

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI PALERMO
COMUNE DI MONREALE
LOCALITÀ MALVELLO

Oggetto:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO
AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 35,94 MW E POTENZA DI IMMISSIONE
33,13 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Nome file stampa:

FV.MNR03.PD.H.05.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0013A0

Scala:

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.MNR03.PD.H.05

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 2 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647311006



E-WAY 2 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
S.E.P. Iva 16647311006
PEC: e-way2srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 2 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647311006



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.MNR03.PD.H.05	00	07/2023	A. Bottone	A. Bottone	A. Bottone

E-WAY 2 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way2srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

1	PREMESSA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA	6
4	GENERATORE FOTOVOLTAICO	10
4.1	Layout e configurazione campo PV (lato DC).....	11
4.2	Dimensionamento cavi DC.....	19
5	Gruppo di conversione e trasformazione	23
6	Linee di interconnessione MT interne	26
6.1	Tipologia Cavi.....	28
6.2	Tipologia Posa.....	29
6.3	DIMENSIONAMENTO CAVI MT	31
6.3.1	Wps2_ps3.....	32
6.3.2	Wps3_ps1.....	33
6.3.3	Wps1_CR.....	34
6.3.4	Wps9_CR.....	35
6.3.5	Wps8_CR.....	36
6.3.6	Wps4_ps7.....	37
6.3.7	Wps7_CR.....	38
6.3.8	Wps6_ps5.....	39
6.3.9	Wps5_CR.....	40
6.3.10	RIEPILOGO tratte interne.....	41
7	Cabina di raccolta e smistamento	42
7.1	Sala quadri MT	43
7.2	Locale Trasformatore S.A. e locale misura.....	44
7.3	Locale Gruppo elettrogeno	45
7.4	Control Room e sistemi di comunicazione con TSO	45
8	Linea di interconnessione MT esterna	47
9	RIEPILOGO	50



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE FV.MNR03.PD.H.05

REVISIONE n. 00

DATA REVISIONE 07/2023

PAGINA 2 di 51

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 Inquadramento Generale su IGM</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Layout Impianto PV (CAMPI)</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 Schema unifilare</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4 Anno meteorologico tipico – temperatura ambientale.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 Coordinamento inverter-moduli.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6 Collegamento elettrico LATO DC</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7 Gruppo di conversione e trasformazione “INGECON SUN - FSK B Series”(tipologico).....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8 Schema elettrico Power Station tipologico</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9. “Entra esce” della PS.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10 Configurazione “entra-esce” delle PS.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11 Tratte interne MT “36kV”</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 14 Sezione scavo per cavi direttamente interrati.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 15 Layout della CR (pianta e sezione)</i>	<i>42</i>
<i>Figura 16 Quadri MT (tipologico).....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17 Locale trasformatore S.A. e locale misura</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18 Schema di principio dell'apparecchiatura di Misura Energia scambiata</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19 Locale GE</i>	<i>45</i>
<i>Figura 20 Control ROOM.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21 Interfaccia locale di un impianto eolico o fotovoltaico</i>	<i>46</i>
<i>Figura 22 Tratta esterna MT “36kV”</i>	<i>47</i>



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	3 di 51

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 Criteri ambientali di progetto</i>	10
<i>Tabella 2 Datasheet modulo (tipologico)</i>	11
<i>Tabella 3 Datasheet inverter (tipologico)</i>	12
<i>Tabella 4 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb_{min}}$</i>	14
<i>Tabella 5 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb_{min}}$</i>	14
<i>Tabella 6 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb_{max}}$</i>	15
<i>Tabella 7 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb_{max}}$</i>	15
<i>Tabella 8 Riepilogo coordinamento moduli-inverter (tipologico)</i>	17
<i>Tabella 9 Datasheet quadri di campo – QdS (tipologico)</i>	18
<i>Tabella 10 Caratteristiche elettriche cavo solare “H1Z2Z2-K”</i>	19
<i>Tabella 11 Caratteristiche elettriche cavo BT “FG16R16”</i>	20
<i>Tabella 12 Tensioni del generatore fotovoltaico</i>	20
<i>Tabella 13 Dati costruttivi “cavo di stringa”</i>	22
<i>Tabella 14 Dati costruttivi “cavo QdS”</i>	22
<i>Tabella 15 Elenco tratte elettriche di progetto (interne campo)</i>	27
<i>Tabella 16 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV</i>	28
<i>Tabella 17 Riepilogo tratte interne</i>	41
<i>Tabella 18 Caratteristiche meccaniche cavi</i>	41
<i>Tabella 19 Tratta elettrica di progetto (esterna al campo)</i>	47
<i>Tabella 20 Caratteristiche meccaniche cavo per tratta esterna</i>	49
<i>Tabella 21 Riepilogo tratte in cavo dell’intero impianto</i>	50



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	4 di 51

1 PREMESSA

IL PRESENTE ELABORATO È RIFERITO AL PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO, SITO IN MONREALE (PA), LOCALITÀ MALVELLO.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 35,94 MW e una potenza nominale di 33,13 MW e presenta la seguente configurazione:

1. Un generatore fotovoltaico suddiviso in 9 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza unitaria pari a 710 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione integrata per la conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura;
4. Elettrodotto interno in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station di cui al punto 2, con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Elettrodotto esterno a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di smistamento della RTN a 220/36 kV in doppia sbarra da collegare in entra – esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico – Ciminna".

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 2 S.R.L., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 – 00186 Roma (RM), P.IVA 16647311006

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- CEI 0-16; V2 (2023-05) “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 11-60 (2002-06) “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”;
- CEI 20-13 e varianti (IEC 60502) Cavi per energia isolati con mescola elastomerica con e senza particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Tensioni nominali da U0/U 0,6/1 a U0/U 18/30 kV in c.a.;
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);
- CEI 20-91 “Cavi elettrici per impianti fotovoltaici” (CEI EN 50618);
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;
- CEI 82-22 “Requisiti per la marcatura e la documentazione dei moduli fotovoltaici” (CEI EN 50380);
- CEI 82-25 (2010) “Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”;
- CEI 82-91 “Dispositivi fotovoltaici Parte 1-2: Misura delle caratteristiche corrente-tensione di dispositivi fotovoltaici (FV) bifacciali” (CEI IEC/TS 60904-1-2);
- CEI-UNEL 00721 “Colori di guaina dei cavi elettrici”;
- CEI-UNEL 00722 “Identificazione delle anime dei cavi”;
- CEI-UNEL 35027 “Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata”;
- CEI-UNEL 35024/1 e CEI-UNEL 35024/2 e Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata;
- Codice di rete **Terna** e relativi allegati;
- Deliberazione ARG/elt 99/08 e s.m.i. – “TESTO INTEGRATO DELLE CONDIZIONI TECNICHE ED ECONOMICHE PER LA CONNESSIONE ALLE RETI CON OBBLIGO DI CONNESSIONE DI TERZI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE (**TESTO INTEGRATO DELLE CONNESSIONI ATTIVE – TICA**)”.

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	6 di 51

3 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Oggetto del presente studio è la descrizione dei criteri di calcolo dell'impianto elettrico necessario per l'interconnessione dell'impianto Agro-Fotovoltaico alla RTN.

La Soluzione Tecnica Minima Generale alla RTN prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento della RTN a 220/36 kV in doppia sbarra da collegare in entrata - esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna".

Avendo a disposizione la sezione a 36 kV nella nuova SE, non ci sarà bisogno di una SE Utente da condividere con altri produttori per la connessione ad uno stallo AT Terna.

La tecnologia relativa alle opere previste in progetto (moduli fotovoltaici ed inverter), e adottate per il dimensionamento del campo Agro-Fotovoltaico sono da intendersi come indicative e tipologiche.

In fase esecutiva potranno di fatto essere adottati elementi tecnologici di fornitori differenti da quelli indicati, con caratteristiche comunque non dissimili a quelle proposte.

La relazione tratterà e analizzerà dettagliatamente le seguenti parti:

- a. Generatore fotovoltaico (lato DC) = accoppiamento moduli ed inverter, linee in cavo DC interne al campo;
- b. Gruppo di conversione e trasformazione = caratteristiche elettriche e meccaniche delle power station (PS);
- c. Linee di interconnessione MT interne = linee in cavo interrato in MT interne al campo;
- d. Cabina di raccolta e smistamento = pianta e sezione con apparecchiature elettromeccaniche;
- e. Linea di interconnessione MT esterna = linea in cavo interrato in MT esterna al campo, congiungente l'impianto di produzione FER con la SE – RTN.

Le opere di progetto ricadono nel comune di Monreale (PA).

L'ubicazione complessiva delle opere e della SE 220/36 kV, si rileva dall'allegato FV.MNR03.PD.H.01 – "INQUADRAMENTO GENERALE SU IGM DELLE OPERE DI RETE E STAZIONE ELETTRICA":

