



**GED115 - Sassari**  
Comune: Sassari  
Provincia: Sassari  
Regione: Sardegna

**Nome Progetto:**

GED115 - Sassari  
Progetto di un impianto agrivoltaico sito nel comune di Sassari in località  
"Mandra Ebbas" di potenza nominale pari a 34,04 MWp in DC

**Proponente:**

**Sassari S.r.l.**  
Via Dante, 7  
20123 Milano (MI)  
P.Iva: 13130040960  
PEC: sassarisrl@pec.it

**Consulenza ambientale e progettazione:**

**ARCADIS Italia S.r.l.**  
Via Monte Rosa, 93  
20149 | Milano (MI)  
P.Iva: 01521770212  
E-mail: info@arcadis.it

# PROGETTO DEFINITIVO

**Nome documento:**

Relazione tecnica elettrica impianto di terra

Commissa	Codice elaborato	Nome file
30200208	PRO_REL_14	PRO_REL_14 - Rel. tecnica impianto terra

Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	Mar. 24	Prima Emissione	MA	SDA	SDA

Il presente documento è di proprietà di Arcadis Italia S.r.l. e non può essere modificato, distribuito o in altro modo utilizzato senza l'autorizzazione di Arcadis Italia s.r.l.

# Indice

<b>1 PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1 Dati tecnici	3
1.2 Caratteristiche generali	4
1.3 Normative di riferimento	5
1.4 Impianto elettrico in base alle norme CEI EN 50522 e CEI 64-14	6
1.5 Impianto di terra del campo fotovoltaico	7
1.5.1 Conduttore di protezione (PE)	7
1.5.2 Calcolo del conduttore di protezione PE – collettore / quadro generale cabina	8
1.5.3 Conduttori equipotenziali	9
1.5.4 Consistenza impianto di terra	9
1.5.5 Dimensionamento dell'impianto di terra	9
<b>2 VERIFICHE DELL'IMPIANTO DI TERRA</b>	<b>11</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione tecnica generale costituisce parte integrante del progetto definitivo di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 34,04 MWp e potenza in immissione CA di 50 MW (29 MW dall'impianto fotovoltaico e 21 MW dall'impianto di accumulo), da realizzarsi in aree ubicate nel Comune di Sassari (SS), in località "Mandra Ebbas". L'impianto occuperà una superficie pari a circa 39,77 ha.

Il codice del progetto è **GED115 - Sassari**.

### LEGENDA

-  Area contrattualizzata
-  Area recintata
-  Cavidotto di collegamento
-  Stazione RTN Olmedo 380-150-36kV



Figura 1 – Opere di progetto su Ortofoto (estratto di PRO\_TAV\_01)

Il Soggetto Responsabile, così come definito, ex art. 2, comma 1, lettera g, del DM 28 luglio 2005 e s.m.i., è la società SASSARI S.R.L. con sede legale in Milano (MI), Via Dante n. 7, codice fiscale e numero di iscrizione al Registro delle Imprese di Milano Monza Brianza Lodi 13130040960.

### 1.1 Dati tecnici

Luogo di installazione:	Località Monreale (PA)
Potenza di picco:	34,04 MWp
N° moduli fotovoltaici	49.336
Tipo strutture di sostegno:	Fisse 2P
Inclinazione piano dei moduli:	25°
Angolo di azimuth ° (0°Sud – 90°Est):	0° Sud
Angolo di tilt °:	25°

Rete di Raccolta:	Alta tensione 36 kV
Rete di collegamento:	Alta tensione 36 kV
Gestore della rete:	Terna
Coordinate geografiche:	Latitudine: 40°42'25.95"N Longitudine: 8°22'57.74"E
Coordinate Piane Gauss Boaga-Roma 40:	40.7068 N 8.3824 E

## 1.2 Caratteristiche generali

L'impianto agro-fotovoltaico è suddiviso in 3 campi recintati e 7 sottocampi (affidenti ognuno ad un inverter), all'interno delle quali sono disposti i tracker e le cabine Power skids.

