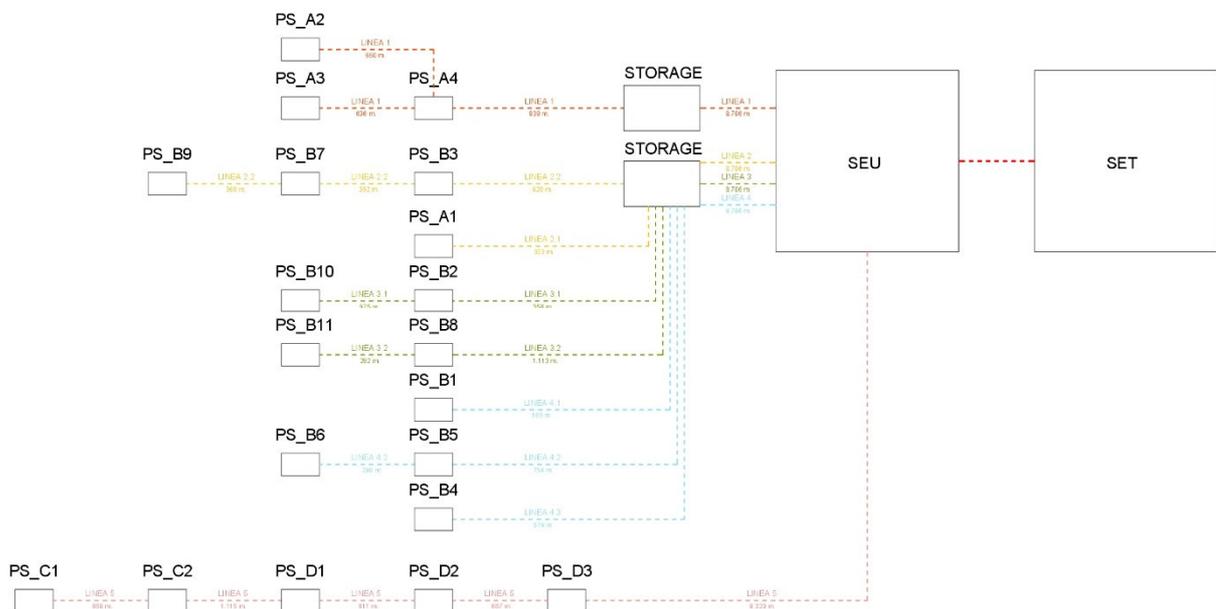


Figura 4.1.5 Schema a blocchi cavidotti

Per una trattazione più approfondita dei cavidotti si rimanda al capitolo 5 della presente relazione.

#### 4.2. SISTEMA DI ACCUMULO ENERGY STORAGE

Sarà previsto un sistema di accumulo dell'energia prodotta dall'impianto inserito tra le power station e la cabina AT. L'energy storage permetterà l'accumulo di energia prodotta da fonti rinnovabili, resa poi fruibile, in un secondo momento, anche quando gli impianti non sono in funzione. Tramite degli inverter, adatti per i sistemi storage, verrà convogliata l'energia in appositi accumulatori. Le apparecchiature previste per la trasformazione dell'energia AC/DC sono 30 inverter per batterie della Huawei modello Luna 2000-200KTL-H0 disposti in serie con potenza nominale 200 KVA ciascuno. La trasformazione 36.000/800 avverrà con



---

6 stazioni di trasformazione Huawei Smart Transformer Station STS-6000K-H1 da 6,88 MW ciascuno per un totale di 41,28 MW, mentre i sistemi previsti per l'accumulo dell'energia sono 72 Storage Libess in container da 20 piedi da 2,064MWh ciascuno. La capacità nominale di accumulo dello storage sarà di 148,608 MWh con potenza di 41,28 MW.

#### **4.3. IMPIANTI PER LA CONNESSIONE**

La connessione alla RTN avverrà secondo le indicazioni contenute in due Soluzioni Tecniche Minime Generali elaborate da Terna: la prima con nota del 14/10/2022 cod. prat. 202102712, la seconda con nota del 28/06/2022 cod. prat. 202102360. Entrambe le Soluzioni Tecniche Minime Generali elaborate da Terna, prevedono che il Progetto venga collegato antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) in doppia sbarra a 220/36 kV della RTN, da collegare in entra - esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna".

Gli impianti di connessione alla RTN sono stati progettati in conformità ai suddetti Preventivi di Connessione. La tipologia di inserimento in antenna prevista consiste nell'utilizzo di un elettrodotto a 36 kV interrato da collegare tra la stazione utente di collegamento da un lato e lo stallo dedicato nella sezione a 36 kV della una nuova stazione elettrica (SE).

Le opere di connessione dell'impianto alla rete comprendono impianti di rete e di utenza per la connessione.

#### **4.4. IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE**

L'impianto di Utenza per la Connessione (IUC) sarà costituito da:

- Stazione di consegna produttore a tensione di 36 KV;
- Cavidotto AT interrato a tensione di 36 KV di connessione tra la stazione di consegna del produttore e lo stallo di arrivo produttore nella sezione a 36 kV della una nuova stazione elettrica (SE).