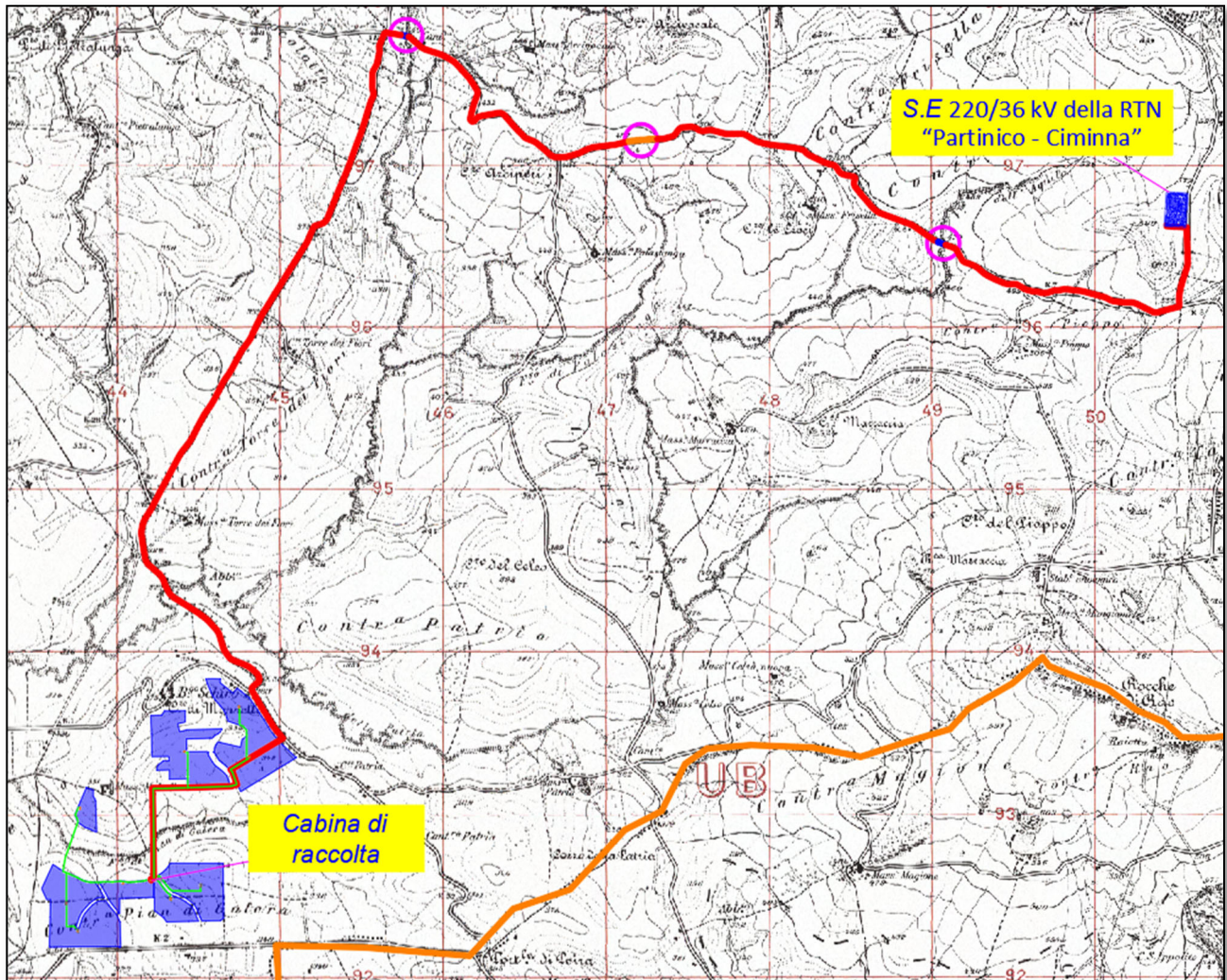


Figura 1 Inquadramento Generale su IGM

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	8 di 51

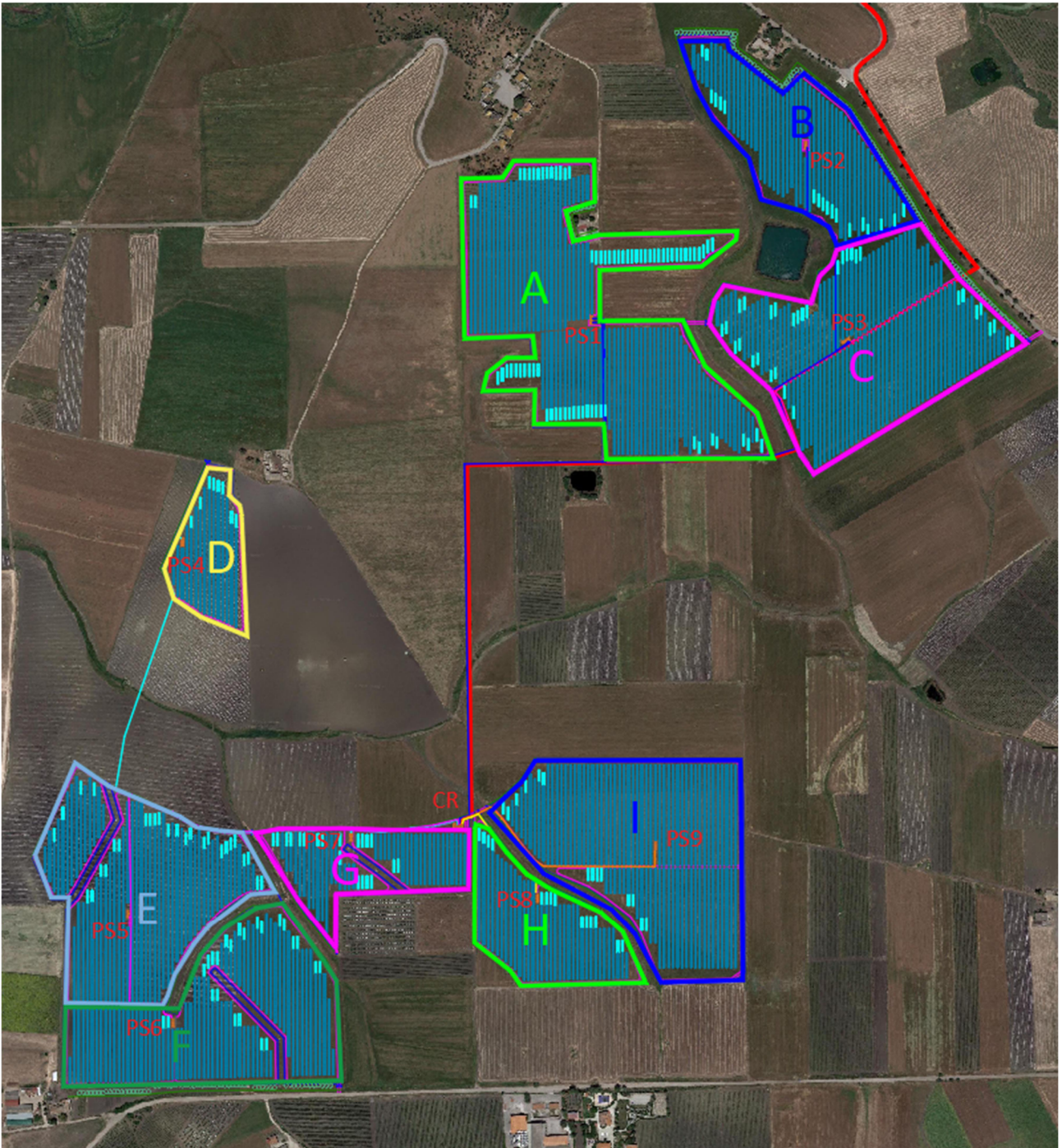


Figura 2. Layout Impianto PV (CAMPI)

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	9 di 51

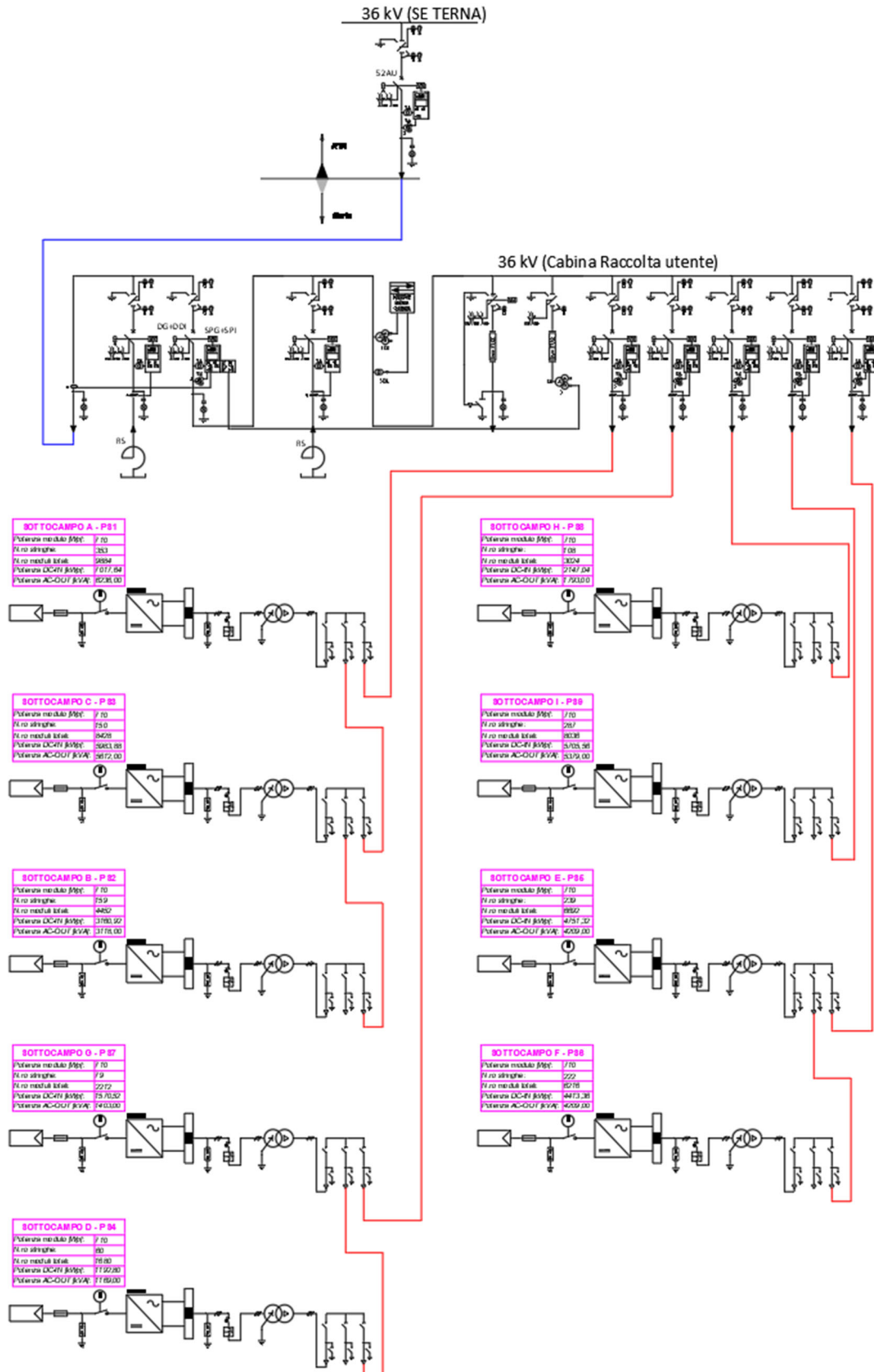


Figura 3 Schema unifilare

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	10 di 51

4 GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da moduli fotovoltaici bifacciali montati su strutture atte a garantire la massima captazione di irraggiamento seguendo il percorso solare e consentendo, di conseguenza, ai moduli di essere sempre nella posizione ottimale di lavoro.

Tali strutture sono dette “tracker” o “**inseguitori solari mono-assiali**”, proprio per questa loro caratteristica funzionale, per i dettagli costruttivi ed installativi fare riferimento alla tavola FV.MNR03.PD.F.01.

Si vuole evidenziare il ricorso ad un ulteriore sistema di efficientamento produttivo del campo fotovoltaico: il **sistema di Backtracking**, il quale consente di ridurre le perdite per auto-ombreggiamento, cioè le perdite da ombreggiamento indotto dai tracker stessi alle file retrostanti. Ciò avviene per mezzo di un sistema logico-adattivo che gestisce contemporaneamente piccoli gruppi di tracker, al fine di ottimizzare dunque le prestazioni del campo FV.

Considerando il **luogo di installazione**, si riportano le temperature ambientali di un “**ANNO METEOROLOGICO TIPICO**”, ottenuto da PVGIS-SARAH2 anni 2005-2020:

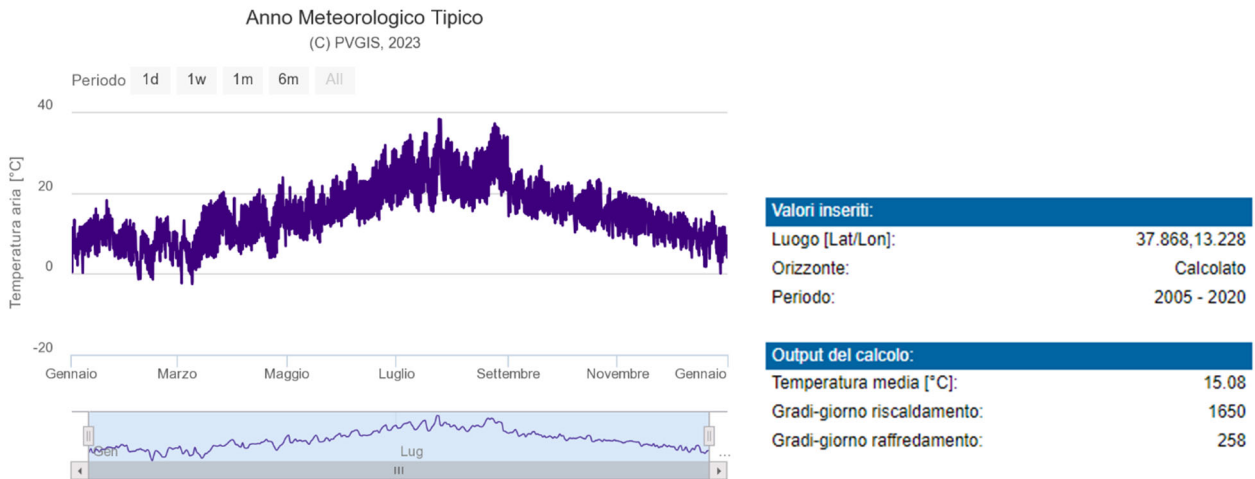


Figura 4 Anno meteorologico tipico – temperatura ambientale

Nella seguente tabella si riportano i risultati:

Temperatura ambientale minima (°C)	0
Temperatura ambientale max (°C)	35
Temperatura ambientale media (°C)	15

Tabella 1 Criteri ambientali di progetto

4.1 Layout e configurazione campo PV (lato DC)

I moduli utilizzati per la configurazione del generatore sono del tipo Mysolar **MS710N-HJTGB**, di seguito si riportano le caratteristiche elettriche:



MS710N-HJTGB

	STC
Maximum Power – Pmax [Wp]	710
Maximum Power Voltage – Vmp [V]	42,40
Maximum Power Current – Imp [A]	16,75
Open-circuit Voltage – Voc [V]	50,44
Short-circuit Current – Isc [A]	17,55
Module Efficiency [%]	22,86
Voc and Isc tolerance [%]	3
Operating Temperature [°C]	-40/+85
Maximum system voltage [V]	1500
Maximum series fuse rating [A]	30
Temperature coefficients of Pmax [%/°C]	-0,26
Temperature coefficients of Voc [%/°C]	-0,24
Temperature coefficients of Isc [%/°C]	0,04
Nominal operating cell temperature – NOCT [°C]	43
BIFACIAL OUTPUT - REAR SIDE POWER GAIN	
5%	745 Wp
15%	816 Wp
25%	887 Wp

Tabella 2 Datasheet modulo (tipologico)

Di seguito le caratteristiche elettriche dei convertitori utilizzati per la configurazione (del tipo INGECON SUN):



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	12 di 51

	1170TL B450	1400TL B540	1500TL B578	1560TL B600	1600TL B615
Input (DC)					
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,157 - 1520 kWp	1,389 - 1,824 kWp	1,487 - 1,952 kWp	1,543 - 2,026 kWp	1,582 - 2,077 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	645 - 1,300 V	769 - 1,300 V	822 - 1,300 V	853 - 1,300 V	873 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V				
Maximum current	1,870 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
Input protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
Output (AC)					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,169 kVA / 1,052 kVA	1,403 kVA / 1,263 kVA	1,502 kVA / 1,352 kVA	1,559 kVA / 1,403 kVA	1,598 kVA / 1,438 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,169 kVA / 1,035 kVA	1,403 kVA / 1,242 kVA	1,502 kVA / 1,330 kVA	1,559 kVA / 1,380 kVA	1,598 kVA / 1,415 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage ⁽⁵⁾	450 V IT System	540 V IT System	578 V IT System	600 V IT System	615 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%				

	1640TL B630	1675TL B645	1715TL B660	1755TL B675	1800TL B690
Input (DC)					
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,620 - 2,128 kWp	1,659 - 2,179 kWp	1,698 - 2,229 kWp	1,736 - 2,280 kWp	1,775 - 2,331 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	894 - 1,300 V	915 - 1,300 V	935 - 1,300 V	957 - 1,300 V	978 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V				
Maximum current	1,870 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
Input protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
Output (AC)					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA	1,676 kVA / 1,508 kVA	1,715 kVA / 1,543 kVA	1,754 kVA / 1,578 kVA	1,793 kVA / 1,613 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,637 kVA / 1,449 kVA	1,676 kVA / 1,484 kVA	1,715 kVA / 1,518 kVA	1,754 kVA / 1,552.6 kVA	1,793 kVA / 1,587 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage ⁽⁵⁾	630 V IT System	645 V IT System	660 V IT System	675 V IT System	690 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%				

Tabella 3 Datasheet inverter (tipologico)

Per il coordinamento dei moduli con l'inverter occorrerà verificare le 3 relazioni riportate in figura 4:

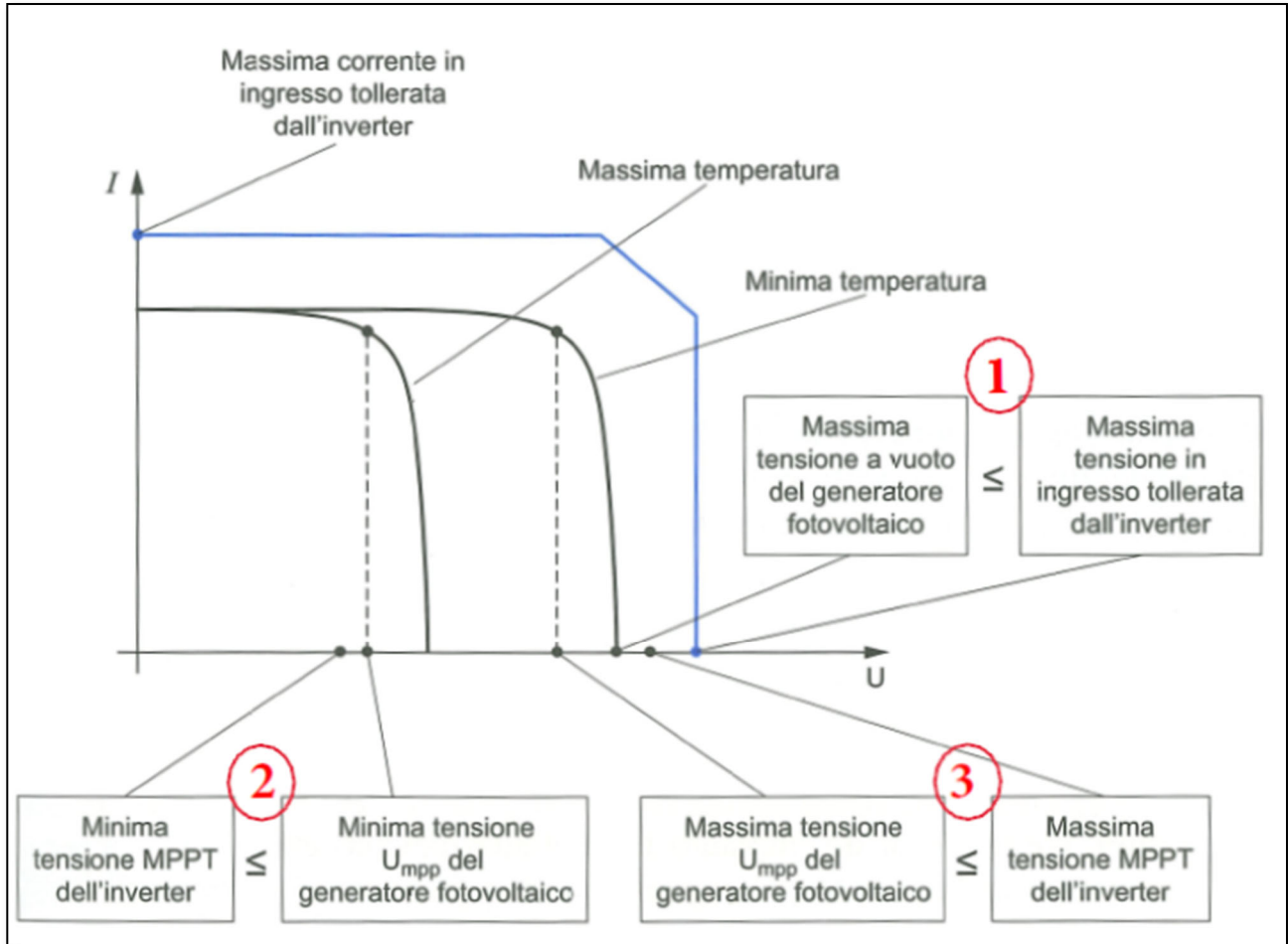


Figura 5 Coordinamento inverter-moduli

Assumendo (vedi tabella 1):

- $T_{amb_{min}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $T_{amb_{max}} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$;

I calcoli sono sviluppati ipotizzando un *REARSIDE POWER GAIN* = 5%;

La relazione 1 è soddisfatta con le stringhe formate da *max 28 moduli in serie*:

- $T_{amb_{min}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$T_{amb} \text{ [}^\circ\text{C]} =$	0
$T_{cella} \text{ [}^\circ\text{C]} =$	0

Parametri modulo MS MS710N-HJTGB per $T_{amb} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	
$P_{max} \text{ [Wp]}$	793,96
$V_{mpp} \text{ [V]}$	44,94
$I_{mpp} \text{ [A]}$	17,41
$V_{oc} \text{ [V]}$	53,47
$I_{sc} \text{ [A]}$	18,24

Tabella 4 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb_{min}}$

mod. x stringa =	28
------------------	----

Valori stringa da 28 moduli per $T_{amb} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	
$P_{max} \text{ [kWp]}$	22,23
$V_{mpp} \text{ [V]}$	1258,43
$I_{mpp} \text{ [A]}$	17,41
$V_{oc} \text{ [V]}$	1497,06
$I_{sc} \text{ [A]}$	18,24

Tabella 5 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb_{min}}$

$$V_{oc_{stringa}} < V_{max_{inverter}}$$

$$V_{oc_{stringa}} = 1497 \text{ V}$$

$$V_{max_{inverter}} = 1500 \text{ V}$$

La relazione 2 è soddisfatta, assumendo :

- $T_{amb,max} = 35 \text{ °C}$;

$T_{amb} \text{ [°C]} =$	35
$T_{cella} \text{ [°C]} =$	58

Parametri modulo MS MS710N-HJTGB per $T_{amb} = 35 \text{ °C}$	
$P_{max} \text{ [Wp]}$	681,54
$V_{mpp} \text{ [V]}$	39,04
$I_{mpp} \text{ [A]}$	17,81
$V_{oc} \text{ [V]}$	46,45
$I_{sc} \text{ [A]}$	18,67

Tabella 6 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb,max}$

mod. x stringa =	28
------------------	----

Valori stringa da 28 moduli per $T_{amb} = 35 \text{ °C}$	
$P_{max} \text{ [kWp]}$	19,08
$V_{mpp} \text{ [V]}$	1093,17
$I_{mpp} \text{ [A]}$	17,81
$V_{oc} \text{ [V]}$	1300,46
$I_{sc} \text{ [A]}$	18,67

Tabella 7 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb,max}$

$$V_{mpp, min_{inverter}} < V_{mpp, min_{stringa}}$$

$$V_{mpp, min_{stringa}} = 1093 \text{ V}$$

$$V_{mpp, min_{inverter}} = \text{a seconda dell'inverter (vedi tabella 3)}$$

Verificata per ogni inverter della famiglia "INGECON SUN"

La relazione 3 è soddisfatta, assumendo :

- $T_{amb_{min}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;

dalla **tabella 5** si ricava che:

$$V_{mpp, max_{stringa}} < V_{mpp, max_{inverter}}$$

$$V_{mpp, max_{stringa}} = 1258 \text{ V}$$

$$V_{mpp, max_{inverter}} = 1300 \text{ V}$$

Verificata per ogni inverter della famiglia del tipo "INGECON SUN"

Dalle considerazioni su esposte, si è effettuato il coordinamento tra moduli ed inverter (*vedi figura 2*), dando origine ai seguenti sottocampi:

- Campo A: 9884 moduli;
- Campo B: 4452 moduli;
- Campo C: 8428 moduli;
- Campo D: 1680 moduli;
- Campo E: 6692 moduli;
- Campo F: 6216 moduli;
- Campo G: 2212 moduli;
- Campo H: 3024 moduli;
- Campo I: 8036 moduli.

Il generatore fotovoltaico è formato da **50624 moduli** da 710 Wp cadauno, per una potenza complessiva di picco pari a **35943,04 kWp**, distribuiti su **1808** stringhe; saranno necessari **22 inverter** per una potenza nominale complessiva di uscita pari a **33128,00 kW**;

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento alla tabella 8.



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	17 di 51

Campo - PS	INV	Sottocampo PV	MS MS710N-HJTGB		P-in (kWp)	INGECON SUN		Qd S con 9 stringhe IN [pz]
			n.ro stringhe	n.ro mod.		Modello Inverter	P-out max (kVA)	
A - PS1	INV1	CampoA_1	88	2464	1749,44	1560TL-B600	1559	10
	INV2	CampoA_2	88	2464	1749,44	1560TL-B600	1559	10
	INV3	CampoA_3	88	2464	1749,44	1560TL-B600	1559	10
	INV4	CampoA_4	89	2492	1769,32	1560TL-B600	1559	10
B - PS2	INV5	CampoB_1	79	2212	1570,52	1560TL-B600	1559	9
	INV6	CampoB_2	80	2240	1590,4	1560TL-B600	1559	9
C - PS3	INV7	CampoC_1	75	2100	1491	1400TL-B540	1403	9
	INV8	CampoC_2	75	2100	1491	1400TL-B540	1403	9
	INV9	CampoC_3	75	2100	1491	1400TL-B540	1403	9
	INV10	CampoC_4	76	2128	1510,88	1400TL-B540	1403	9
D - PS4	INV11	CampoD	60	1680	1192,8	1170TL-B450	1169	7
E - PS5	INV12	CampoE_1	80	2240	1590,4	1400TL-B540	1403	9
	INV13	CampoE_2	80	2240	1590,4	1400TL-B540	1403	9
	INV14	CampoE_3	79	2212	1570,52	1400TL-B540	1403	9
F - PS6	INV15	CampoF_1	74	2072	1471,12	1400TL-B540	1403	9
	INV16	CampoF_2	74	2072	1471,12	1400TL-B540	1403	9
	INV17	CampoF_3	74	2072	1471,12	1400TL-B540	1403	9
G - PS7	INV18	CampoG	79	2212	1570,52	1400TL-B540	1403	9
H - PS8	INV19	CampoH	108	3024	2147,04	1800TL-B690	1793	12
I - PS9	INV20	CampoI_1	95	2660	1888,6	1800TL-B690	1793	11
	INV21	CampoI_2	95	2660	1888,6	1800TL-B690	1793	11
	INV22	CampoI_3	97	2716	1928,36	1800TL-B690	1793	11
TOTALI	9	22	22	1808	50624	35943,04	33128,00	209

Tabella 8 Riepilogo coordinamento moduli-inverter (tipologico)

In prossimità dei tracker, e posizionati in maniera baricentrale, si prevederà l'installazione di quadri di campo, i quali permetteranno il parallelo di più stringhe.

I quadri di campo, nel seguito QdS, oltre a fornire protezione e sezionamento delle singole stringhe, assicureranno un monitoraggio continuo delle grandezze elettriche principali (correnti e tensioni).

Brand/Modello	INGETEAM/INGECON SUN	
N. max di stringhe in input FV	11	
Corrente di impiego Imp (A)	20	
Tensione max DC (V)	1500	
Fusibile	Uno per polo	
Scaricatore	Tipo I e II	
Sezionatore DC	250 A, 2 poli	
Peso (kg)	40	
Dimensioni (L x A x P) (mm)	930 x 730 x 260	

Tabella 9 Datasheet quadri di campo – QdS (tipologico)

4.2 Dimensionamento cavi DC

In considerazione delle connessioni progettate e dimensionate, si andranno ad utilizzare due tipologie di cavi in condizioni di posa differenti:

- **H1Z2Z2-K**: Cavo solare *“in aria”* per la connessione fisica fra i moduli FV e il Quadro di Stringa (QdS) dedicato;
- **FG16R16**: Cavo BT (DC) *“in tubo interrato”* per la connessione fra il Quadro di Stringa (QdS) e gli Inverter Centralizzati disposti internamente alle Power Station.

Nel seguito si riporta una diagramma in cui si chiarisce quanto sopra descritto:



Figura 6 Collegamento elettrico LATO DC



Tensione nominale U_0	1000V(AC) 1500V(DC)	Nominal voltage U_0
Tensione nominale U	1000V(AC) 1500V(DC)	Nominal voltage U
Tensione di prova	6500 V AC	Test voltage
Tensione massima U_m	1200V(AC) 1800V(DC Anche verso Terra)	Maximun voltage U_m
Temperatura massima di esercizio	+90°C +120°C sul conduttore	Maximun operating temperature
Temperatura massima di corto circuito	+250°C/5s	Maximun short circuit temperature
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-40°C	Min. operating temperature (without mechanical shocks)
Temperatura minima di installazione e maneggio	-40°C to +90°C	Minimum installation and use temperature

Tabella 10 Caratteristiche elettriche cavo solare “H1Z2Z2-K”



Tensione nominale U_0	600V(AC) 1800V(DC)	Nominal voltage U_0
Tensione nominale U	1000V(AC) 1800V(DC)	Nominal voltage U
Tensione di prova	4000 V	Test voltage
Tensione massima U_m	1200V(AC) 1800V(DC)	Maximum voltage U_m
Temperatura massima di esercizio	90	Maximum operating temperature
Temperatura massima di corto circuito per sezioni fino a 240mm ²	250	Maximum short circuit temperature for sections up to 240mm ²
Temperatura massima di corto circuito per sezioni oltre 240mm ²	220	Maximum short circuit temperature for sections over 240mm ²
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-15°C	Min. operating temperature (without mechanical shocks)
Temperatura minima di installazione e maneggio	0°C	Minimum installation and use temperature

Tabella 11 Caratteristiche elettriche cavo BT "FG16R16"

Per la scelta dei cavi si è considerato la tensione a vuoto, del generatore fotovoltaico, relativa alla più bassa temperatura ambiente ipotizzabile ($T_{amb_{min}} = 0\text{ °C}$):

mod. x stringa =	28
-------------------------	-----------

Valori stringa da 28 moduli per $T_{amb} = 0\text{ °C}$	
V_{mpp} [V]	1258,43
V_{oc} [V]	1497,06

Assumendo un fattore moltiplicativo per le tensioni del generatore (K_{safe}) pari a **1,1** (IEC TS 62257-7-1 art. 6.1.4.2), si ricavano le tensioni di esercizio e massima (lato DC):

IEC TS 62257-7-1 art. 6.1.4.2
K_{safe} = 1,10

Tens. max del gen. PV con stringa da 28 moduli, $T_{amb} = 0\text{ °C}$, fattore bifacc. del 5 % e $K_{safe} = 1,1$
U_m [V] = 1646,77

Tens. eserc. del gen. PV con stringa da 28 moduli, $T_{amb} = 0\text{ °C}$, fattore bifacc. del 5 % e $K_{safe} = 1,1$
U_{nom} [V] = 1384,28

Tabella 12 Tensioni del generatore fotovoltaico

I valori calcolati sono opportunamente inferiori alle tensioni di isolamento “soportate” dai cavi elettrici scelti, riportate rispettivamente nella *Tabella 10* e nella *Tabella 11*, ed evidenziate di seguito:

CEI 20-91 CEI EN 50618	H1Z2Z2-K	SOLAR ENERGY	VERIFICA	
DC	$U_0 [V] = 1500,00$		1384 V < 1500 V	OK
	$U [V] = 1500,00$		1384 V < 1500 V	OK
	$U_m [V] = 1800,00$		1646 V < 1800 V	OK

CEI 20-13 + V1 IEC 60502	FG16R16	0,6/1 kV	VERIFICA	
DC	$U_0 [V] = 1800,00$		1384 V < 1800 V	OK
	$U [V] = 1800,00$		1384 V < 1800 V	OK
	$U_m [V] = 1800,00$		1646 V < 1800 V	OK

Come regola generale, la sezione di un cavo deve essere tale per cui:

$$I_b \text{ (corrente impiego del circuito)} \leq I_z \text{ (portata del cavo)}$$

$$\text{Perdite di potenza \% (lungo la linea)} \leq 2\%$$

Per il dimensionamento si è ipotizzato (vedi figura 6):

- L_{STR} =lunghezza dei cavi di collegamento dai moduli ai quadri di campo (QdS) = **0,075 km** (mediamente);
- L_{QDS} =lunghezza dei cavi di collegamento dai quadri di campo all’inverter = **0,20 km** (mediamente).