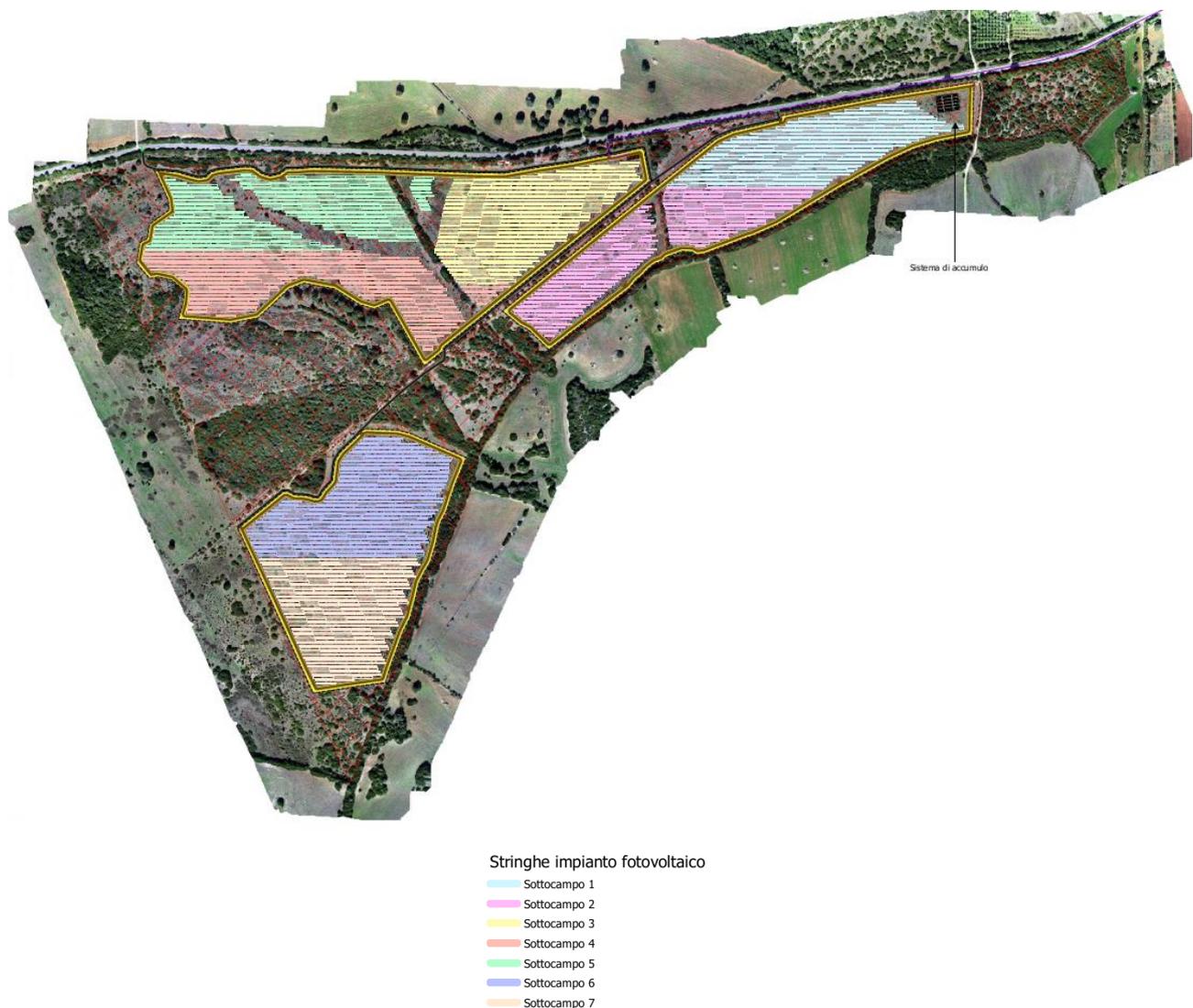


Figura 2 - Configurazione dell'impianto (estratto di PRO\_TAV\_08)

Durante il giorno il campo fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. L'energia prodotta viene inviata ai gruppi di conversione (inverter) che provvedono a trasformare la corrente continua in corrente alternata a 600 V.

