

# PROVINCIA DI MATERA

## COMUNE DI SALANDRA E DI SAN MAURO FORTE

LOCALITA':

PROGETTO:

**INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE"**

TITOLO DOCUMENTO:

### RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SUGLI IMPIANTI

REFERENTE PER LO SVILUPPO DEL PROGETTO



**ENERGY CONSULTING & SERVICES ITALY s.r.l.**

N. REA 2639769 C.C.I.A.A. di Milano  
Corso Matteotti, 1 – 20121 Milano (MI)  
energyconsultingervicesitaly srl@legalmail.it  
CF/P.IVA 12085480965

SOGGETTO RICHIEDENTE



**CLEAN ENERGY BASILICATA S.R.L.**

N. REA 2587685 C.C.I.A.A. di Milano  
Via Santa Sofia, 22 - 20122 Milano (MI)  
PEC: cleanenergyragosrl@legalmail.it  
CF/P.IVA 11210080963

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



**Ing. Carmen Martone**  
**Geol. Raffaele Nardone**

Via V. Veltrasto, 15/A, 85100 Potenza  
P.Iva. 02094310766




**Ing. Domenico Ivan Castaldo**


Inscr. n°8630 Y Ordine Ingegneri di Torino  
C.F. CST DNC 73M181H355M  
Via Treviso n. 12 CAP 10144 - Torino  
Tel. 011/217.0291  
PEC: info@pec.studioingcastaldo.it



Codice lavoro	Livello proget.	Cat. Op.	Tipologia	Numero	Rev.	Pag.	di	Nome file	Scala	Progressivo
C261	PD	I.FV_IF	R	01	/00	0	21	A.5.5_Relazione_calcolo_preliminare		
Rev.	Data	Descrizione						Redazione	Controllo	Approvazione
00	Aprile 2024	Emissione						ing. Domenico Castaldo EGM Project	ing. Domenico Castaldo EGM Project	ing. Domenico Castaldo EGM Project

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p><b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b></p>	<p>DATA: FEBBRAIO 2024 PAG. 1 DI 21</p>
--	---	---

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTI.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>DIMENSIONAMENTO CAVIDOTTI MT.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI TERRA.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>CALCOLI LATO BASSA TENSIONE.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1</b>	<b>Sistemi di protezione contro le sovracorrenti.....</b>	<b>20</b>

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 2 DI 21</b>
---	--	---

## 1 PREMESSA


Questo progetto mira a creare un distretto energetico in Basilicata composto da un gruppo di impianti Agrovoltaici diffusi su lotti agricoli nei comuni di Ferrandina, Salandra e San Mauro Forte, in provincia di Matera. per una potenza complessiva di 160 MWp, un componente di accumulo di batterie da 30 MWh, un'unità di produzione di idrogeno da 10 MWe il tutto coadiuvato dall'integrazione dell'attività agricola già presente in sito.

Oltre agli impianti fotovoltaici, all'attività agricola e uno storage di energia elettrica il progetto prevede un investimento strategicamente programmato in una componente di produzione di idrogeno verde da poter esportare utilizzando linee esistenti per le quali vengono previste scelte strategiche da parte dei maggiori produttori e distributori nazionali.

Il parco fotovoltaico, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 15 km uscente dalla cabina di impianto alla tensione di 30kV, sarà collegato in antenna su unico stallo della sezione a 150kV della stazione d'utenza; da questa, mediante un cavidotto a 150 kV, sarà connesso alla stazione elettrica della RTN a 380 kV a sua volta collegata in entra-esci sulla linea a 380 kV "Matera- Laino" in Loc. "Canalecchia" del comune di Garaguso (MT).

Il Gestore di Rete competente territorialmente è TERNA S.p.A.

Il presente documento riporta i calcoli preliminari di progetto relativamente ai dimensionamenti elettrici.

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 3 DI 21</b>
---	--	---


## 2 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Le opere in argomento, se non diversamente precisato nelle Prescrizioni o nelle Specifiche Tecniche Terna in esse richiamate, saranno in ogni modo progettate, costruite e collaudate in osservanza di:


- Norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore al momento della accettazione, con particolare attenzione a quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica;
- Vincoli paesaggistici ed ambientali;
- Disposizioni e prescrizioni delle Autorità locali, Enti ed Amministrazioni interessate;
- Disposizioni nazionali derivanti da leggi, decreti e regolamenti applicabili, con eventuali aggiornamenti, vigenti al momento della consegna del nuovo impianto, con particolare attenzione a quanto previsto in materia antinfortunistica.