Per le correnti di impiego si è assunto prudenzialmente una maggiorazione del 25%, rispetto alla corrente di corto @STC [Isc].

Le portate dei cavi sono state elaborate tenendo conto dei fattori correttivi, relativamente alla determinata condizione di installazione prevista:

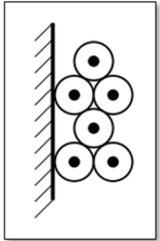
- **H1Z2Z2-K**: Cavo solare “*in aria*” (**CEI UNEL 35024/1**);
- **FG16R16**: Cavo BT (DC) “*in tubo interrato*” (**CEI UNEL 35026**).

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	22 di 51

Di seguito i risultati del dimensionamento:

Cavo per il collegamento elettrico fra i moduli FV (stringa) e il Quadro di Stringa (QdS) dedicato:

Stringa formata da 28 moduli da 710 [Wp] @STC											
Potenza di stringa @STC [kWp] =	19,88										
Lmedia di stringa [km] =	0,075										
Tensione di stringa @STC [V] =	1187,20										
Corrente di corto stringa @STC [A] =	17,55										
Corrente impiego stringa Imp @STC [A] =	16,75										
(Cavo solare H1Z2Z2-K) Sezione - Tipo [mmq]	4 - Cu OK										
Portata di corrente [Io]	55,00										
Portata in aria @60 °C e n° 6 circuiti raggr. [Iz]	27,82										
Max perdite potenza desiderate [%]	2,00%										
Corrente di corto magg. di stringa @STC [A] = 21,94											
Verifica: (Isc@stc*1,25) < Iz & perd.potenza[%] < 2%											
Ktot = 0,51											
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Condizioni di posa CEI UNEL 35024/1</th> </tr> <tr> <td>T amb. [°C] =</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>n.ro circuiti =</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Carico variab.-intermittente</td> <td>CEI UNEL 35024/1 par. 4.4</td> </tr> <tr> <td>Fattore corr. carico interm.-var. =</td> <td>1,25</td> </tr> </table>		Condizioni di posa CEI UNEL 35024/1		T amb. [°C] =	60	n.ro circuiti =	6	Carico variab.-intermittente	CEI UNEL 35024/1 par. 4.4	Fattore corr. carico interm.-var. =	1,25
Condizioni di posa CEI UNEL 35024/1											
T amb. [°C] =	60										
n.ro circuiti =	6										
Carico variab.-intermittente	CEI UNEL 35024/1 par. 4.4										
Fattore corr. carico interm.-var. =	1,25										
cdt [kV]	0,01										
cdt [%]	0,0011%										
perdite potenza [kW]	0,21										
perdite potenza [%]	1,08%										
utilizzo del cavo [Ib/Iz] [%]	79%										




Dati costruttivi cavo H1Z2Z2-K SOLAR ENERGY

Sezione - Tipo	Øconduttore	Spessore isolante	Øext massimo	Peso
(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)
4 - Cu	2,5	0,7	6,6	58,2

Tabella 13 Dati costruttivi "cavo di stringa"

Cavo BT (DC) per il collegamento elettrico tra il Quadro di Stringa (QdS) e gli Inverter (DC-combiner):

QdS con 9 stringhe IN [pz]															
Potenza uscita QdS @STC [kWp] =	178,92														
Lmedia [km] =	0,20														
Tensione esercizio QdS @STC [V] =	1187,20														
Corrente di corto QdS @STC [A] =	157,95														
Corrente impiego QdS Imp @STC [A] =	150,75														
(Cavo FG16R16) Sezione - Tipo [mmq]	95 - Cu OK														
Portata di corrente [Io]	258,00														
Portata in tubo interrato corretta con coeff. TOTALE 0,79625 [Iz]	205,43														
Max perdite potenza desiderate [%]	2,00%														
Corrente di corto magg. di QdS @STC [A] = 197,44															
Verifica: (Isc@stc*1,25) < Iz & perd.potenza[%] < 2%															
Ktot = 0,80															
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Condizioni di posa CEI UNEL 35026</th> </tr> <tr> <td>T terreno [°C] =</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>N.ro circuiti =</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Prof. posa [m] =</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Resist.termica</td> <td>terreno o sabbia umid.media</td> </tr> <tr> <td>Carico variab.-intermittente</td> <td>CEI UNEL 35026 par. 4.2 - 4.3</td> </tr> <tr> <td>Fattore corr. carico interm.-var. =</td> <td>1,25</td> </tr> </table>		Condizioni di posa CEI UNEL 35026		T terreno [°C] =	20	N.ro circuiti =	4	Prof. posa [m] =	1	Resist.termica	terreno o sabbia umid.media	Carico variab.-intermittente	CEI UNEL 35026 par. 4.2 - 4.3	Fattore corr. carico interm.-var. =	1,25
Condizioni di posa CEI UNEL 35026															
T terreno [°C] =	20														
N.ro circuiti =	4														
Prof. posa [m] =	1														
Resist.termica	terreno o sabbia umid.media														
Carico variab.-intermittente	CEI UNEL 35026 par. 4.2 - 4.3														
Fattore corr. carico interm.-var. =	1,25														
cdt [kV]	0,01														
cdt [%]	0,0010%														
perdite potenza [kW]	1,87														
perdite potenza [%]	1,05%														
utilizzo del cavo [Ib/Iz] [%]	96%														



Dati costruttivi cavo FG16R16 0,6/1 kV CPR Cca-s3,d1,a3

Sezione - Tipo	Øconduttore	Spessore isolante	Øext massimo	Peso
(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)
95 - Cu	13,3	1,1	20,4	991

Tabella 14 Dati costruttivi "cavo QdS"

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	23 di 51

5 GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE

La Power Station, nel seguito PS, serie FSK B, è una soluzione chiavi in mano che può essere configurata in base alle esigenze impiantistiche. È stata concepita per ridurre al minimo i lavori di installazione e messa in servizio.

Questa soluzione MT è una vera e propria power station "*chiavi in mano*". Fino a quattro inverter fotovoltaici (tensione di ingresso = 1500 V), insieme a tutti gli altri componenti LV e MV, sono forniti completamente integrati, cablati e testati in fabbrica.

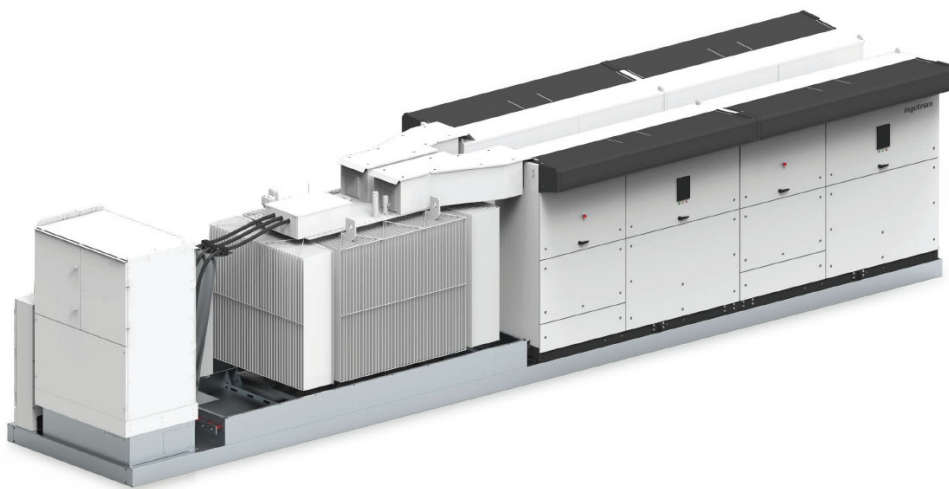


Figura 7 Gruppo di conversione e trasformazione "INGECON SUN - FSK B Series"(tipologico)

Viene fornita di serie con le seguenti attrezzature:

- Da uno a quattro inverter solari INGECON SUN Power B Series;
- Trasformatore ermetico in olio, con tensione secondaria a 36 kV;
- Quadro elettrico MT (36 kV);
- Trasformatore per servizi ausiliari;
- Quadro di bassa tensione.

Uno schema elettrico tipico di una Power Station è il seguente:

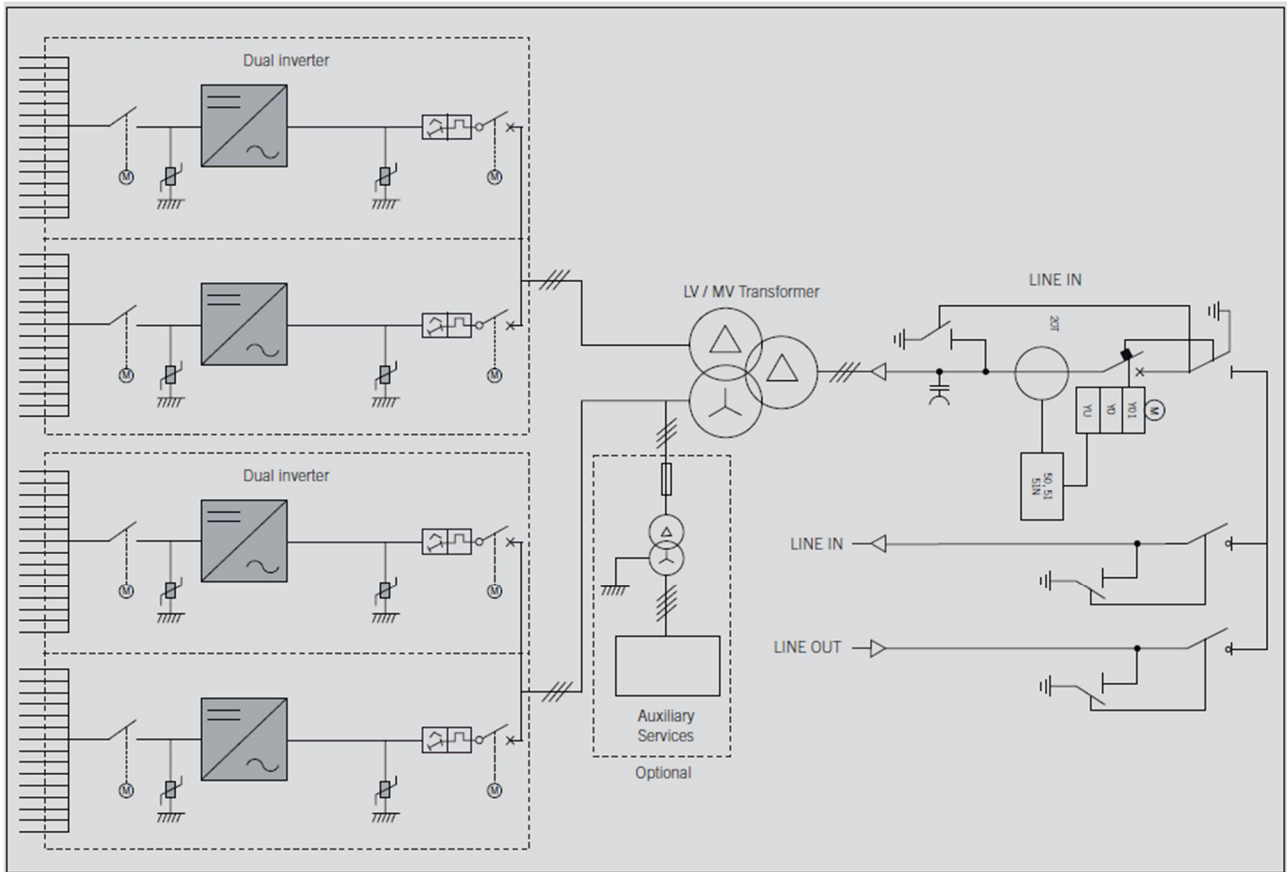


Figura 8 Schema elettrico Power Station tipologico

Per la composizione e numero di PS, fare riferimento alla **Tabella 8**.