L'energia proveniente dal generatore fotovoltaico e dagli Inverter viene convogliata nella cabina utente e attraverso i relativi quadri BT, equipaggiati con gli organi di sezionamento, protezione e controllo, e poi trasferita al trasformatore BT/AT (600V / 36 kV). L'energia convertita in AT a 36KV, tramite cavidotto interrato, sarà ceduta in rete mediante collegamento alla SE RTN "Olmedo".

Si stima che l'energia mediamente prodotta dall'impianto, in condizioni standard, sia pari a 56.095,46 **MWh/anno**. In sintesi, l'intero impianto sarà composto da:

- 49.336 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino bifacciali da 690 Wp;
- 7 inverter centralizzati e relativa cabina di trasformazione in container;
- 10 container di batterie di accumulo da 2,10 MW ciascuno per un totale di 21MW (42 MWh).
- 1 cabina di raccolta o smistamento;
- cavidotti BT (CC) per collegamenti delle stringhe agli inverter nelle cabine di campo (power station);
- cavidotti AT a 36kV interni ai campi per collegamento tra le cabine di campo/power station e la cabina di smistamento;
- cavidotto AT a 36 kV esterno ai campi per collegamento cabina raccolta o smistamento alla SE RTN "Olmedo";

### 1.3 Normative di riferimento

- CEI 3-27 Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature Indice, sommario e compilazione dei singoli fogli.
- CEI EN 60617-2 Segni grafici per schemi.
- CEI 3-14 Parte 2: Elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi ed altri segni di uso generale
- CEI EN 6041-2 Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature.
- CEI 3-50 Parte 2: Segni originali.
- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- CEI 99-2
- CEI EN 50522Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- CEI 99-3
- CEI 11-37Guida per l'esecuzione di impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria
- CEI EN 60364Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua
- CEI 64-8
- CEI EN 60364/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 1: Oggetto, scopo e definizioni principali.
- CEI 64-8/1
- CEI EN 60364/2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 2: Definizioni.
- CEI 64-8/2
- CEI EN 60364/3 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 3: caratteristiche generali
- CEI 64-8/3
- CEI EN 60364/4 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua.
- Parte 4: prescrizioni per la sicurezza.
- CEI 64-8 /4
- CEI EN 60364/5 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 5: scelta ed installazione dei componenti elettrici.
- CEI 64-8 /5

- CEI EN 60364/6 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua Parte 6: verifiche.
- CEI 64-8 /6

## 1.4 Impianto elettrico in base alle norme CEI EN 50522 e CEI 64-14

L'impianto elettrico in oggetto è classificabile in relazione al paragrafo 22.1 delle norme CEI 64-8/2.

- come sistema di terza categoria (tensione nominale superiore a 30000 V) in sottostazione AT nel punto di connessione con la rete di distribuzione TERNA esercita a 36kV,
- come sistema di terza categoria (tensione nominale superiore a 30.000 V) sulla rete in alta tensione a 36 kV distribuita all'interno del parco agrivoltaico.
- come sistema di prima categoria (tensione da oltre 50 Volt fino a 1.000 Volt compresi a corrente alternata o da 120 Volt a 1500 Volt in corrente continua) sulla rete in bassa tensione, ed è così costituito:

<b>CAMPO 1</b>	
<b>Sottocampo 3 –Sottocampo 5</b>	
N° moduli fotovoltaici (Trina Solar 690W)	<b>22008</b>
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	786
Potenza totale di picco	<b>15.19 MWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura Fissa
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 3 Power Skid
<b>Componenti Power Skid 3 – 5</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA)</li> <li>- Trasformatore AT/BT in olio 36/0,6 kV</li> <li>- Quadro Servizi Ausiliari</li> <li>- Quadro AT a 36 kV di raccolta e smistamento</li> </ul>	N. 3 Inverter da 4600 kVA N. 3 Trasformatore N. 3 Quadro BT N. 3 Quadro AT
<b>CAMPO 2</b>	
<b>Sottocampo 1 –Sottocampo 2</b>	
N° moduli fotovoltaici (Trina Solar 690W)	<b>12852</b>
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	459
Potenza totale di picco	<b>8.87 MWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura Fissa
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 2 Power Skid
<b>Componenti Power Skid 1 - 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA)</li> <li>- Trasformatore AT/BT in olio 36/0,6 kV</li> <li>- Quadro Servizi Ausiliari</li> <li>- Quadro AT a 36 kV di raccolta e smistamento</li> </ul>	N. 2 Inverter da 4000 kVA N. 2 Trasformatore N. 2 Quadro BT N. 2 Quadro AT
<b>CAMPO 3</b>	
<b>Sottocampo 6 –Sottocampo 7</b>	
N° moduli fotovoltaici (Trina Solar 690W)	<b>14476</b>
N° moduli in serie (stringa)	28