Vengono di seguito elencati come esempio, alcuni riferimenti normativi relativi ad apparecchiature e componenti d'impianto.


- **Norma CEI 0-16** Regole Tecniche di Connessione per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- **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 11-20:** Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- **EN 61936-1 (CEI 99-2):** Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- **EN 50522 (CEI 99-3):** Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- **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;

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 4 DI 21</b>
---	--	---


- **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 bassa tensione;
- **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 11');)
- **CEI EN 60099-1-2:** Scaricatori
- **CEI 20-19:** Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V; **CEI 20-20:** Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 **CEI 81-10/1/2/3/4:** Protezione contro i fulmini;
- **CEI 0-2:** Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- **CEI EN 60904-6:** Dispositivi fotovoltaici- Requisiti dei moduli solari di riferimento
- **CEI EN 61725:** Espressione analitica dell'andamento giornaliero dell'irraggiamento solare
- **CEI EN 61829:** Schiere di moduli FV in silicio cristallino-Misura sul campo della caratteristica I-V
- **CEI EN 50081-1-2:** Compatibilità elettromagnetica. Norma generica sull'emissione.
- **CEI 23-25:** Tubi per installazioni elettriche.
- **CEI 17-5:** Norme per interruttori automatici per c.a. a tensione nominale 1000V.

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 5 DI 21</b>
--	--	---

- **CEI EN 6100-6-3:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 6: Norme generiche. Sezione 3. Emissioni per gli ambienti residenziali, commerciale e dell'industria leggera
- **CEI EN 6100-3-2:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase)
- **CEI EN 6100-3-3:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3: tecniche di prova e di misura. Sezione 3. Limitazione delle fluttuazioni di tensione e dei flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione. (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase)
- **CEI EN 6100-3-11:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3: tecniche di prova e di misura.
- Sezione 3. Limitazione delle fluttuazioni di tensione e dei flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione. (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 75$  A per fase)
- **CEI EN 6100-3-4:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3-4. Limiti per le emissioni di corrente armonica prodotte da apparecchi connesse alla rete pubblica di bassa tensione con corrente di ingresso  $>16$  A
- **CEI EN 6100-3-12:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3-12 Limiti per le emissioni di corrente armonica prodotte da apparecchi connessi alla rete pubblica di bassa tensione con corrente di ingresso  $>16$  A e  $\leq 75$  A per fase
- **CEI EN 5502 + A1(2001) + A2(2003) (CISPR22)** : Emissione di disturbi irradiati e condotti. Campo di applicazione 0.15 MHz-30 MHz
- **CEI EN 6100-2-2:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 2-2: Ambiente: Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione di segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- **CEI EN 55011:** Apparecchi a radiofrequenza industriali, scientifici e medicali. Caratteristiche di radio disturbo. Limiti e metodi di misura.
- **CEI EN 55014-1:** Compatibilità elettromagnetica – Prescrizioni per gli elettrodomestici, gli utensili elettrici e gli apparecchi similari.
- **UNI 10349:** Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.;


	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 6 DI 21</b>
---	--	---

- **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.
- **DM 22/1/08 n. 37:** Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 della Legge 2/12/05 (Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti ex legge n° 46 del 5/3/1990 e relativo regolamento di attuazione.
- **Legge n° 186 del 1/3/1968:** Impianti elettrici.
- **DL 9/4/2008 n. 81 :** Tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.
- **DM 30852 1994:** Normative antisismiche per le strutture di sostegno
- **DM MLP 12/2/82:** Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e norme tecniche per i carichi ed i sovraccarichi per le strutture di sostegno
- **CNR-UNI 10011:** Costruzioni in acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione delle strutture di sostegno
- **CNR-UNI 10012:** Istruzioni per la valutazione delle "Azioni sulle costruzioni"
- **CNR-UNI 10022:** Profili in acciaio formati a freddo per l'impiego nelle costruzioni
- **DPR 462/01:** Verifica periodica impianti di terra.
- Allegato A alla **delibera ARG/elt** – Versione Integrata e modificata dalle deliberazioni ARG/elt 179/08, 205/08, 130/09, 125/10 Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti con obbligo di connessioni di terzi degli impianti di produzione (testo integrato delle connessioni attive – **TICA**)
- **CEI 0-16:** Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- **CEI 82-25:** Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica e collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione
- Norme UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici;