#### **4.5. IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE**

L'impianto di Rete per la Connessione (IRC) sarà costituito da:

- Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 220/36 kV "Monreale 3";
- Sezione a 36 kV della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 220/36 kV "Monreale 3";
- Raccordi aerei AT 220 kV tra la Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 220/36 kV "Monreale 3 e la linea 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna".



## 5. CAVIDOTTI

### 5.1. CAVIDOTTI BT

#### 5.1.1. Tipologie di cavo bT

Le linee di collegamento in serie dei pannelli per formare le stringhe saranno realizzate in parte con i cavi in dotazione ai pannelli stessi ed in parte mediante cavi in rame del tipo “solare”.

Tali cavi sono posti all'esterno e sottoposti alle intemperie durante tutta la vita dell'impianto, per tale motivo si utilizzeranno cavi isolati con gomma elastomerica di qualità conforme alla norma EN 50618.

I cavi scelti sono del tipo H1Z2Z2-K, dove il conduttore è formato da una corda di rame flessibile stagnato, di classe 5 isolato con due strati in gomma senza alogeni non propaganti la fiamma.

Tale cavo ha le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale in cc 1500 V,

Temperature d'esercizio -40°/+90°,

Sforzo massimo di trazione 15 N/mmq.

La sezione del cavo sarà 6 mmq .

Bassa Tensione Low Voltage	H1Z2Z2-K	Fotovoltaico Photovoltaic
<b>CPR (UE) n° 305/11</b> E <sub>ca</sub>	Regolamento Prodotti da Costruzione/Construction Products Regulation Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014 Class according to standards EN 50575:2014 + A1:2016 and EN 13501-6:2014	<b>DoP n° 1036/17</b>
EN 50618 CBI EN 60332-1-2 CBI EN 50525 CBI EN 50289-4-17 A CBI EN 50396 2014/35/UE 2011/65/CE CA.01.00546	Costruzione e requisiti/Construction and specifications Propagazione fiamma/Flame propagation Emissione gas/Gas emission Resistenza raggi UV/UV resistance test Resistenza ozono/Ozone resistance Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive Direttiva RoHS/RoHS Directive Certificato IMQ/IMQ Certificate	

Figura 5.1.1 Cavo “solare” con conformità richieste

Per le linee che collegheranno le stringbox con le power station sarà utilizzato un cavo in alluminio con isolamento in gomma Qualità G16 e guaina in PVC Qualità R16.

Il cavo scelto è del tipo ARG16R16 il quale avrà sezioni variabile in funzione dei calcoli di progetto.



Tale cavo ha le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale in cc 1000 V,

Temperature d'esercizio -15°/+90°C,

Temperatura massima di cortocircuito 250 °C

## ARG16R16-0,6/1 kV

REAZIONE AL FUOCO	
<b>CONFORME CPR</b> <b>REGOLAMENTO 305/2011/UE</b>	
Norma:	EN 50575:2014+A1:2016
Classe:	C <sub>ca</sub> -s3, d1, a3
Classificazione: (CEI UNEL 35016)	EN 13501-6
Emissione di calore e fumi e sviluppo della fiamma:	EN 50399
Non propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Gas corrosivi e alogenidrici:	EN 60754-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2018

Costruzione, requisiti elettrici CEI 20-13  
fisici e meccanici:

Gas corrosivi o alogenidrici: EN 50267-2-1

Direttiva Bassa Tensione: 2014/35/UE

Direttiva RoHS: 2011/65/UE



Figura 5.1.2 Cavo Bt con conformità richieste

### 5.1.2. Calcolo delle linee elettriche in cavo

Il calcolo è stato condotto considerando cavi con i relativi conduttori e supponendo trascurabili i parametri



---

trasversali delle linee.

La linea viene dapprima dimensionata secondo il criterio della massima caduta di tensione; quindi vengono confrontate la sezione e la portata teorica con la sezione e la portata del cavo commerciale (restando così verificato anche il criterio termico).

Infine è stata calcolata l'energia specifica passante tollerata dal cavo in relazione all'isolamento.

Il dimensionamento è stato condotto verificando per la linea in questione le seguenti relazioni suggerite dalle norme C.E.I 64 - 8 circa la protezione delle linee in cavo dalle sovracorrenti:

1.  $I_b < I_n < I_z$  ;
2.  $I_f < 1.45 I_z$

dove:

- $I_b$ : Corrente convenzionale relativa al circuito,
- $I_n$ : Corrente nominale di intervento del dispositivo di protezione,
- $I_z$ : Portata del cavo nelle condizioni di posa,
- $I_f$ : Corrente di sicuro intervento del dispositivo di protezione.

Inoltre è stato verificato che la caduta di tensione % ammessa sulla linea risultasse inferiore al 4 %, in tutte le condizioni di funzionamento.

Per il dimensionamento dei cavi elettrici Bt si sono utilizzati due metodi, il metodo del carico termico, ed il metodo della massima caduta di tensione.

Il criterio del carico termico è prevalente per linee molto corte e, in particolare, per i cavi e le sbarre.

Il sovrariscaldamento dovuto a densità di corrente elevata altera la bontà della trasmissione in quanto aumenta la resistenza; di conseguenza le caratteristiche di isolamento dei cavi non sono più garantite.