Le PS in configurazione “**entra-esce**” permettono di collegare in serie diversi sottocampi, così come meglio evidenziato nelle figure seguenti:

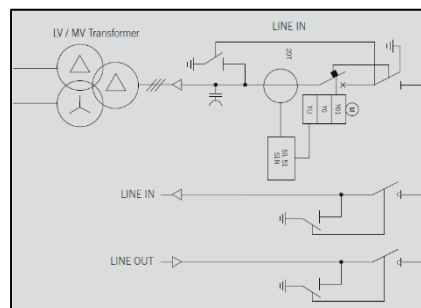


Figura 9. “Entrata esce” della PS

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	25 di 51

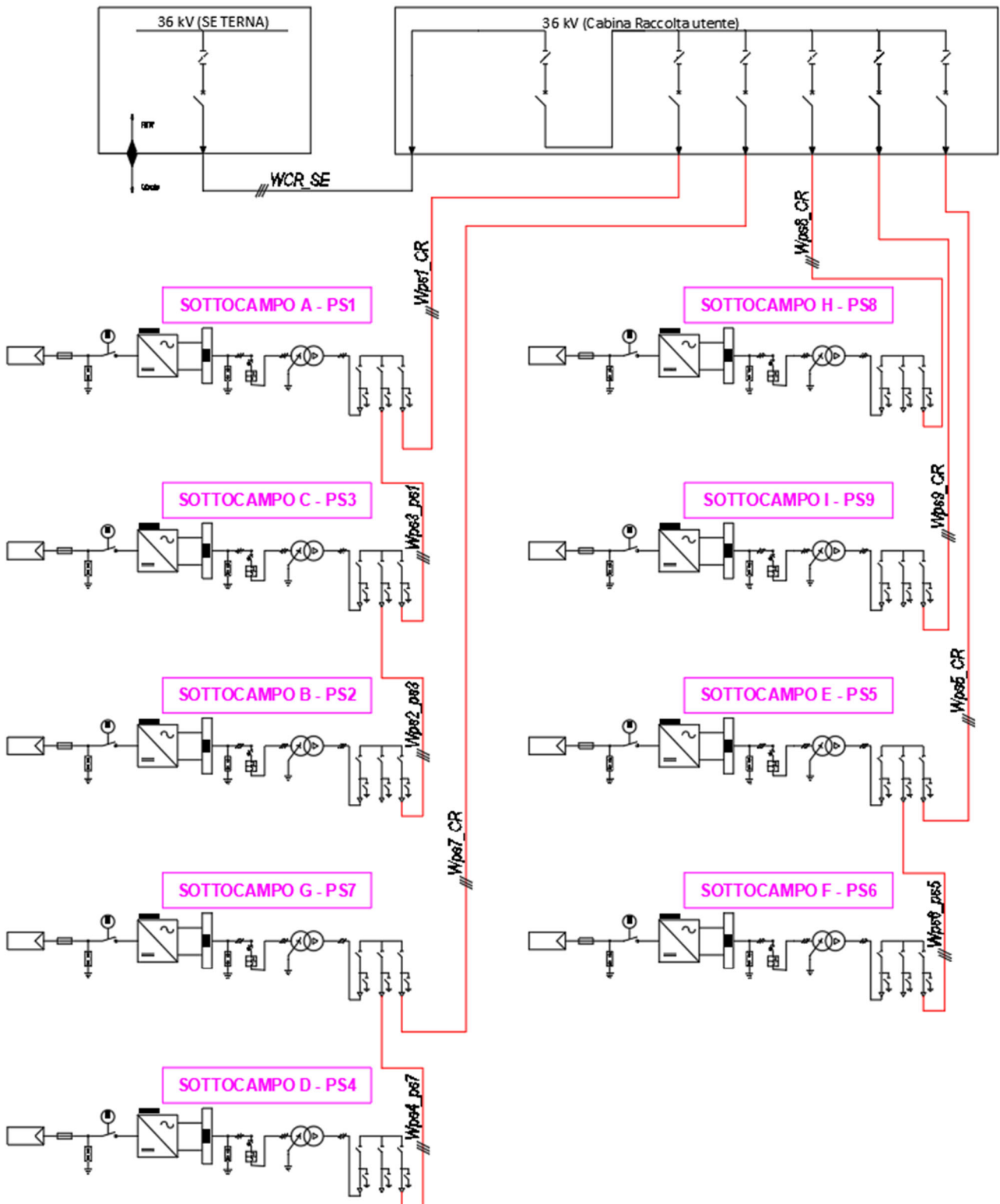


Figura 10 Configurazione "entra-esce" delle PS

6 LINEE DI INTERCONNESSIONE MT INTERNE

Considerando la distribuzione dei sottocampi nell'impianto (figura 2), e facendo riferimento allo schema di figura 10, si riporta di seguito l'elenco delle tratte di progetto, che interessano i collegamenti elettrici delle varie power station con la cabina di raccolta utente;

dette tratte sono denominate "interne" (al campo PV), per distinguerle dalla tratta "esterna", alla medesima tensione (36kV), che collega la cabina di raccolta con la sezione a 36 kV della stazione elettrica TERNA.

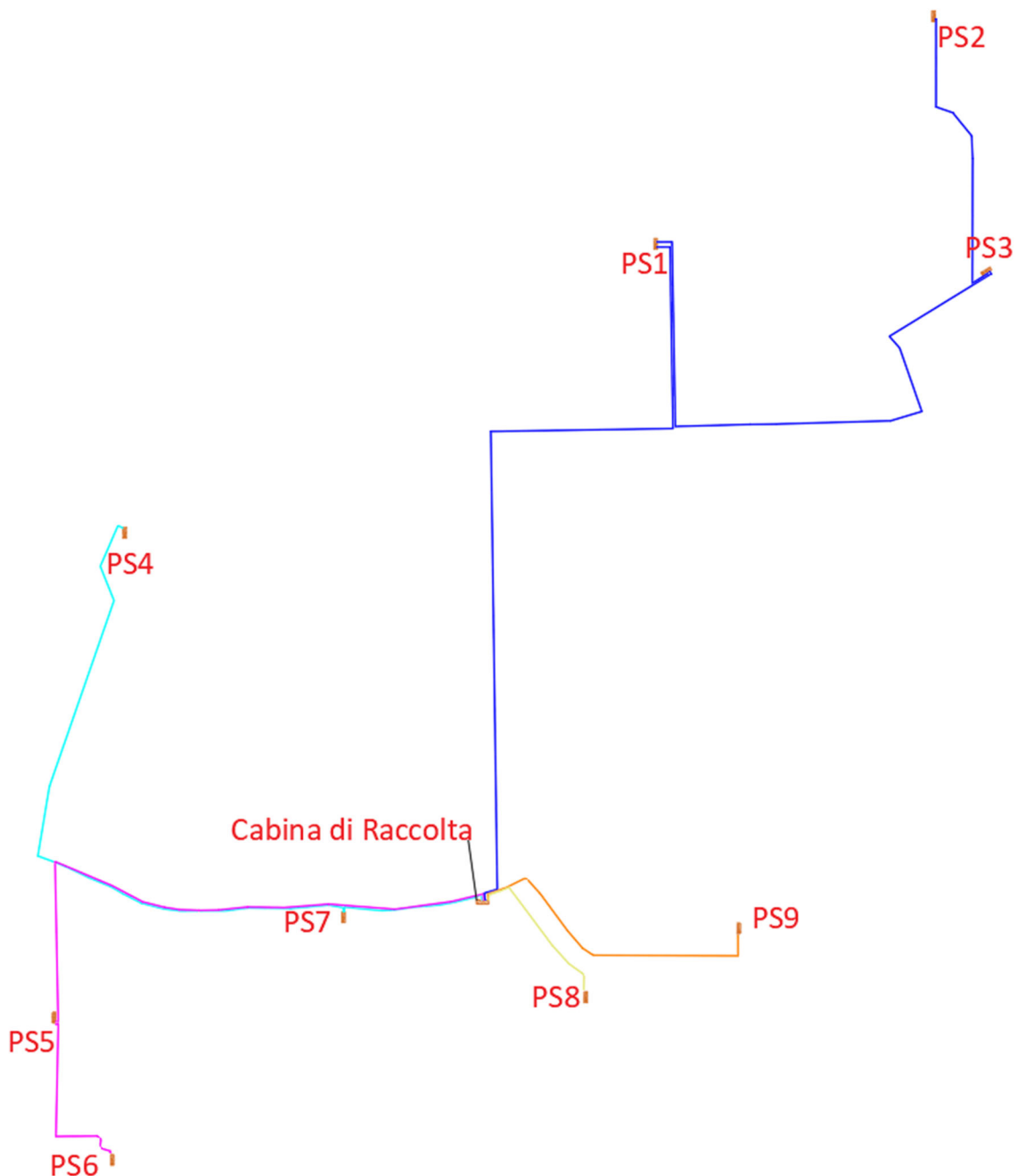


Figura 11 Tratte interne MT "36kV"

PARCO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI MONREALE (PA) - DESCRIZIONE DELLE TRATTE DI PROGETTO									
Denominazione Tratta	Tratta elettrica [m]	Tratta elettrica con sfrido del 10% [m]	N° Terme	Scavo cavidotto/elettrodotta [m]					
				Strada Asfaltata	T.O.C.	In canalizz. metallica a parete	Attraversamento sub-alveo	Strada Sterrata	Terreno agricolo
Wps2_ps3	368	405	1						368
Wps3_ps1	787	866	1						787
Wps1_CR	1030	1133	1						1030
Wps9_CR	380	418	1						380
Wps8_CR	188	207	1						188
Wps4_ps7	815	897	1						815
Wps7_CR	180	198	1						180
Wps6_ps5	219	241	1						219
Wps5_CR	735	809	1						735

Tabella 15 Elenco tratte elettriche di progetto (interne campo)

Considerando la distribuzione delle power station, si è deciso di suddividere il campo fotovoltaico in **cinque** zone elettricamente indipendenti, ognuna con un proprio arrivo nella cabina di raccolta (CR):

- **Zona A:** PS1-PS2-PS3;
- **Zona B:** PS8;
- **Zona C:** PS9;
- **Zona D:** PS4-PS7;
- **Zona E:** PS5-PS6.

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	28 di 51

6.1 Tipologia Cavi

Per il collegamento elettrico in MT, si prevede l'utilizzo di cavi unipolari di tipo ARE4H5E-18/30 kV,



Figura 12 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV

Norma di riferimento

HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
($R_{max} 3\Omega/Km$)

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

aventi le seguenti caratteristiche:

<i>Tensione nominale [U_o]</i>	18 kV
<i>Tensione nominale [U]</i>	30 kV
<i>Tensione di prova</i>	63 kV
<i>Tensione massima U_m</i>	36 kV
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C

Tabella 16 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV

6.2 Tipologia Posa

Il cavo MT, che interessa il collegamento tra il parco fotovoltaico, la cabina di raccolta e la stazione elettrica, seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17.

Sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati (modalità di posa tipo M), ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e/o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato (modalità di posa N) o in canalizzazione metallica a parete (modalità di posa E).

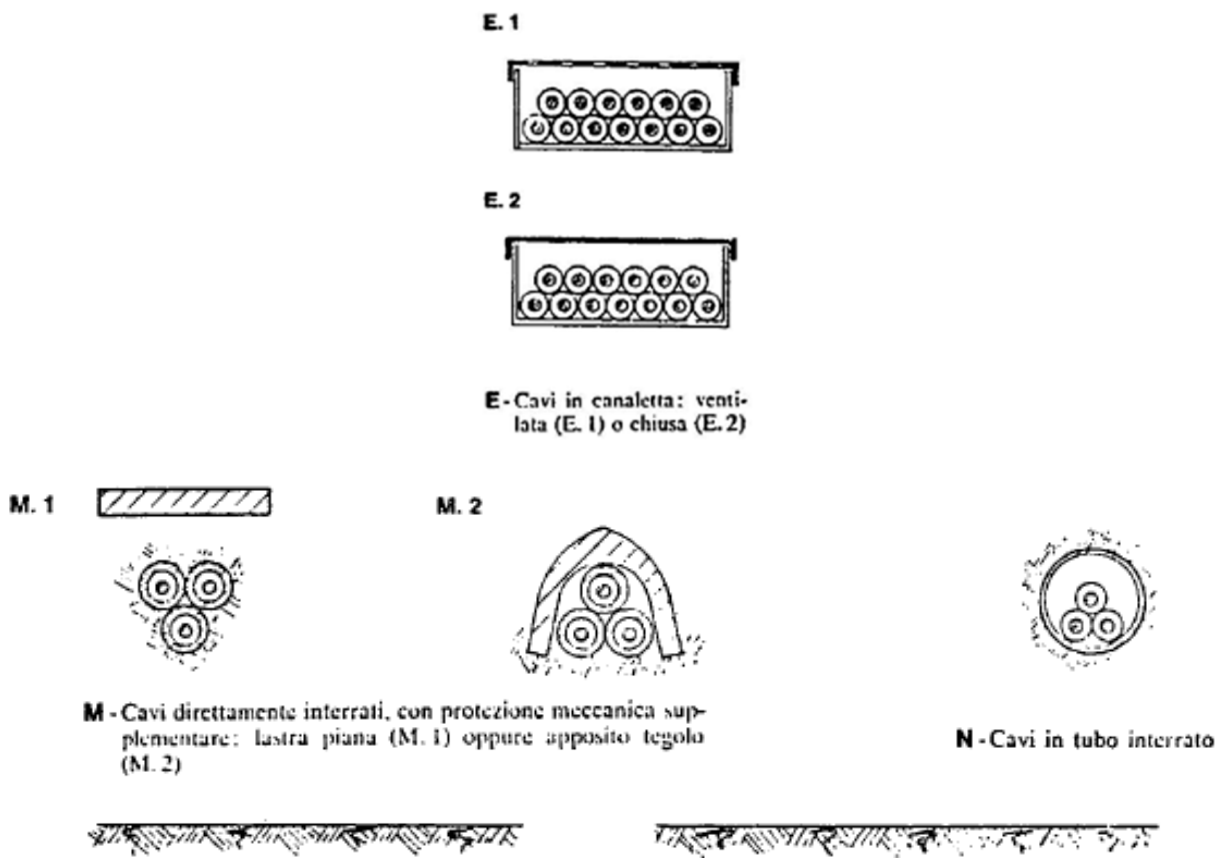


Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17)

La posa verrà eseguita ad una profondità tra 1,0 – 1,5 m.