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 7 DI 21</b>
--	--	---

- Delibere ARERA di pertinenza
- Codice di rete di Terna.
- Quanto altro previsto dalla vigente normativa di legge, ove applicabile.



	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 8 DI 21</b>
--	--	---

### 3 DIMENSIONAMENTI

#### 3.1 Dimensionamento cavidotti MT


Il trasporto dell'energia avviene mediante l'utilizzo di cavi interrati posati in trincea a sezione trapezoidale sul letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17. Per i cavi interrati le Norme CEI 11-17 prevedono una protezione meccanica che può essere intrinseca al cavo stesso oppure supplementare, a secondo del tipo di cavo e della profondità di posa. Nel caso specifico, nella posa di cavi in trincea a cielo aperto si esegue, quale protezione meccanica, la disposizione di un apposito tegolino in PVC posto ad almeno 20 cm rispetto al cavo stesso. Inoltre, sovrastante il sopradetto tegolino di protezione, viene sistemato un nastro di segnalazione di colore rosso con l'indicazione: CAVI ELETTRICI.

Per i calcoli seguenti si è supposta una resistività termica del terreno media ossia pari a  $1,5^{\circ}\text{Cm/W}$

Gli elementi essenziali che costituiscono un cavo sono il conduttore, il quale deve assolvere la funzione del trasporto della corrente elettrica, e l'isolamento, desinato ad isolare elettricamente la parte attiva (il conduttore) dall'ambiente di posa e sostenere, nel tempo, la tensione di esercizio.

I cavi MT per posa interrata si distinguono in unipolari, tripolari ad elica visibile (a campo radiale), tripolari cinturati (a campo non radiale).

Per il cavidotto in oggetto si ipotizza di utilizzare cavi in rame di sezione  $800\text{ mm}^2$  aventi le seguenti caratteristiche:

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO 2024</b> <b>PAG. 9 DI 21</b>
---	--	---

## RG7H1R - 18/30 kV

U<sub>o</sub>/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

### Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portate 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	8,1	8,0	34,1	1440	229	254	214	222
1 x 70	9,7	8,0	36,2	1700	285	316	263	272
1 x 95	11,4	8,0	38,2	2015	347	387	314	325
1 x 120	12,9	8,0	40,0	2375	401	445	358	370
1 x 150	14,3	8,0	41,0	2705	452	505	400	415
1 x 185	16,0	8,0	43,1	3060	520	580	453	469
1 x 240	18,3	8,0	45,0	3790	615	680	525	540
1 x 300	21,0	8,0	47,0	4470	705	775	593	606
1 x 400	23,2	8,0	51,1	5475	815	895	671	685
1 x 500	26,1	8,0	53,0	6600	943	1030	761	775
1 x 630	30,3	8,0	60,2	8110	1085	1170	860	875

(\*) 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 e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 50	0,387	0,494	0,494	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,193	0,246	0,246	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,12	0,18	0,22
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0470	0,0638	0,0616	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,099	0,16	0,36

EGM PROJECT s.r.l.


Via Vincenzo Verrastro n. 15/A - 85100 Potenza

[www.egmproject.it](http://www.egmproject.it); [martone@egmproject.it](mailto:martone@egmproject.it)

Ing. Domenico Ivan Castaldo

Via Treviso n.12 – 10144 Torino

PEC: [info@pec.studioingcastaldo.it](mailto:info@pec.studioingcastaldo.it)


	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 10 DI 21</b>
---	--	--

Il dimensionamento dei cavi MT è stato realizzato al fine di garantire le seguenti relazioni:

- $I_c \leq I_n$
- $\Delta V\% \leq 3\%$

Dove

- $I_c$  è la corrente di impiego del cavo;
- $I_n$  è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$  è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina d'impianto.