Il bilancio termico per un cavo di lunghezza unitaria, si può esprimere come:

$P_j - P_a - P_t = 0$  dove:

- $P_j$  = Potenza termica dissipata per effetto joule
- $P_a$  = Potenza termica accumulata
- $P_t$  = Potenza termica trasmessa all'esterno

A regime quando la temperatura si stabilizza (a temperatura costante) tutto il calore prodotto per effetto Joule  $P_j$  viene trasmesso all'ambiente esterno  $P_t$ .

In condizioni di equilibrio termico

---



$$P_j = P_t$$

Occorre fare in modo che non si verifichino pericolosi innalzamenti della temperatura, ossia occorre limitare la dissipazione di potenza per effetto joule e quindi la corrente che attraversa il cavo.

L'espressione della intensità di corrente massima ammissibile è pari a:

$$I_{ma} = \sqrt{\frac{K_s \Delta \theta A}{\rho}} \quad (A)$$

Nella pratica comune il valore I<sub>ma</sub> è già tabellato (vedi tabella 1) per i diversi cavi, si è quindi verificato che la portata massima ipotizzata sia minore della portata massima ammissibile.

Modalità di posa	Tipo di cavo	Isolante	Numero di conduttori								Linea n°	
			4	3	2							
Posa con circolazione d'aria impedita (in tubi, canali, ecc.)	Unipolari con o senza guaina	PVC										1
	Multipolari	EPR			4	3	2					2
Posa con libera circolazione d'aria (a parete, su passerelle, mensole o scalette, su fune portante)	Multipolari	PVC		4	3	2						3
		EPR				4	3	2				4
	Unipolari con guaina	PVC			4	3	2					5
		EPR					4	3	2	1		6
NOTE		Sezione	Portata in regime permanente (A)									
1. Le portate dei cavi con conduttori in alluminio possono essere ottenute moltiplicando per 0,78 le portate dei cavi in rame di eguale sezione. 2. Le portate si riferiscono ad una temperatura ambiente di 30°C. 3. Le portate dei cavi in PVC sono valide anche per i cavi isolati in gomma G e G1; quelle dei cavi in EPR sono valide per i cavi in polietilene reticolato (XLPE). 4. La portata indicata per i cavi sezione 1mm è solo per riferimento. 5. La sezione (nominale) 50 mm <sup>2</sup> corrisponde ad una sezione effettiva di 47,5 mm <sup>2</sup> . 6. Nel caso di cavi in tubi protettivi incassati in pareti termicamente isolanti come legno o espanso, applicare un fattore di riduzione pari a 0,84. 7. Le portate dei cavi multipolari si applicano a cavi con conduttori rotondi, per i cavi multipolari con conduttori settoriali si applica una riduzione. 8. Le portate indicate per un cavo unipolare con guaina si applicano a cavi unipolari distanziati almeno di un diametro in orizzontale, due diametri se sovrapposti in verticale. 9. Per la posa senza circolazione di aria (linee 1 e 2) la tabella vale fino alla sezione di 120 mm <sup>2</sup> .		mm <sup>2</sup>	A	B	C	D	E	F	G	H		
		1	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23		
		1,5	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29		
		2,5	19	21	24	26	30	33	37	40		
		4	25	28	32	35	40	45	50	55		
		6	32	36	41	46	52	58	64	70		
		10	44	50	57	63	71	80	88	97		
		16	59	68	76	85	96	107	119	130		
		25	75	89	101	112	127	142	157	172		
		35	97	111	125	138	157	175	194	213		
		50	117	134	151	168	190	212	235	257		
		70	149	171	192	213	242	270	299	327		
		95	181	207	232	258	293	327	362	396		
		120	209	239	269	299	339	379	419	458		
		150		275	309	344	390	435	481	527		
		185		314	353	392	444	496	549	602		
		240		369	415	461	522	584	645	707		

Tabella 5.1.1 Portata massima in regime permanente.

Il criterio della massima caduta di tensione impone che si garantisca una caduta di tensione sulla linea inferiore al valore limite fissato.



Vista che sarà realizzata una linea dedicata all'impianto la massima caduta di tensione accettabile è pari al 4 % della tensione nominale.

Si è in particolare calcolata la massima caduta di tensione attesa per l'impianto con la seguente:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot L \quad \text{per corrente continua}$$

$$\Delta U = 2 \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) \cdot I_n \cdot L \quad \text{per corrente alternata}$$

Dove:

R = resistenza unitaria a 80 ° (vedi tabella 2 oppure schede tecniche cavi)

X = reattanza unitaria (vedi tabella 5.2)

I<sub>n</sub> = corrente nominale;

L = Lunghezza della linea.