N° stringhe	517
Potenza totale di picco	<b>9.99 MWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura Fissa
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 2 Power Skid
<b>Componenti Power Skid 6 – 7</b> - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore AT/BT in olio 36/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro AT a 36 kV di raccolta e smistamento	N. 2 Inverter da 4600 kVA N. 2 Trasformatore N. 2 Quadro BT N. 2 Quadro AT

Il corretto dimensionamento dell'impianto di terra è strettamente correlato ai valori della corrente di guasto monofase e al tempo necessario per eliminare lo stesso.

## 1.5 Impianto di terra del campo fotovoltaico

### 1.5.1 Conduttore di protezione (PE)

Col conduttore di protezione (è identificato dal colore giallo/verde e viene chiamato PE oppure, se svolge contemporaneamente anche la funzione di neutro, PEN) si realizza il collegamento delle masse con l'impianto di terra. Unitamente all'interruttore automatico garantisce la protezione dai contatti indiretti e deve essere dimensionato, come pure il conduttore di terra ed equipotenziale, sia per sopportare le sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto verso terra (che in condizioni di regime è nulla) sia per sopportare eventuali sollecitazioni meccaniche. Il dimensionamento può essere effettuato, con un metodo semplificato, in funzione della sezione del conduttore di fase (vedi tabella sotto) o in modo adiabatico con la formula sottoindicata, metodo che conduce a sezioni notevolmente inferiori rispetto a quelle ottenute col metodo semplificato

Sezione di fase (mm <sup>2</sup> )	Sezione minima del conduttore di protezione (mm <sup>2</sup> )			
	Cu		Al	
	PE	PEN	PE	PEN
≤ 16	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>
16 + 35	16	16	16	25
> 35	S <sub>F</sub> /2	S <sub>F</sub> /2	S <sub>F</sub> /2	S <sub>F</sub> /2

$$S_{PB} = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_c^2}}$$

dove:

- I<sup>2</sup>t è l'energia specifica lasciata passare dell'interruttore automatico durante l'interruzione del guasto.
- K<sub>c</sub> è un coefficiente (tab. 13.5) che dipende dal materiale isolante e dal tipo di conduttore impiegato.

Materiale	β (°C)	K (A√s/mm <sup>2</sup> )
<b>Rame</b>	234.5	226
<b>Alluminio</b>	228	148
<b>Acciaio</b>	202	78

### Correnti di corto circuito lato BT

Nella seguente tabella vengono riassunte le formule per il calcolo delle correnti che interessano i trasformatori.

Formule di calcolo correnti trasformatore	
corrente nominale primaria	$I_{1n} = \frac{S_{nTR}}{\sqrt{3} \cdot V_{1n}}$
corrente nominale secondaria	$I_{2n} = \frac{S_{nTR}}{\sqrt{3} \cdot V_{2n}}$
corrente di cortocircuito trifase al lato secondario	$I_{2k3F} = \frac{S_{nTR}}{V_{k\%}} \times 100 \times \frac{1}{\sqrt{3} \times V_{2n}}$
corrente di cortocircuito trifase passante al lato MT per guasto sul lato BT	$I_{1k3F} = \frac{I_{2k3F}}{V_{1n}} \cdot V_{2n}$

In base alla rete AT esercita a 36kV per le varie Power station e ausiliari otteniamo:

S(MVA)	4,60	4
V2n(V)	600	600
Vk (%)	8,5	8,5
I <sub>1n</sub> (A)	73,77	64,15
I <sub>2n</sub> (kA)	4,42	3,85
I <sub>2k3F</sub> (kA)	52,07	45,28
I <sub>1k3F</sub> (kA)	0,87	0,75