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO 2024</b> <b>PAG. 11 DI 21</b>
---	--	--

## 4 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI TERRA

L'impianto di terra deve essere rispondente alle prescrizioni del Cap. 10 della Norma CEI EN 61936-1, alla Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37. Nel seguito sono illustrati alcuni aspetti generici di riferimento.

In considerazione delle definizioni della Norma CEI EN 61936-1 e in funzione del tempo di eliminazione di un ipotetico guasto a terra pari a 0,5 s, si riportano di seguito i valori previsti per le correnti di guasto a terra così come indicato

Valore efficace della corrente di guasto a terra	Tensione nominale 380 kV	Tensione nominale 220 kV	Tensione nominale 132-150 kV
<b>I<sub>g</sub> (kA)</b>	63-50	50-40	40-31,5


Pertanto il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, dovranno essere realizzati secondo gli standard Terna S.p.A. per le stazioni a 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 31,5 kA per 0,5 sec.

L'impianto di terra della stazione elettrica sarà realizzato mediante:

- maglia realizzata con conduttori di rame nudo da 63 mm<sup>2</sup> interrati ad una profondità di almeno 0,70 metri;
- collegamento della maglia di terra alle apparecchiature mediante almeno due conduttori da 125 mm<sup>2</sup>.
- intorno agli edifici di stazione, la posa di un anello perimetrale costituito da conduttore da 125 mm<sup>2</sup>.
- al di sotto degli edifici ed all'interno del suddetto anello perimetrale viene realizzata una maglia più fitta (3 x 3 m) con conduttore da 63 mm<sup>2</sup>.

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale (portali, TA, TV, scaricatori) le dimensioni della maglia di terra saranno opportunamente diminuite come riportato nella tavola di progetto allegata.

Precauzioni particolari devono essere prese in presenza di tubazioni metalliche, cavi MT o AT schermati ed ogni altra struttura metallica interrata in vicinanza o interferente con l'area di stazione.

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 12 DI 21</b>
--	--	--

Inoltre si dovrà ricomprendere nella maglia di terra il cancello di ingresso e gli edifici di consegna MT posti al confine dell'impianto, vicino al cancello e si dovrà fare in modo che le tensioni di passo e contatto siano al di sotto di quanto prescritto dalle norme sia all'interno che all'esterno della recinzione di stazione.

Nei casi in cui la presenza di terreno con elevata resistività induca al collegamento delle funi di guardia delle linee in ingresso alla maglia di terra della stazione, bisognerà attenersi a quanto riportato alla CEI 11-37.

Qualora, per la realizzazione della stazione elettrica siano previste opere di riempimento per il raggiungimento della quota di imposta, la maglia di terra dovrà essere comunque posata su un letto di terreno vegetale.

Nel caso in cui la stazione elettrica risulti essere realizzata nelle immediate vicinanze dell'impianto/i di un nuovo Utente ad essa collegato (come accade, per esempio, se la stazione elettrica e il suddetto impianto/i risultano essere confinanti, separati da opportune delimitazioni), i rispettivi impianti di terra devono essere tra loro collegati galvanicamente mediante collegamenti ispezionabili e sezionabili (in pozzetti).

Se dovessero esserci aree con tensione di passo e contatto superiori a quanto previsto dalla norma, si potranno effettuare modifiche al progetto, quali:


- infittimento locale della maglia di terra;
- utilizzo di dispersori orizzontali e/o verticali per il controllo del potenziale;
- realizzazione di superfici ad elevata resistenza (stesura di ghiaia o asfalto);
- segregazione delle aree critiche.

Infine, nella realizzazione dell'impianto di terra si dovrà considerare l'estensione della maglia di terra anche nelle aree destinate alle eventuali future espansioni d'impianto, qualora previste.

Tensioni di contatto e di passo

In sede di progettazione preliminare, si è ipotizzata una resistività del terreno, che è stata ipotizzata pari a 500  $\Omega$ m.

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo dovrà essere verificata in sede di esecuzione delle opere, previa misura della resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure.

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 13 DI 21</b>
---	--	--

Il lato della maglia dovrà essere scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma EN 61936-1 (CEI 99-2)

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore. In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più dei cosiddetti provvedimenti dell'Allegato E della Norma EN 50522 (CEI 99-3).