Sezione nominale	Cavi tripolari						
	Resistenza R ad 80 °C		Reattanza X	Cadute di tensione ΔU			
	Corrente continua	Corrente alternata		Corrente alternata trifase			
				cos φ 1	cos φ 0,9	cos φ 0,8	cos φ 0,7
mm <sup>2</sup>	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am
1	22,5		0,125	39	35,2	31,3	27,4
1,5	15,1		0,118	26,1	23,6	21	18,45
2,5	9,08		0,109	15,7	14,24	12,7	11,1
4	5,68		0,101	9,85	8,93	7,98	5,04
6	3,78		0,0955	6,54	5,96	5,34	4,70
10	2,27		0,0861	3,94	3,60	3,24	2,86
16	1,43		0,0817	2,48	2,29	2,07	1,83
25	0,907		0,0813	1,57	1,48	1,34	1,20
35	0,654		0,0783	1,13	1,08	0,988	0,888
50	0,483		0,0779	0,838	0,812	0,750	0,680
70	0,334		0,0751	0,579	0,577	0,541	0,496
95	0,241		0,0762	0,419	0,433	0,412	0,385
120	0,190	0,191	0,0740	0,332	0,354	0,342	0,321
150	0,150	0,157	0,0745	0,272	0,300	0,295	0,280
185	0,124	0,125	0,0742	0,217	0,251	0,250	0,241
240	0,0942	0,0966	0,0752	0,167	0,207	0,212	0,208
300	0,0750	0,0780	0,0750	0,135	0,178	0,186	0,186
400	0,0587	0,0625	0,0742	0,108	0,153	0,164	0,166
500	0,0466	0,0512	0,0744	0,0887	0,136	0,148	0,152
630	0,0361	0,0417	0,0749	0,0722	0,122	0,136	0,141

Tabella 5.1.2 Cadute di tensione cavi in rame

Si è verificato che la massima caduta di tensione calcolata sia inferiore alla massima caduta di tensione fissata come accettabile. Nei calcoli si è tenuto conto dell'intera lunghezza del cavo che andrà posato dai pannelli alla string box e da qui alle power station.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei calcoli effettuati.



Calcolo cavi elettrici BT		
<b>corrente continua</b>		Pannelli-String box
<b>P</b>	16,24	Kw
<b>V</b>	1500	V
<b>Cosfi</b>		
<b>In</b>	10,83	A
<b>L</b>	140	Lunghezza tratto
<b>Criterio carico termico</b>		
<b>Tipoogia</b>	A	
<b>sezione</b>	6	mmq
<b>Portata max cavo</b>	41	A
<b>esito criterio</b>	verifica	
<b>Criterio max caduta di tensione</b>		
<b>K</b>	3,78	da tabella
<b>Delta V</b>	11,45894	V
<b>percentuale caduta</b>	0,76393	%
<b>% massima accettabile</b>	4	
<b>esito criterio</b>	verifica	

Calcolo cavi elettrici BT		
<b>corrente continua</b>		string box-power station
<b>P</b>	462,84	Kw
<b>V</b>	1500	V
<b>Cosfi</b>		
<b>In</b>	308,56	A
<b>L</b>	250	Lunghezza tratto
<b>Criterio carico termico</b>		
<b>Tipoogia</b>	A	
<b>sezione</b>	240	mmq
<b>Portata max cavo</b>	413	A
<b>esito criterio</b>	verifica	
<b>Criterio max caduta di tensione</b>		
<b>K</b>	0,125	da tabella
<b>Delta V</b>	19,285	V
<b>percentuale caduta</b>	1,285667	%
<b>% massima accettabile</b>	4	
<b>esito criterio</b>	verifica	

Tabella 5.1.3 calcoli elettrici cavi BT



---

### 5.1.3.Circuiti elettrici

Al fine di assicurare un servizio affidabile dell'impianto il circuito elettrico è stato dotato delle necessarie apparecchiature di protezione e comando richieste dalla normativa vigente.

La selettività di intervento in caso di dispersione verso terra, è garantita dall'impiego di interruttori differenziali.

I cavi saranno posati in canaletta sotto i pannelli e in tubi protettivi in polietilene corrugato interrati al di sotto del piano di campagna. I raggi di curvatura dei cavi, se  $D$  è il diametro esterno del cavo, devono essere  $\geq 12xD$ , mentre il diametro del tubo protettivo deve essere  $\geq 1,4$  volte il diametro del fascio di cavi che ospita.

Per la protezione delle condutture dai sovraccarichi e dalle correnti di cortocircuito verranno adoperati interruttori automatici magnetotermici.

### 5.1.4.Cadute di tensione

Le cadute di tensione in qualsiasi punto dell'impianto quando sono inseriti tutti gli apparecchi che possono funzionare simultaneamente, non devono superare il 4% della tensione misurata al punto di consegna dell'impianto utilizzatore.

### 5.1.5.Prescrizioni generali

I componenti dovranno essere scelti conformi alle prescrizioni di sicurezza delle rispettive norme e saranno scelti in modo da non causare effetti nocivi sugli altri componenti o sulla rete di alimentazione. I componenti dell'impianto e gli apparecchi utilizzatori fissi saranno installati in modo da facilitare il funzionamento, il controllo, l'esercizio e l'accesso alle connessioni.

I dispositivi di manovra e di protezione, devono portare scritte o altri contrassegni che ne permettano la identificazione.

Per quanto riguarda la identificazione dei conduttori dovranno essere rispettate le seguenti indicazioni:

- bicolore giallo-verde: conduttori di terra, protezione ed equipotenzialità;
- blu chiaro: conduttore di neutro;
- colori secondo la tabella CEI-UNEL 00722, per i colori distintivi dei cavi.

### 5.1.6.Quadri elettrici

I quadri saranno installati ad una quota dalla superficie calpestabile di m.1 minimo e conterranno le apparecchiature di sezionamento, comando, protezione dei circuiti contro le sovracorrenti, cortocircuiti e contro i contatti indiretti.



---

Il potere di interruzione degli interruttori è calcolato come da indicazioni della CEI 64-8, in accordo ai suggerimenti delle norme CEI 64-50.