## 1.5.2 Calcolo del conduttore di protezione PE – collettore / quadro generale cabina

Il conduttore di protezione (PE) è calcolato in base alle sollecitazioni termiche (in condizioni adiabatiche) mediante la formula:

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_c^2}}$$

Dove:

- S = sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>);
- I = valore efficace (I<sub>2k3F</sub>) della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione in caso di guasto (A);
- t = tempo di intervento delle protezioni (s);
- K = fattore che dipende dal materiale del conduttore di protezione K = 143 riferito a conduttore unipolare isolato in PVC (valore di norma CEI 64-8/5 543.1 tabella 54B).

Nel nostro caso otteniamo le seguenti sezioni commerciali più vicine:

S (MVA)	4,60	4
t (s)	0,05	0,05
S calcolo (mm <sup>2</sup> )	81	71
S commerciale (mm <sup>2</sup> )	95	95

### 1.5.3 Conduttori equipotenziali

Sono conduttori che collegano fra di loro parti che normalmente si trovano al potenziale di terra garantendo quindi l'equipotenzialità fra l'impianto di terra e le masse estranee e consentendo di ridurre la resistenza complessiva dell'impianto di terra. Non essendo conduttori attivi e non dovendo sopportare gravose correnti di guasto il loro dimensionamento non segue regole legate alla portata ma alla resistenza meccanica del collegamento. Le Norme prescrivono le sezioni minime che devono essere rispettata per questi conduttori distinguendo tra conduttori equipotenziali principali (EQP) e supplementari (EQS). Sono detti principali se collegano le masse estranee al nodo o collettore principale di terra, sono detti supplementari negli altri casi.

### 1.5.4 Consistenza impianto di terra

L'impianto di terra interno della cabina di smistamento sarà costituito da una bandella di rame 30x3 mm e da un collettore 50x10 mm; realizzato mediante la messa a terra di tutte le incastellature metalliche con cavo FS17 e morsetti capicorda a compressione di materiale adeguato.

L'impianto di terra invece delle cabine skid o power station è già previsto in dotazione e forma parte dello skid quindi si tratta solo di collegarle alla rete di terra del parco fotovoltaico.

L'impianto di terra esterno alla cabina è costituito da:

- un dispersore intenzionale che realizza un anello di corda di rame nudo da 35 mm<sup>2</sup> (ETP UNI 5649-71) o in acciaio con sezione non inferiore a 50 mm<sup>2</sup>, posato ad una profondità di 0,5-0,8 m completo di morsetti per il collegamento tra rame e rame;
- morsetti a compressione in rame per realizzare le giunzioni tra i conduttori trasversali alla maglia principale;
- dispersori verticali in acciaio zincato (o ramato) H=1,5 m;
- morsetti in rame stagnato o ottone per il collegamento ai dispersori in acciaio;
- pozzetti in calcestruzzo armato vibrato di tipo carrabile completi di chiusino.