Il tracciato del cavo, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

- Scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili;
- Letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee elettriche avvolte ad elica;
- Corda nuda in rame (o in alluminio) per la protezione di terra (avente, come previsto da norma CEI EN 61936-1, una sezione maggiore o uguale di 16 mm² per il rame e 35 mm² nel caso di alluminio, e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- Riempimento per almeno 30 cm con sabbia;
- Inserimento per tutta la lunghezza dello scavo, e in corrispondenza dei cavi, delle tegole protettive in plastica rossa per la protezione e individuazione del cavo stesso;
- Nastro in PVC di segnalazione;
- Rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte (terreno compattato e sottofondo stradale).

Si riporta di seguito sezione generica dell'elettrodotto:

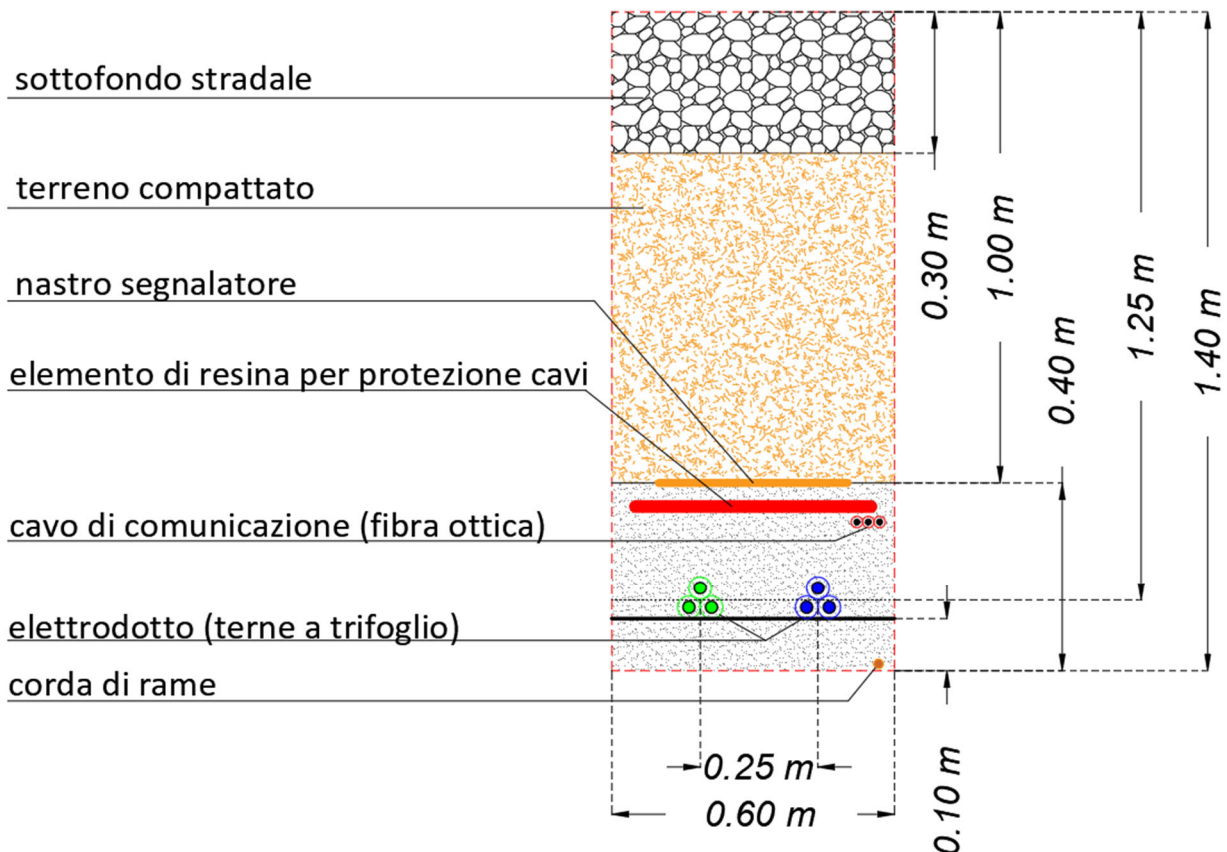


Figura 14 Sezione scavo per cavi direttamente interrati

6.3 DIMENSIONAMENTO CAVI MT

Per il dimensionamento dei cavi in MT è stato adoperato il criterio termico (come indicato dalla CEI UNEL 35027), utilizzando il criterio elettrico come ulteriore verifica delle sezioni scelte. Per il criterio termico è necessario individuare innanzitutto la corrente d'impiego I_b per la singola tratta, in modo da garantire che la portata del cavo I_0 (opportunamente corretta) sia sempre maggiore della corrente d'impiego prevista.

$$I_z = K_{ta} * K_{tt} * K_r * K_p * K_n * K_{ut} * I_0 > I_b$$

Dove:

- K_{ta} è il coefficiente di correzione per posa in aria a temperatura ambientale diversa da 30°C;
- K_{tt} è il coefficiente di correzione per posa interrata a temperatura ambientale diversa da 20°C;
- K_n è il coefficiente di correzione per numero di conduttori caricati nello stesso scavo;
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m;
- K_r è il coefficiente di correzione per valore di resistività termica del terreno diversa da 1,5 K*m/W;
- K_{ut} è il coefficiente di correzione impostato da progettista.

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavo, nelle condizioni di funzionamento ordinario e particolari previsti (per es. avviamento motori), sia entro valori accettabili in relazione al servizio. Indicazioni circa i valori ammissibili per la caduta di tensione possono essere ricavati dalle norme relative agli apparecchi utilizzatori connessi e dalle norme relative agli impianti, ove applicabili. Nel caso specifico si assume:

$$\Delta V = K_L \cdot (R \cos\varphi + X \sin\varphi) \leq 5\%$$

Dove:

- K_L = coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R = resistenza del cavo;
- X = reattanza del cavo;
- I = corrente di impiego (I_b);
- $\cos\varphi$ = fattore di potenza.

Si riportano, di seguito, i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte di cavo, **interne** al parco (collegamento delle varie power station (PS) con la cabina di raccolta);

Ogni tratta è codificata nel formato W_{xx_yy} (**vedi tabella 15**), dove:

- XX è indicata la partenza;
- YY è indicato l'arrivo.

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	32 di 51

6.3.1 Wps2_ps3

Tratta di cavo congiungente la PS2 (sottocampo B) con la PS3 (sottocampo C):

Wps2_ps3

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	3118,00	
Potenza attiva (kW)	3118,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente di impiego Ib (A) = 50,00

Lunghezza tratta (km) = 0,41

Verifica: Ib < Iz & cdt [%] < 5 %	OK
---	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50 - Al

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD			
30°	temp. amb. posa in aria (Kta)	30	1,00
20°	temp.posa interr.(Ktt)	20	1,00
1,5 K*m/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,97
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot =	0,79

Portata cavo Io (A) = 146,64

Portata media cavo Io_{media} (A) = 134,16 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) Portata cavo Iz (A) = 116,21

cdt (kV)	0,0257
cdt (%)	0,07%
perdite potenza (kW)	2,2232
perdite potenza (%)	0,07%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	43%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al- Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
Icc,max (kA) =	4,60

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	33 di 51

6.3.2 Wps3_ps1

Tratta di cavo congiungente la PS3 (sottocampo B + sottocampo C) con la PS1 (sottocampo A):

Wps3_ps1

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	8730,00	
Potenza attiva (kW)	8730,000	

$\cos \varphi = 1,00$ $\sin \varphi = 0,00$

Corrente di impiego I_b (A) = 140,01

Lunghezza tratta (km) = 0,87

Verifica: Ib<Iz & cdt[%]<5 %	OK
------------------------------------	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	95 - Al

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,361	0,130	0,170	3,50

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD		
30°	temp. amb. posa in aria (Kta)	30
20°	temp. posa interr.(Ktt)	20
1,5 K*m/W	resist.terreno (Kr)	1,00
80 cm	prof. posa interr. (Kp)	100
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza
		0,95
		0,79

Portata cavo I₀ (A) = 214,50

Portata media cavo I_{0,medio} (A) = 198,38 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) Portata cavo I_z (A) = 169,99

cdt (kV)	0,0758
cdt (%)	0,21%
perdite potenza (kW)	18,3916
perdite potenza (%)	0,21%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	82%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al- Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	95
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA) =	8,74

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	34 di 51

6.3.3 Wps1_CR

Tratta di cavo congiungente la PS1 (sottocampo B + sottocampo C + sottocampo A) con la cabina di raccolta (CR):

Wps1_CR

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	14966,00	
Potenza attiva (kW)	14966,000	

$\cos \varphi = 1,00$ $\sin \varphi = 0,00$

Corrente di impiego **I_b (A) = 240,02**

Lunghezza tratta (km) = 1,13

Verifica:	OK
I _b < I _z & cdt [%] < 5 %	OK

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,187	0,120	0,220	3,80

Tipo di posa: interrato a trifoglio

Portata cavo I₀ (A) = 308,10

Portata media cavo I_{0,media} (A) = 287,82 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

STD			
30°	temp. amb. posa in aria (K _{ta})	30	1,00
20°	temp. posa interr. (K _{tt})	20	1,00
1,5 K*m/W	resist. terreno (K _r)	terreno compatto umid. norm.	1,00
80 cm	prof. posa interr. (K _p)	100	0,97
1	n.ro terne orizz. (K _n)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff. utente (K _{ut})	coeff. sicurezza	0,95
		K_{tot} =	0,79

Portata cavo I_z (A) = 244,17

effettiva (con correzione)	
cdt (kV)	0,0881
cdt (%)	0,24%
perdite potenza (kW)	36,6446
perdite potenza (%)	0,24%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	98%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al-Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	185
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA)	17,02

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	35 di 51

6.3.4 Wps9_CR

Tratta di cavo congiungente la PS9 (sottocampo I) con la cabina di raccolta (CR):

Wps9_CR

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	5379,00	
Potenza attiva (kW)	5379,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente di impiego Ib (A) = 86,27

Lunghezza tratta (km) = 0,42

Verifica: Ib<Iz & cdt[%]<S %	OK
------------------------------------	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50- Al

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD			
30°	temp. amb. posa in aria (Kta)	30	1,00
20°	temp.posa interr.(Ktt)	20	1,00
1,5 K*m/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,97
1	n.ro terne orizz. (Kni)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot =	0,79

Portata cavo Io (A) = 146,64

Portata *media* cavo Io_{media} (A) = 134,16 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) Portata cavo Iz (A) = 116,21

cdt (kV)	0,0451
cdt (%)	0,13%
perdite potenza (kW)	6,7457
perdite potenza (%)	0,13%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	74%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al- Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
Icc,max (kA) =	4,60

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	36 di 51

6.3.5 Wps8_CR

Tratta di cavo congiungente la PS8 (sottocampo H) con la cabina di raccolta (CR):

Wps8_CR

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	1793,00	
Potenza attiva (kW)	1793,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente di impiego Ib (A) = 28,76

Lunghezza tratta (km) = 0,21

Verifica: Ib < Iz & cdt [%] < 5 %	OK
---	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50 - Al

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD			
30°	temp. amb. posa in aria (Kta)	30	1,00
20°	temp.posa interr.(Ktt)	20	1,00
1,5 K*m/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,97
1	n.ro terne orizz. (Kni)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot =	0,79

Portata cavo Io (A) = 146,64

Portata *media* cavo Io_{medio} (A) = 134,16 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) Portata cavo Iz (A) = 116,21

cdt (kV)	0,0075
cdt (%)	0,02%
perdite potenza (kW)	0,3712
perdite potenza (%)	0,02%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	25%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al- Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
Icc,max (kA) =	4,60

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	37 di 51

6.3.6 Wps4_ps7

Tratta di cavo congiungente la PS4 (sottocampo D) con la PS7 (sottocampo G):

Wps4_ps7

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	1169,00	
Potenza attiva (kW)	1169,000	

$\cos \varphi = 1,00$ $\sin \varphi = 0,00$

Corrente di impiego I_b (A) = 18,75

Lunghezza tratta (km) = 0,90

Verifica: $I_b < I_z$ & cdt [%] < 5 % **OK**

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm²-tipo)	50 - Al

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Portata cavo I_o (A) = 146,64

Portata media cavo I_{o,media} (A) = 134,16 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

STD		
30°	temp. amb. posa in aria (K _{ta})	30
20°	temp.posa interr.(K _{tt})	20
1,5 K*m/W	resist.terreno (K _r)	terreno compatto umid.norm.
80 cm	prof.posa interr. (K _p)	100
1	n.ro terne orizz. (K _{ni})	2 terne a 25 cm
1	coeff.utente (K _{ut})	coeff.sicurezza
		0,95
		K_{tot} = 0,79

effettiva (con correzione) **Portata cavo I_z** (A) = 116,21

cdt (kV)	0,0211
cdt (%)	0,06%
perdite potenza (kW)	0,6837
perdite potenza (%)	0,06%
utilizzo del cavo [I_b/I_z] (%)	16%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
I_{cc,max} (kA) =	4,60

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	38 di 51

6.3.7 Wps7_CR

Tratta di cavo congiungente la PS7 (sottocampo D + sottocampo G) con la cabina di raccolta (CR):

Wps7_CR

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	2572,00	
Potenza attiva (kW)	2572,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente di impiego Ib (A) = 41,25

Lunghezza tratta (km) = 0,20

Verifica: Ib<Iz & cdt[%]<S %	OK
------------------------------------	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50- Al

@50°C			
R	X	C	θext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD			
30°	temp. amb. posa in aria (Kta)	30	1,00
20°	temp.posa interr.(Ktt)	20	1,00
1,5 K*m/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,97
1	n.ro terne orizz. (Kni)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot =	0,79

Portata cavo Io (A) = 146,64

Portata *media* cavo Io_{media} (A) = 134,16 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) Portata cavo Iz (A) = 116,21

cdt (kV)	0,0102
cdt (%)	0,03%
perdite potenza (kW)	0,7306
perdite potenza (%)	0,03%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	35%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al- Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
Icc,max (kA) =	4,60

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	39 di 51

6.3.8 Wps6_ps5

Tratta di cavo congiungente la PS6 (sottocampo F) con la PS5 (sottocampo E):

Wps6_ps5

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	4209,00	
Potenza attiva (kW)	4209,000	