## **5.2. CAVIDOTTI AT**

### **5.2.1.Premesse**

La rete elettrica di trasmissione dell'energia prodotta alla stazione produttore è prevista in media tensione con una tensione di esercizio a 30 kV che consente di minimizzare le perdite elettriche e di ridurre la fascia di rispetto per i campi elettromagnetici, determinata ai sensi della L.36/01 e D.M. 29.05.2008.

Il cavidotto AT sarà posato interrato nei tratti di collegamento delle power station con la stazione produttore.

La sezione dei cavi di collegamento tra l'impianto di produzione e la stazione produttore è stata calcolata in modo da essere adeguata alla corrente transitante nelle condizioni di funzionamento alla potenza nominale degli impianti.

Per quanto riguarda le lunghezze delle varie tratte si è effettuata la misura del tracciato del cavidotto sulle planimetrie di progetto e tenendo conto dei dislivelli altimetrici.

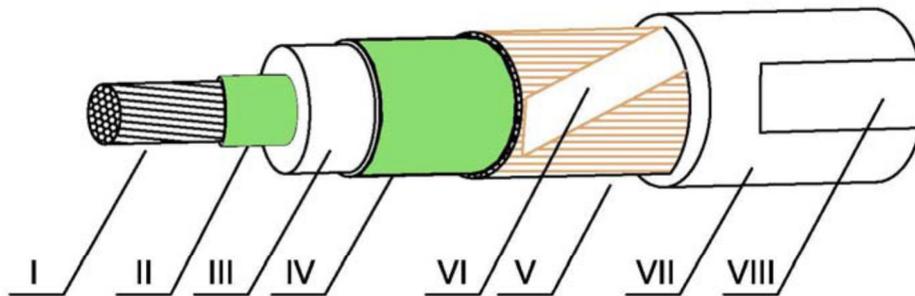
Le verifiche sono state effettuate per un controllo delle sezioni standard che saranno utilizzate per la costruzione del campo, in relazione alle condizioni progettuali di funzionamento e di posa del cavo.

### **5.2.2.Tipologia cavi AT interrati**

I cavi scelti, per le opere interne all'impianto fotovoltaico e di collegamento dello stesso con la cabina di smistamento, saranno terne di cavi unipolari, con conduttori in alluminio, schermo metallico e guaina in PE.

I cavi prescelti sono del tipo unipolare, con conduttori in alluminio, schermo metallico e guaina in PVC. Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche del cavo tipo ARE4H1RX 18/30 KV scelto.

Le caratteristiche tecniche dei cavi potranno essere modificate in fase di progettazione esecutiva.



- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| I - Conduttore             | V - Schermo               |
| II - Strato semiconduttore | VI - Nastro equalizzatore |
| III - Isolante             | VII - Guaina di PVC       |
| IV - Strato semiconduttore | VIII - Stampigliatura     |

#### Descrizione

- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento: polietilene reticolato XLPE senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità ST2
- Colore: rosso

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa ARE4H1RX seguita dalla tensione nominale di esercizio.

#### Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio  
ARE4H1R -12/20 kV U<sub>0</sub>/U: 12/20 kV  
ARE4H1R -18/30 kV U<sub>0</sub>/U: 18/30 kV
- Tensione U max  
ARE4H1R -12/20 kV U<sub>0</sub>/U: 24 kV  
ARE4H1R -18/30 kV U<sub>0</sub>/U: 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C  
(in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Resistenza elettrica massima dello schermo: 3 Ω/km

#### Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione del conduttore

#### Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.

Ammissa la posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Fig. 5.2.1 Specifiche tecniche cavo AT



**ARE4H1R - 18/30 kV**  
**U<sub>o</sub>/U: 18/30 kV**  
**U max: 36 kV**

**Caratteristiche tecniche**

Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø indicativo isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	24,60	32,7	885	184	222	152	157
1 x 70	9,9	26,30	34,8	1025	230	278	186	192
1 x 95	11,4	27,80	36,4	1150	280	338	221	229
1 x 120	13,1	29,50	38,4	1310	324	391	252	260
1 x 150	14,4	30,80	39,8	1430	368	440	281	288
1 x 185	16,2	32,60	41,9	1620	424	504	317	324
1 x 240	18,4	34,80	44,5	1875	502	593	367	373
1 x 300	20,7	37,05	47,1	2135	577	677	414	419
1 x 400	23,6	40,00	50,5	2645	673	769	470	466
1 x 500	26,5	42,90	53,8	2710	781	890	550	540
1 x 630	30,2	46,60	58,0	3260	909	1030	710	700

(\*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:  
- Resistività termica del terreno: 1 K·m/W  
- Temperatura ambiente 20°C  
- profondità di posa: 0,8 m

**Caratteristiche elettriche**

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Ω/Km	Ω/km	Ω/Km	Ω/Km	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,14	0,15	143
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,13	0,15	160
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,12	0,14	175
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,12	0,13	192
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,11	0,13	205
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,11	0,12	222
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,12	244
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,10	0,11	265
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,101	0,11	294
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,097	0,11	321
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,094	0,11	357

Fig. 5.2.2 Caratteristiche tecniche cavo AT

L'installazione dei cavi dovrà soddisfare tutti i requisiti imposti dalla normativa vigente e dalle norme tecniche dei singoli enti proprietari delle infrastrutture attraversate ed in particolare dalle norme CEI 11-17 e 11-1.