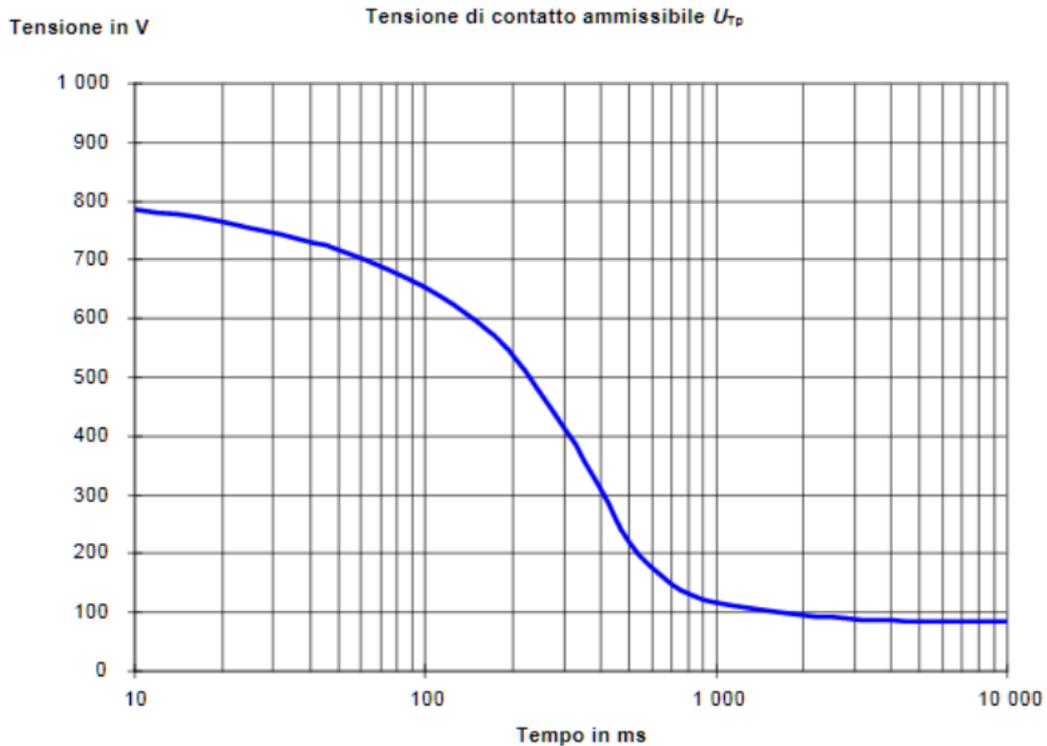
L'impianto di terra sarà unico e rispondente alle norme vigenti (in particolare alla Norma CEI 99-3 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata" ed alla Guida CEI 11-37 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria").

L'impianto di terra è stato dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete AT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra.

### 1.5.5 Dimensionamento dell'impianto di terra

In relazione all'art. 9.2.4 della norma CEI 99-3 in vigore, relativa agli impianti utilizzatori a tensione nominale maggiore di 1000V, il valore della resistenza dell'impianto di terra deve essere tale che non si verifichino tensioni di contatto e di passo pericolose per le persone.

La tabella C-3 dell'allegato C indica i limiti per le tensioni di contatto e di passo, e per la tensione totale di terra, secondo la norma CEI 99-3, fasc. 5025.



Secondo quanto ottenuto dal dimensionamento della rete AT, si ritiene ragionevole una corrente di guasto a terra pari a 100A e un tempo di eliminazione del guasto pari a 1s. A favore di sicurezza, considerando un tempo di eliminazione maggiore di 10s si ottiene dal grafico di cui sopra una tensione  $U_{Tp}$  pari a 80V. Pertanto, la resistenza di terra (RE) dovrà soddisfare la seguente condizione:

$$RE \leq U_{Tp} / I_F \text{ ossia } RE \leq 80V/100A = 0,80\Omega$$

Pertanto, l'impianto di terra sarà dimensionato in modo da ottenere una resistenza di terra non maggiore del valore sopra ottenuto in ogni condizione di esercizio dell'impianto ed in ogni condizione ambientale prevedibile.

La resistenza di terra prima della messa in esercizio verrà misurata con metodo voltamperometrico.

Nel caso in cui tale valore di resistenza non si possa ottenere si procederà alla verifica tramite misura di passo e contatto di cui alla CEI 99-3.

Questi valori ipotizzati sopra dovranno successivamente essere verificati in base a quanto sarà comunicato da Terna in fase realizzativa.

## 2 VERIFICHE DELL'IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà verificato mediante esami a vista e prove prima della messa in servizio dell'impianto. Pertanto, sarà effettuata la verifica dell'impianto di terra con la produzione della Dichiarazione di Conformità rilasciata dall'installatore della messa in servizio dell'impianto per consegnare copia al Committente.