$\cos \varphi = 1,00$ $\sin \varphi = 0,00$

Corrente di impiego I_b (A) = 67,90

Lunghezza tratta (km) = 0,24

Verifica: Ib<Iz & cdt [%]<S %	OK
-------------------------------------	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50 - Al

@50°C			
R	X	C	θext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD			
30°	temp. amb. posa in aria (Kta)	30	1,00
20°	temp.posa interr.(Ktt)	20	1,00
1,5 K*m/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,97
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot =	0,79

Portata cavo I₀ (A) = 146,64

Portata media cavo I_{0,media} (A) = 134,16 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) Portata cavo I_z (A) = 116,21

cdt (kV)	0,0204
cdt (%)	0,06%
perdite potenza (kW)	2,3813
perdite potenza (%)	0,06%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	58%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T+250 C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA) =	4,60

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	40 di 51

6.3.9 Wps5_CR

Tratta di cavo congiungente la PS5 (sottocampo E + sottocampo F) con la cabina di raccolta (CR):

Wps5_CR

Sistema trifase													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">F-F</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">F-N</td> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td style="text-align: center;">36,00</td> <td style="text-align: center;">20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8418,00</td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8418,000</td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	8418,00		Potenza attiva (kW)	8418,000	
	F-F	F-N											
Tensione (kV)	36,00	20,78											
Potenza apparente (kVA)	8418,00												
Potenza attiva (kW)	8418,000												

$\cos \varphi = 1,00$
 $\sin \varphi = 0,00$

Corrente di impiego **I_b (A) = 135,00**

Lunghezza tratta (km) = 0,81

Verifica: I _b -I _z & cdt [%] < I _s %	OK
--	----

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	95 - Al

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(µF/km)	(cm)
0,361	0,130	0,170	3,50

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD					
30°	temp. amb. posa in aria (K _{ta})	30	1,00		
20°	temp.posa interr.(K _{tt})	20	1,00		
1,5 K*m/W	resist.terreno (K _r)	terreno compatto umid.norm.	1,00		
80 cm	prof.posa interr. (K _p)	100	0,97		
1	n.ro terne orizz. (K _n)	2 terne a 25 cm	0,86		
1	coeff.utente (K _{ut})	coeff.sicurezza	0,95		
		K_{tot} =	0,79		

effettiva (con correzione) **Portata cavo I_z (A) = 169,99**

cdt (kV)	0,0683
cdt (%)	0,19%
perdite potenza (kW)	15,9750
perdite potenza (%)	0,19%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	79%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al-Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	95
tempo (s)	1
I_{cc,max} (kA) =	8,74

Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

E-WAY 2 S.r.l. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	41 di 51

6.3.10 RIEPILOGO tratte interne

Impianto fotovoltaico Monreale-Malvello (PA) con pot.nom. 33128 kW									
Denominazione tratta	Wps2_ps3	Wps3_ps1	Wps1_CR	Wps9_CR	Wps8_CR	Wps4_ps7	Wps7_CR	Wps6_ps5	Wps5_CR
Potenza attiva [kW] @ cosφ = 1	3118,00	8730,00	14966,00	5379,00	1793,00	1169,00	2572,00	4209,00	8418,00
Lunghezza Linea [km]	0,41	0,87	1,13	0,42	0,21	0,90	0,20	0,24	0,81
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30								
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)								
Disposizione delle terne	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tipo di linea	Trifase								
Tensione di linea [kV]	36								
Corrente di impiego [A]	50,00	140,01	240,02	86,27	28,76	18,75	41,25	67,5	135
Sezione Cavo [mm ²]	50	95	185	50	50	50	50	50	95
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
cdt [kV]	0,02	0,07	0,080	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06
cdt [%]	0,07%	0,21%	0,24%	0,13%	0,02%	0,06%	0,03%	0,06%	0,19%
Potenza dissipata [kW]	2,2	18,39	36,64	6,75	0,37	0,68	0,73	2,38	15,97
Potenza dissipata [%]	0,07%	0,21%	0,24%	0,13%	0,02%	0,06%	0,03%	0,06%	0,19%

Tabella 17 Riepilogo tratte interne

Dati costruttivi cavo ARE4H5E 18/30							
Sez. (mm ²)	Ø cond. (mm)	Øi isolante (mm)	Øext massimo (mm)	Peso (kg/km)	Rmin curv. (mm)	Portata a trifoglio int. [Io] (A)	
50	8,20	25,50	34,00	830	450	175	
95	11,40	26,50	35,00	950	470	255	
185	15,80	29,50	38,00	1260	510	368	

Tabella 18 Caratteristiche meccaniche cavi

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	42 di 51

7 CABINA DI RACCOLTA E SMISTAMENTO

Considerando la distribuzione dei sottocampi fotovoltaici e la potenza complessiva in gioco, si è deciso di dividere l'intero parco in cinque zone elettricamente indipendenti, ognuna con un proprio arrivo nella cabina di raccolta:

- **Zona A:** PS1-PS2-PS3;
- **Zona B:** PS8;
- **Zona C:** PS9;
- **Zona D:** PS4-PS7;
- **Zona E:** PS5-PS6.

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo delle diverse power station (PS).

In particolare, il sistema sarà costituito da strutture MONOBLOCCO in C.A.V., ottenute con un unico getto, che realizza il pavimento, le tre pareti laterali e la soletta di copertura, al quale viene fissata una parete laterale di tamponamento.

Ogni struttura prevede un basamento di fondazione realizzato da una struttura prefabbricata monoblocco di tipo "a vasca" in grado di garantire la massima flessibilità per quanto riguarda la distribuzione dei cavi all'interno della cabina elettrica e al tempo stesso assicurare una corretta distribuzione dei carichi sul terreno.

Il progetto prevede la posa di 4 strutture affiancate, con le seguenti caratteristiche:

- 1) Sala quadri MT;
- 2) Locale Trasformatore S.A. e locale misura;
- 3) Locale Gruppo elettrogeno;
- 4) Control Room e sistemi di comunicazione con TSO.

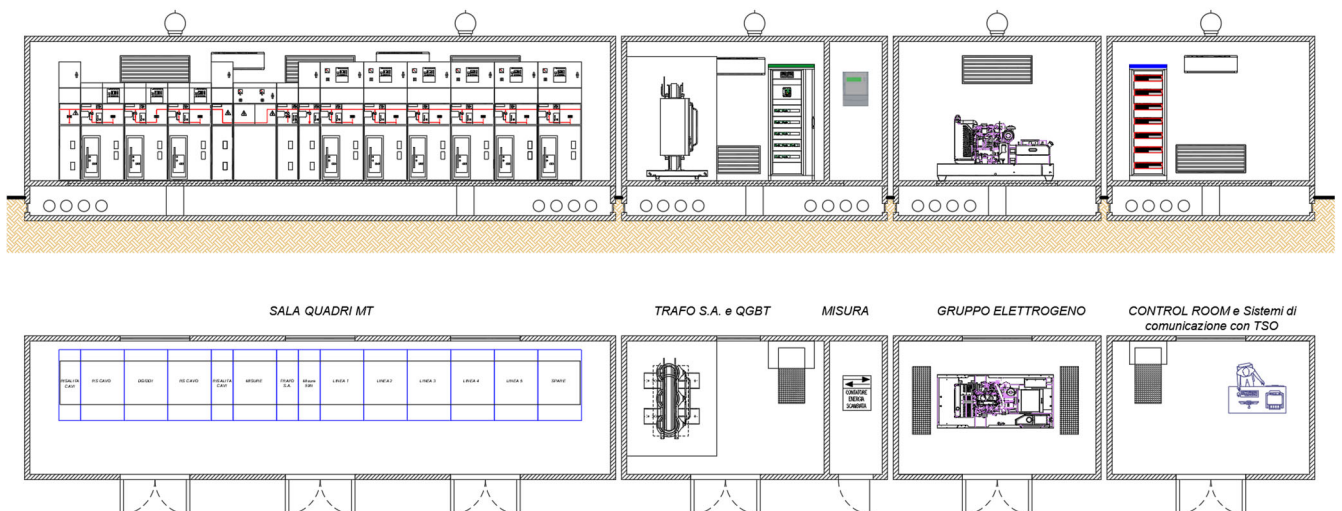


Figura 15 Layout della CR (pianta e sezione)

7.1 Sala quadri MT

Il locale conterrà il quadro MT, così composto:

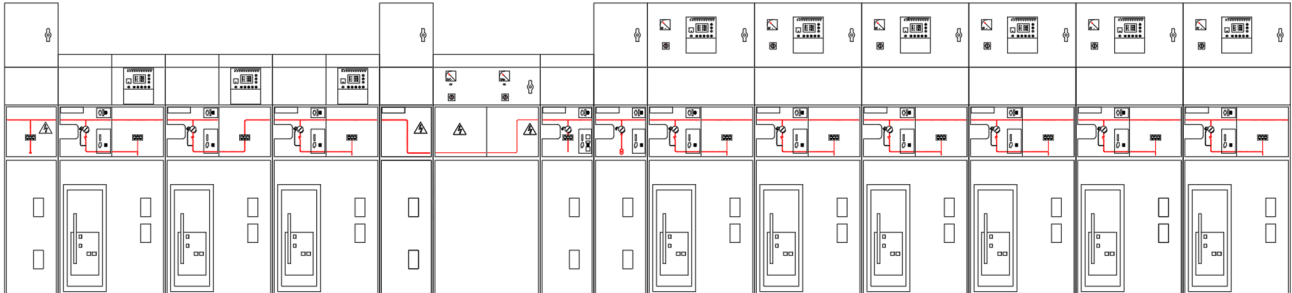


Figura 16 Quadri MT (tipologico)

- Unità arrivo linea o partenza con sezionatore di messa a terra;
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA e uscita cavi, per reattore shunt del cavo di collegamento con la SE RTN;
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, per DG+DDI con SPG+SPI;
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA e uscita cavi, per reattore shunt per rispetto del vincolo sulla potenza reattiva scambiata con la SE RTN;
- Unità risalita sbarre destra o sinistra con TA e TV, per misuratore energia scambiata;
- Unità protezione trasformatore con IMS combinato con fusibili, per l'alimentazione BT dei servizi ausiliari;
- Unità misure, con TV fase-terra per la misura sulla barra MT della tensione omopolare;
- N°5 Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, per la protezione di linea di ogni zona.
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, quale unità di riserva.

Caratteristiche elettriche delle apparecchiature:

- | | |
|---|---------|
| • Tensione nominale: | 36 kV |
| • Tensione massima: | 40,5 kV |
| • Tensione tenuta a freq. industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): | 70 kV |
| • Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μs) (cresta): | 170 kV |
| • Corrente nominale ammissibile c.to: | 20 kA |
| • Tempo di estinzione del guasto: | 1 s |

7.2 Locale Trasformatore S.A. e locale misura

Per i Servizi Ausiliari sono previsti diversi sistemi di alimentazione, sia in corrente alternata che in corrente continua, necessari per i sistemi di controllo, comando, protezione e misura.

In particolare, è stata prevista l'alimentazione di tutti i servizi ausiliari mediante un trasformatore 36/0,4 kV dedicato (potenza nominale **160 kVA**).

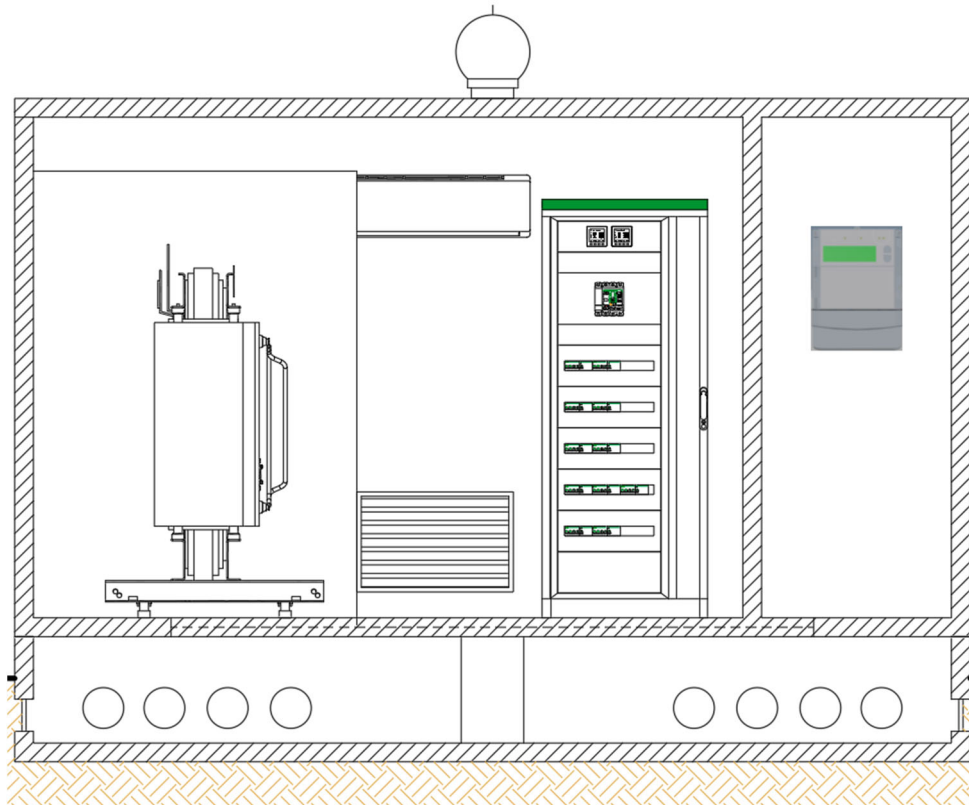


Figura 17 Locale trasformatore S.A. e locale misura

All'interno del locale trasformatore sarà presente anche il quadro generale BT.