---

L'installazione dei cavi dovrà soddisfare tutti i requisiti imposti dalla normativa vigente e dalle norme tecniche dei singoli enti proprietari delle infrastrutture attraversate ed in particolare dalle norme CEI 11-17 e 11-1.

### 5.2.3. Tipologie di posa cavidotti interrati

La sezione tipo del cavidotto prevede accorgimenti tipici in questo ambito di lavori (allettamento dei cavi su sabbia, coppone di protezione e nastro di segnalazione al di sopra dei cavi, a guardia da possibili scavi incauti).

Sarà inoltre prevista la posa della fibra ottica necessaria per la trasmissione dati e relativo controllo dell'impianto. All'interno dello scavo del cavidotto troverà posto anche la corda di rame nuda dell'impianto equipotenziale.

Il cavidotto AT è posato su strade in asfalto (Tipologia A) o su terreni agricoli/strade sterrate (Tipologia B), entro scavi a sezione obbligata a profondità stabilita dalle norme CEI 11/17 e dal codice della strada.

Nel caso posa su terreno agricolo la profondità di scavo è di 1.10 m, nelle strade asfaltate lo scavo sarà di 1.20 m di profondità per far sì che l'estradosso dei cavi sia sempre a profondità maggiore a 1.00 m dal piano stradale. Prima della posa del cavo AT sarà realizzato un letto con idoneo materiale sabbioso di spessore di circa 10 cm. Il cavo sarà rinfiancato e ricoperto con lo stesso materiale sabbioso per uno spessore complessivo che potrà variare da un min.50 cm ad un max di 74 cm a seconda della profondità dello scavo stesso. Al di sopra della sabbia verrà ripristinato il materiale originario dello scavo. Sul fondo dello scavo sarà posata la rete di terra realizzata con corda in rame nudo di 50 mmq di sezione. Tra lo strato di sabbia ed il ricoprimento sarà collocato una protezione meccanica formata da una coppella in pvc. Nello strato di ricoprimento sarà posto il nastro monitore in numero di file pari alle terne presenti nello scavo.

Nelle strade asfaltate sarà ripristinato il binder e lo strato di usura finale secondo le prescrizioni.

La larghezza dello scavo sarà da 0.60m a 0.80 m.

Di seguito si riporta un esempio di sezione tipo su strada interpodereale/terreno agricolo.



## TRINCEA PER UN CAVO SU STRADA STERRATA O TERRENO AGRICOLO

### Sezione tipo 1B

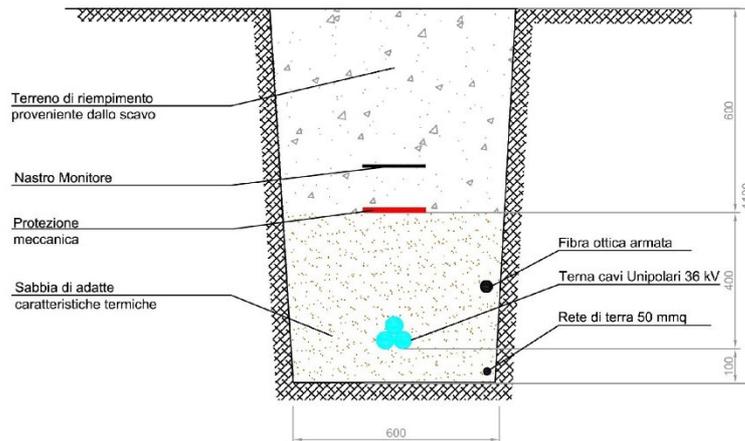


Figura 5.2.1 Sezione tipo di scavo su terreno agricolo

#### 5.2.4. Condizioni progettuali di posa

Le condizioni progettuali di posa e le relative ipotesi adottate sono:

- Tensione di esercizio dell'impianto elettrico pari a: 30 kV.  
Temperatura media dell'aria: 30°
- Temperatura media del terreno: 25 °C
- Resistività termica del terreno: 1,5 °Km / W
- Distanza minima tra terne di cavi in terra: 25 cm
- Profondità di posa: 1,1 m
- Fattore di potenza: 0,95
- Tipo di posa: interrata con disposizione a trifoglio o aerea con disposizione a strato verticale

I risultati ottenuti hanno lo scopo di verificare il dimensionamento di massima dei cavi dell'impianto e potranno, in fase esecutiva, essere diversamente ottimizzati in funzione delle differenti scelte tecniche che saranno disponibili al momento della progettazione esecutiva.



---

#### 5.2.5. Calcoli elettrici cavidotti

Si è verificato che le cadute di portata per tutte le singole tratte siano contenute entro il 2.5% e entro il 3.0% per l'intera linea secondo la seguente:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

dove:

- P: potenza transitante
- Q: potenza reattiva, con fattore di potenza 0,95;
- R: resistenza del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;
- X: reattanza del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;
- V: tensione di esercizio del cavo (36kV).