Le modalità di prova dell'efficienza dell'impianto di terra saranno effettuate con le seguenti verifiche:

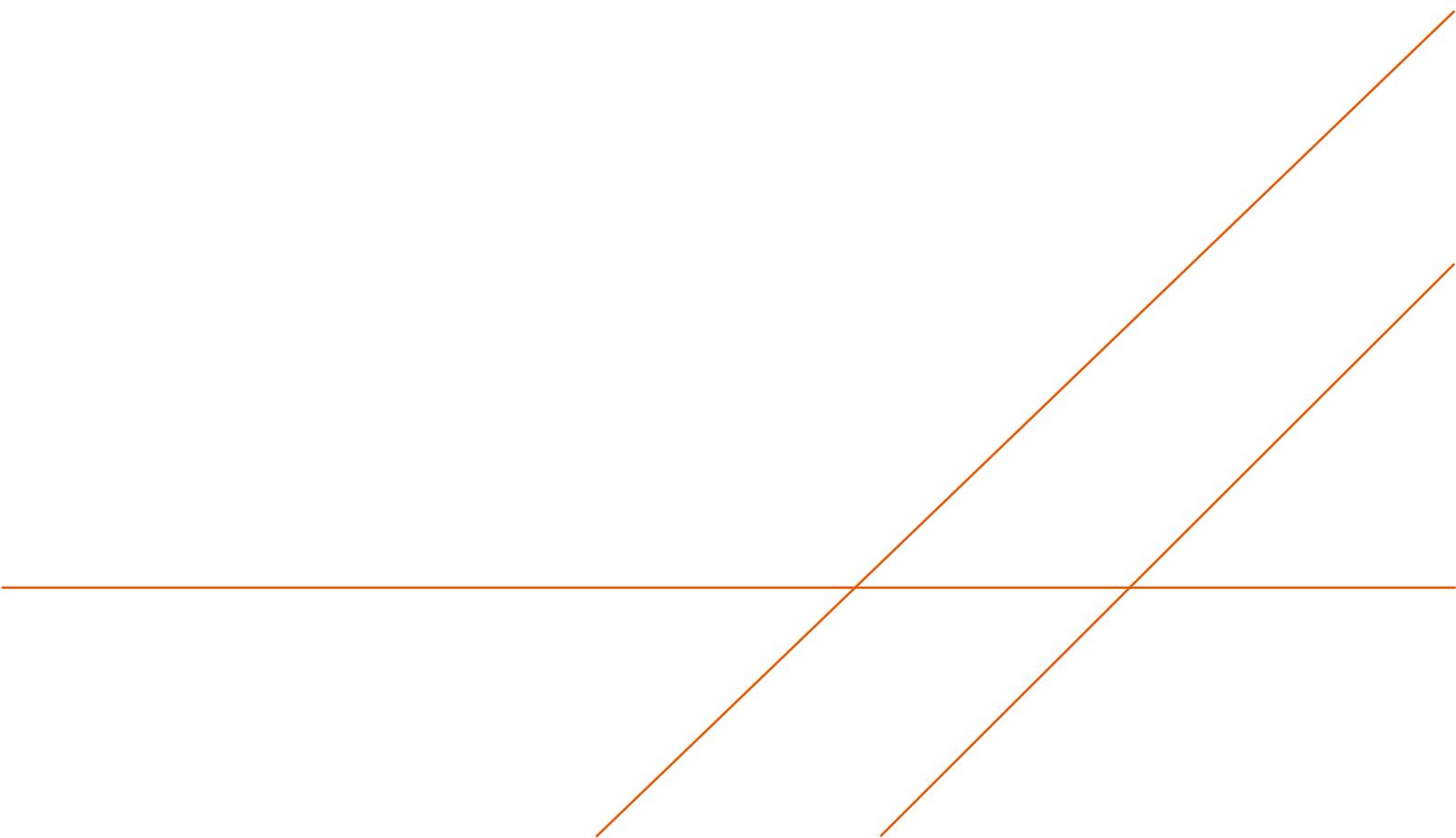
- continuità elettrica dell'impianto di terra al partire dal dispersore fino alle masse e masse estranee collegate;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

Le misure saranno effettuate, per quanto possibile, prima della messa in servizio dell'impianto.

**Arcadis Italia S.r.l.**

via Monte Rosa, 93  
20149 Milano (MI)  
Italia  
+39 02 00624665

<https://www.arcadis.com/it/italy/>

A decorative graphic consisting of three orange lines: one horizontal line extending across the width of the page, and two parallel diagonal lines extending from the bottom left towards the top right.