Nella stessa struttura, affiancato al locale trasformatore, è previsto il locale misura con i relativi apparati:

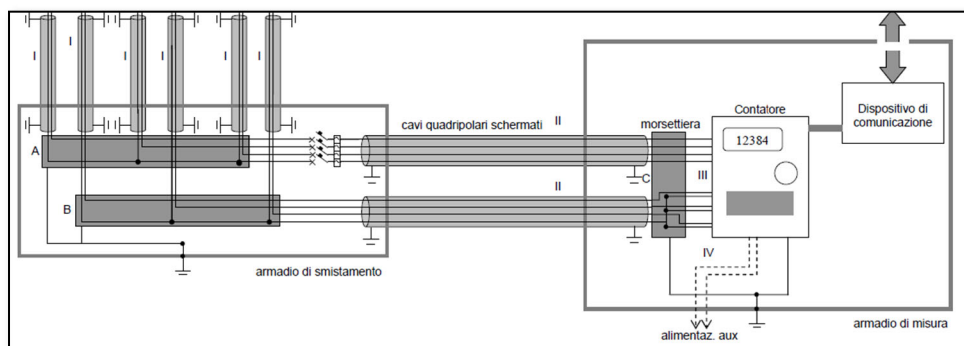


Figura 18 Schema di principio dell'apparecchiatura di Misura Energia scambiata

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	45 di 51

7.3 Locale Gruppo elettrogeno

Nel locale è prevista l'installazione di un gruppo elettrogeno diesel, per funzionamento in emergenza, con potenza nominale di **50 kVA**, con una tensione di uscita trifase 230/400 V, e relativo QUADRO DI CONTROLLO AUTOMATICO ACP.

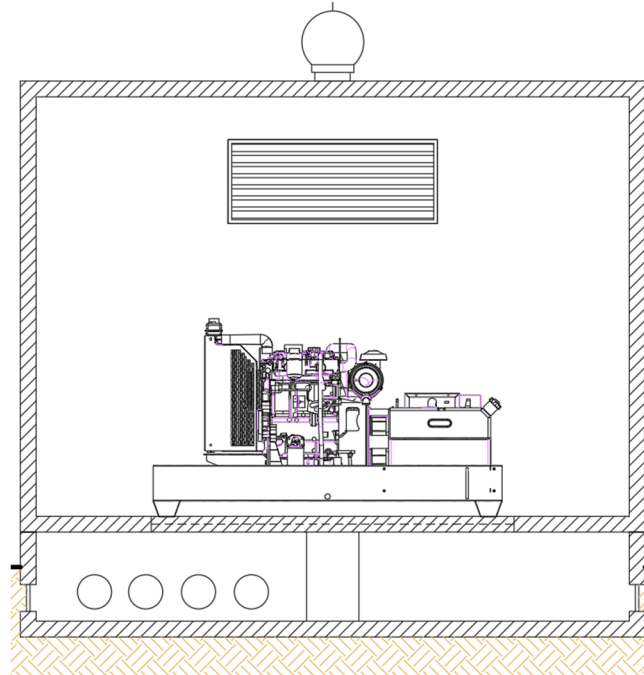


Figura 19 Locale GE

7.4 Control Room e sistemi di comunicazione con TSO

Verrà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura *SCADA* in conformità alle specifiche della piramide CIM, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto fotovoltaico in tutte le situazioni. Il sistema sarà connesso a diversi sistemi e riceverà informazioni:

- di produzione del parco fotovoltaico;
- di produzione degli apparati di conversione;
- di produzione e scambio dai sistemi di misura;
- di tipo climatico ambientale dalle stazioni di rilevamento dati meteo;
- di allarme da tutti gli interruttori e sistemi di protezione.

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare dati climatici e dati anemometrici sul parco fotovoltaico. I parametri rilevati puntualmente dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno inviati al sistema di monitoraggio *SCADA* e contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto fotovoltaico.

I dati monitorati saranno gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio *SCADA*. Il sistema nel suo complesso avrà ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di auto-diagnosi e auto-tuning.

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	46 di 51

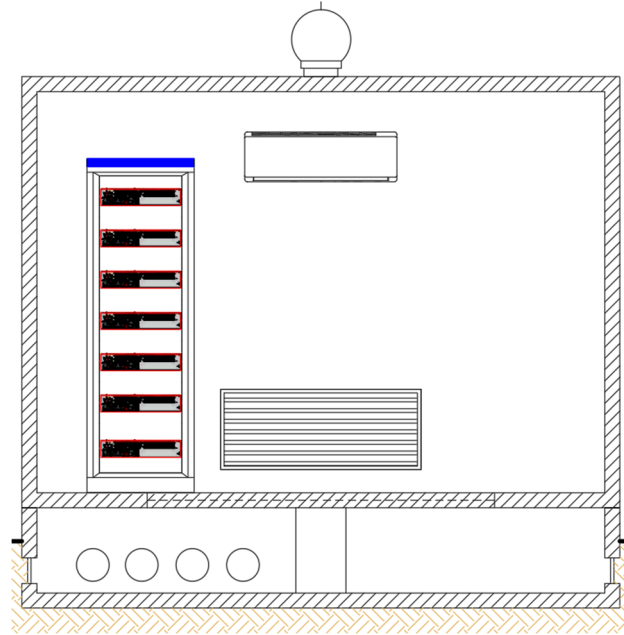


Figura 20 Control ROOM

Nell'ambito del Piano di difesa del sistema elettrico sono previsti sistemi di difesa ad azione correttiva che attuano azioni di distacco, a fronte di eventi predefiniti, o modulazione della produzione.

A tal fine, presso gli impianti di produzione asserviti ai suddetti sistemi di difesa deve essere predisposto un apparato periferico di difesa e monitoraggio (apparato periferico di telescatto o **UPDM**), avente la funzione di acquisire misure ed altre informazioni ausiliarie e di attuare comandi di distacco o di modulazione della produzione, a seguito della ricezione di un messaggio proveniente da altri apparati periferici di telescatto o dal sistema centrale di difesa di Terna (TSO).

Detti apparati saranno allocati nel già menzionato locale.

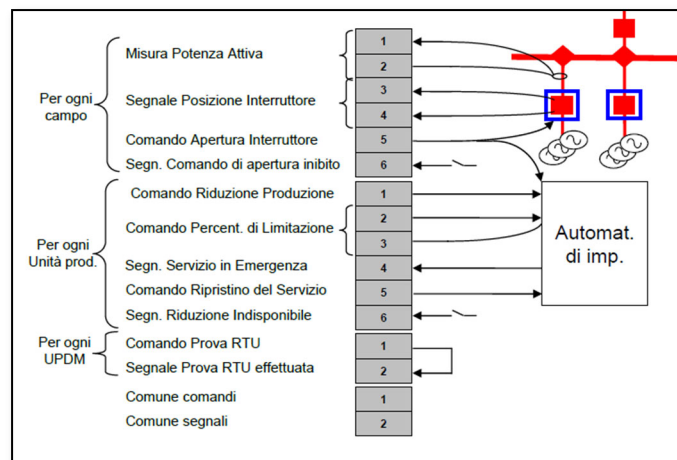


Figura 21 Interfaccia locale di un impianto eolico o fotovoltaico

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	47 di 51

8 LINEA DI INTERCONNESSIONE MT ESTERNA

Di seguito si procederà al dimensionamento della tratta esterna, che collega la cabina di raccolta con la sezione a 36 kV della stazione elettrica di TERNA.



Figura 22 Tratta esterna MT "36kV"

PARCO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI MONREALE (PA) - DESCRIZIONE DELLE TRATTE DI PROGETTO									
Denominazione Tratta	Tratta elettrica [m]	Tratta elettrica con sfrido del 10% [m]	N° Terne	Scavo cavidotto/elettrodotto [m]					
				Strada Asfaltata	T.O.C.	In canalizz. metallica a parete	Attraversamento sub-alveo	Strada Sterrata	Terreno agricolo
WCR_SE	13113	14424	2	10806	690		395	1222	

Tabella 19 Tratta elettrica di progetto (esterna al campo)

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	48 di 51

Dalla tabella 19 si evince che, per la tratta WCR_SE sono previste due tipologie di posa:

- Direttamente interrato (strada asfaltata – strada sterrata) per complessivi 12,0 Km;
- In tubo interrato (T.O.C. – attraversamento sub-alveo) per complessivi 1,0 Km.

Dalla tab. 8 della CEI-UNEL 35027, si ricava che la **portata in corrente (I_o)** per la modalità di posa in tubo interrato (rif. E5) risulta inferiore alla corrispondente portata del medesimo cavo direttamente interrato (rif. D5), è evidente che la posa in tubo interrato risulta penalizzante dal punto di vista della portata dei cavi, con conseguente necessità di sovradimensionare i cavi stessi; ragion per cui di seguito si riportano i risultati del dimensionamento termico, effettuata per la posa in tubo interrato:

Posa in tubo interrato

Corrente di impiego		I _b (A) =	531,29
OK	cdt desiderata (%)		5,00%
	n.ro terne stesso strato		2
	dist. fra terne		25 cm
	n.ro cavi X fase		2
	Sezione (mm ² -tipo)		400 - Al
in tubo interrato		Portata cavo I _o (A) =	748,14
		Portata <u>media</u> cavo I _{o,media} (A) =	930,72
temp. amb. posa in aria (K _{ta})	30		1,00
temp. posa interr. (K _{tt})	20		1,00
resist. terreno (K _r)	terreno umido o bagnato		1,11
prof. posa interr. (K _p)	125		0,95
n.ro terne orizz. (K _n)	2 terne a 25 cm		0,86
coeff. utente (K _{ut})	coeff. sicurezza		0,95
		K _{tot} =	0,86
effettiva (con correzione)		Portata cavo I _z (A) =	644,54

CODICE	FV.MNR03.PD.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	49 di 51

Di seguito i calcoli effettuati con la sezione scelta in precedenza (**400 mm² - Al**), per la modalità di posa prevalente (direttamente interrati a trifoglio)

Posa direttamente interrato (posa prevalente)

WCR_SE

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	33128,00	
Potenza attiva (kW)	33128,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente di impiego Ib (A) = 531,29

Lunghezza tratta (km) = 14,42

Verifica: Ib < I _b & cdt [%] < S [%]	OK
---	-----------

cdt desiderata (%)	5,00%
n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	2
Sezione (mm ² -tipo)	400 - Al

@50°C			
R	X	C	θ _{ext} massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,091	0,110	0,290	4,80

Tipo di posa: interrato a trifoglio

STD		
30°	temp. amb. posa in aria (K _{ta})	30
20°	temp. posa interr. (K _{tt})	20
1,5 K*m/W	resist. terreno (K _r)	1,00
80 cm	prof. posa interr. (K _p)	0,95
1	n.ro terne orizz. (K _n)	0,86
1	coeff. utente (K _{ut})	0,95

terreno compatto umid.norm.

2 terne a 25 cm

coeff. sicurezza = 0,95

K_{tot} = 0,78

Portata cavo I_o (A) = 988,61

Portata media cavo I_{o,media} (A) = 930,72 Valore mediato sui 3 tipi di posa previsti: interrato a trifoglio - in tubo interrato - in aria in canale metallico

effettiva (con correzione) **Portata cavo I_z (A) = 767,31**

cdt (kV)	0,6051
cdt (%)	1,68%
perdite potenza (kW)	556,8009
perdite potenza (%)	1,68%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	69%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T + 250 C
Sezione (mm ²)	400
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA) =	36,80

Dati costruttivi cavo ARE4H5E 18/30						
Sez.	Ø cond.	Øi isolante	Øext massimo	Peso	Rmin curv.	Portata a trifoglio int. [I _o]
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(A)
400	23,80	37,90	48,00	2130	650	549

Tabella 20 Caratteristiche meccaniche cavo per tratta esterna

9 RIEPILOGO

Di seguito, la tabella riassuntiva dell'intero impianto:

Impianto fotovoltaico Monreale-Malvello (PA) con pot.nom. 33128 kW										
Denominazione tratta	Wps2_ps3	Wps3_ps1	Wps1_CR	Wps9_CR	Wps8_CR	Wps4_ps7	Wps7_CR	Wps6_ps5	Wps5_CR	CR-SE
Potenza attiva [kW] @ cosφ = 1	3118,00	8730,00	14966,00	5379,00	1793,00	1169,00	2572,00	4209,00	8418,00	33128,00
Lunghezza Linea [km]	0,41	0,87	1,13	0,42	0,21	0,90	0,20	0,24	0,81	14,42
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
N.ro di terne sullo stesso strato	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30									
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)									
Disposizione delle terne	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,25
Tipo di linea	Trifase									
Tensione di linea [kV]	36									
Corrente di impiego [A]	50,00	140,01	240,02	86,27	28,76	18,75	41,25	67,5	135	531,29
Sezione Cavo [mm ²]	50	95	185	50	50	50	50	50	95	400
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
cdt [kV]	0,02	0,07	0,080	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	0,60
cdt [%]	0,07%	0,21%	0,24%	0,13%	0,02%	0,06%	0,03%	0,06%	0,19%	1,68%
CDT max (da SE) [%]	2,20%	2,13%	1,92%	1,81%	1,70%	1,77%	1,71%	1,93%	1,87%	1,68%
Potenza dissipata [kW]	2,2	18,39	36,64	6,75	0,37	0,68	0,73	2,38	15,97	556,00
Potenza dissipata [%]	0,07%	0,21%	0,24%	0,13%	0,02%	0,06%	0,03%	0,06%	0,19%	1,68%
Potenza impianto [MW]	33,13									
Potenza dissipata impianto [MW]	0,64									
Potenza dissipata impianto [%]	1,93									

Tabella 21 Riepilogo tratte in cavo dell'intero impianto

Come si evince dalla tabella 21:

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona A" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 2,20 (< 5)$$

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona B" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 1,70 (< 5)$$

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona C" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 1,81 (< 5)$$

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona D" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 1,77 (< 5)$$

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona E" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 1,93 (< 5)$$

La potenza totale dissipata, a regime (potenza nominale di produzione), è pari a:

$$\text{Potenza dissipata [MW]} = 0,64$$

$$\text{Potenza dissipata} [\%] = 1,93$$