La portata effettiva dei cavi è stata calcolata secondo la seguente:

$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove:

- I<sub>0</sub> = portata nominale (a 20°C)
- K1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C (posto pari a 0.96 per esercizio a 25°C)
- K2 = Fattore di correzione per compresenza di circuiti (distanza fra i circuiti 0,25 m)
- K3 = Fattore di correzione per profondità diversa da 0,8 m (per posa ad 1,1m)
- K4 = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W (valore pari a quello per posa in terreno asciutto - essendo questa la condizione più gravosa, si pone la il correttore pari ad 1)

A seguire si riporta la tabella di calcolo e le sezioni scelte.



Calcolo cavi elettrici AT					
linea L1		tratto	tratto	tratto	tratto
Tratti		PS_A3 - PS_A4	PS_A2 - PS_A4	PS_A4 - Storage	Storage - SEU
P	Kw	9.008	9.008	27.024	27.024
V	V	36.000	36.000	36.000	36.000
Cosfi		0,95	0,95	0,95	0,95
In	A	152,1	152,1	456,2	456,2
Lunghezza tratto	m	636	650	838	8.706
Tipologia		ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE
sezione cavo	mmq	95	95	300	630
<b>Criterio carico termico</b>					
Portata nominale cavo I <sub>0</sub>	A	229	229	419	700
numero terne adiacenti		2	2	2	4
Fattore correttivo K		0,82944	0,82944	0,82944	0,6912
Portata massima cavo	A	189,94	189,94	347,54	483,84
esito criterio		verifica	verifica	non verifica	verifica
<b>Criterio max perdita di carico</b>					
Resistenza elettrica	da tabella	0,411	0,411	0,129	0,0625
Reattanza	da tabella	0,14	0,14	0,11	0,11
K		0,752	0,752	0,272	0,162
Delta V	V	72,7	74,3	103,9	644,7
percentuale caduta	%	0,202	0,206	0,289	1,791
% massima accettabile	%	3	3	3	3
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica
<b>Caduta totale linea</b>	V	822,905			
% caduta totale linea	%	2,286			
% caduta accettabile totale linea	%	3			
esito criterio			verifica		



Calcolo cavi elettrici AT					
linea L2		tratto L2.1	tratto L2.2	tratto L2.2	tratto L2.2
Tratti		PS_A1 - Storage	PS_B9 - PS_B7	PS_B7 - PS_B3	PS_B3 - Storage
P	Kw	9.008	4.095	8.190	17.198
V	V	36.000	36.000	36.000	36.000
Cosfi		0,95	0,95	0,95	0,95
In	A	152,1	69,1	138,3	290,3
Lunghezza tratto	m	323	368	362	620
Tipologia		ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE
sezione cavo	mmq	95	95	95	300
<b>Criterio carico termico</b>					
Portata nominale cavo I <sub>0</sub>	A	229	229	229	419
numero terne adiacenti		2	2	2	2
Fattore correttivo K		0,82944	0,82944	0,82944	0,82944
Portata massima cavo	A	189,94	189,94	189,94	347,54
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica
<b>Criterio max perdita di carico</b>					
Resistenza elettrica	da tabella	0,411	0,411	0,411	0,129
Reattanza	da tabella	0,14	0,14	0,14	0,11
K		0,752	0,752	0,752	0,272
Delta V	V	36,9	19,1	37,6	48,9
percentuale caduta	%	0,103	0,053	0,104	0,136
% massima accettabile	%	1	1	1	1
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica
<b>Caduta totale linea</b>					
Caduta totale linea	V	105,646			
% caduta totale linea	%	0,293			
% caduta accettabile totale linea	%	1			
esito criterio			<b>verifica</b>		



Calcolo cavi elettrici AT				
linea L3	tratto L3.1	tratto L3.1	tratto L3.2	tratto L3.2
	PS_B10 - PS_B2	PS_B2 - Storage	PS_B11 - PS_B8	PS_B8 - Storage
Tratti				
P	Kw	8.190	9.008	18.016
V	V	36.000	36.000	36.000
Cosfi		0,95	0,95	0,95
In	A	69,1	152,1	304,1
Lunghezza tratto	m	975	292	1.113
Tipologia		ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE
sezione cavo	mmq	95	95	300
<b>Criterio carico termico</b>				
Portata nominale cavo I <sub>0</sub>	A	229	229	419
numero terne adiacenti		3	3	3
Fattore correttivo K		0,73728	0,73728	0,73728
Portata massima cavo	A	168,84	168,84	308,92
esito criterio		verifica	verifica	verifica
<b>Criterio max perdita di carico</b>				
Resistenza elettrica	da tabella	0,411	0,411	0,129
Reattanza	da tabella	0,14	0,14	0,11
K		0,752	0,752	0,272
Delta V	V	50,7	37,0	92,0
percentuale caduta	%	0,141	0,103	0,255
% massima accettabile	%	1	1	1
esito criterio		verifica	verifica	verifica
Caduta totale linea	V			
% caduta totale linea	%	0,000		
% caduta accettabile totale linea	%	1		
esito criterio		<b>verifica</b>		



Calcolo cavi elettrici AT					
linea SEZ FV 4		tratto L4.1	tratto L4.2	tratto L4.2	tratto L4.3
Dati di progetto		PS_B1 - Storage	PS_B6 - PS_B5	PS_B5 - Storage	PS_B4 - Storage
P	Kw	4.095	9.008	18.016	9.008
V	V	36.000	36.000	36.000	36.000
Cosfi		0,95	0,95	0,95	0,95
In	A	69,1	152,1	304,1	152,1
Lunghezza tratto	m	165	290	754	578
Tipologia		ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE
sezione cavo	mmq	95	95	300	95
<b>Criterio carico termico</b>					
Portata nominale cavo I <sub>0</sub>	A	229	229	419	229
numero terne adiacenti		2	2	2	2
Fattore correttivo K		0,82944	0,82944	0,82944	0,82944
Portata massima cavo	A	189,94	189,94	347,54	189,94
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica
<b>Criterio max perdita di carico</b>					
Resistenza e lettrica	da tabella	0,411	0,411	0,129	0,411
Reattanza	da tabella	0,14	0,14	0,11	0,14
K		0,752	0,752	0,272	0,752
Delta V	V	8,6	33,2	62,3	66,1
percentuale caduta	%	0,024	0,092	0,173	0,184
% massima accettabile	%	1	1	1	1
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica
Caduta totale linea	V	95,533			
% caduta totale linea	%	0,265			
% caduta accettabile totale linea	%	1			
esito criterio					verifica



Calcolo cavi elettrici AT			
linea	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4
Dati di progetto	L2 - SEU	L3 - SEU	L4 - SEU
P	27.844	27.844	27.844
V	36.000	36.000	36.000
Cosfi	0,95	0,95	0,95
In	470,0	470,0	470,0
Lunghezza tratto	8.706	8.706	8.706
Tipologia	ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE
sezione cavo	630	630	630
<b>Criterio carico termico</b>			
Portata nominale cavo I <sub>0</sub>	700	700	700
numero terne adiacenti	2	2	2
Fattore correttivo K	0,82944	0,82944	0,82944
Portata massima cavo	580,61	580,61	580,61
esito criterio	verifica	verifica	verifica
<b>Criterio max perdita di carico</b>			
Resistenza elettrica	da tabella	0,0625	0,0625
Reattanza	da tabella	0,11	0,11
K	0,162	0,162	0,162
Delta V	664,3	664,3	664,3
percentuale caduta	%	1,845	1,845
% massima accettabile	%	2	2
esito criterio	verifica	verifica	verifica
Caduta totale linea	V	664,278	
% caduta totale linea	%	1,845	
% caduta accettabile totale linea	%	2	
esito criterio		verifica	verifica



Calcolo cavi elettrici AT						
linea SEZ FV 5	Tratto		Tratto		Tratto	
Dati di progetto	PS_C1 - PS_C2	PS_C2 - PS_D1	PS_D1 - PS_D2	PS_D2 - PS_D3	PS_D3 - SEU	
P	Kw	3.125	7.220	16.228	25.236	29.331
V	V	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
Cosfi		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
In	A	52,8	121,9	274,0	426,0	495,2
Lunghezza tratto	m	658	1.115	611	667	8.320
Tipologia		ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE	ARE4H5EE
sezione cavo	mmq	95	95	300	630	630
<b>Criterio carico termico</b>						
Portata nominale cavo I <sub>0</sub>	A	229	229	419	700	700
numero terne adiacenti		2	2	2	2	2
Fattore correttivo K		0,82944	0,82944	0,82944	0,82944	0,82944
Portata massima cavo	A	189,94	189,94	347,54	580,61	580,61
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica	verifica
<b>Criterio max perdita di carico</b>						
Resistenza elettrica	da tabella	0,411	0,411	0,129	0,0625	0,0625
Reattanza	da tabella	0,14	0,14	0,11	0,11	0,11
K		0,752	0,752	0,272	0,162	0,162
Delta V	V	26,1	102,2	45,5	46,1	668,7
percentuale caduta	%	0,073	0,284	0,126	0,128	1,858
% massima accettabile	%	3	3	3	3	3
esito criterio		verifica	verifica	verifica	verifica	verifica
<b>Caduta totale linea</b>	V	888,630				
% caduta totale linea	%	2,468				
% caduta accettabile totale linea	%	3				
esito criterio						verifica



---

## **6. SICUREZZA DELL'IMPIANTO**

### **6.1. PROTEZIONE DA CORTI CIRCUITI SUL LATO C.C. DELL'IMPIANTO**

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero di moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

### **6.2. PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C.**

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore bT/AT.

In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

### **6.3. PROTEZIONE DALLE FULMINAZIONI**

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceramico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le



---

polarità dei cavi d'uscita. I varistori, per prevenire eventuali incendi, saranno segregati in appositi scomparti antideflagranti.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

#### **6.4. SICUREZZE SUL LATO C.A. DELL'IMPIANTO**

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogha limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter. Cortocircuiti sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata. L'interruttore AT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

#### **6.5. PREVENZIONE DAL FUNZIONAMENTO IN ISOLA**

In accordo a quanto prescritto dalla normativa italiana CEI 016 sarà previsto, incorporato nell'inverter, un dispositivo per prevenire il funzionamento in isola dell'impianto, come già descritto.

#### **6.6. IMPIANTO DI MESSA A TERRA**

Le cabine elettriche sono dotate di una rete di messa a terra realizzata secondo la vigente normativa. Le strutture di sostegno dei moduli sono collegate ad una rete di terra realizzata in prossimità delle strutture stesse.



---

## **7. ALLEGATI – SCHEDE TECNICHE COMPONENTI PRINCIPALI**