I parametri significativi al fine del dimensionamento del dispersore di terra sono la corrente di guasto a terra, il tempo d'intervento delle protezioni AT e la resistenza di terra del dispersore medesimo.


Per quanto attiene alla corrente di guasto a terra ed al tempo d'interruzione si assumeranno, in sicurezza, gli standard Terna S.p.A. per le stazioni a 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 31,5 kA per 0,5 sec.

A vantaggio di sicurezza, però, tale effetto sarà trascurato ponendosi nella situazione in cui la corrente  $I_t$  da disperdere sia pari alla massima corrente di guasto monofase a terra  $I_g$ .

Per la determinazione della resistenza di terra  $R_t$  del dispersore è essenziale conoscere il valore  $\rho_t$  della resistività del terreno.

Dalle indagini effettuate in questa zona il terreno risulta essere composto da rocce ricoperte da erba.

In accordo a quanto indicato nella tabella J.1 dell'allegato J (Norma CEI EN 50522):

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 14 DI 21</b>
---	--	--

**TABELLA 1. Alcuni valori approssimativi di resistività del terreno in base alla sua natura.**

Natura del terreno	Resistività (Ω m)
Terreno paludoso	0 a 30
Terreno vegetale	10 a 150
Torba umida	5 a 100
Terra Calcarea o argilla compatta	100 a 200
Terra calcarea giurassico	30 a 40
Sabbia argillosa	50 a 500
Sabbia silicea	200 a 3000
Terreno roccioso nudo	1500 a 3000
Terreno roccioso nudo coperto di erba	300 a 500
Calcere tenero	100 a 300
Calcere compatto	1000 a 5000
Graniti e gres alterati	1500 a 10000
Graniti e gres molto alterati	100 a 600

Si assume un valore medio di resistività pari a:

$$\rho = 500 \Omega \text{ m}$$

La rete di terra di progetto è del tipo magliata, con sviluppo totale L del conduttore perimetrale pari a:


$$L = 794,6 \text{ m}$$

e con sviluppo totale A dell'intera rete pari a:

$$L_t = A = 27\,587,9 \text{ m}$$

La resistenza  $R_t$  della rete può essere calcolata con la formula:

$$R_T = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A} + \frac{\rho}{L}}$$

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO 2024</b> <b>PAG. 15 DI 21</b>
---	--	--

Pertanto si assumere il valore:

$$R_t = 1,963 \Omega$$

Il dispersore così dimensionato dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra di cui al punto 5.1, si verifichino in qualsivoglia punto dell'impianto tensioni di contatto e di passo pari o superiori ai valori della seguente tabella:

*Condizioni di breve durata*

Tempo di eliminazione del guasto [s]	Tensione [V]
0,04	800
0,08	700
0,14	600
0,20	500
0,29	400
0,39	300
0,49	220
0,64	150
0,72	125
1,10	100

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 0,5 s), interpolando linearmente i valori della tabella si ottiene che il valore di tensione da non superare è pari a:  $U_{tp} = 230 \text{ V}$ .

Poiché, specialmente nelle zone interne alla rete di terra, la tensione di contatto  $V_c$  assume valori sempre superiori a quelli della tensione di passo  $V_p$ , conviene riferirsi alla prima, il cui valore, per il dispersore impiegato, viene fornito dalla formula semi-empirica:

$$V_c = 0.7 \frac{\rho'_t \cdot I_{tr}}{L_t}$$


In cui  $I_{tr}$  è l'aliquota della corrente di terra  $I_t$  dispersa dal dispersore a rete magliata da cui con gli altri valori precedentemente forniti, risulta:

$$V_c = 612,5 \text{ V}$$

Tale valore risulta superiore a quello limite di 230V, pertanto sarà necessario utilizzare opportuni provvedimenti migliorativi.

Il metodo più efficiente per migliorare l'efficienza dell'impianto nei confronti della tensione di contatto è quello di rivestire tutta l'area di piazzale contenente apparecchiature e masse metalliche



	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 16 DI 21</b>
--	--	--

con pavimentazioni ad elevata resistività (pietrisco, conglomerato bituminoso pavimentazioni in calcestruzzo, ecc) in modo da aumentare sensibilmente la resistenza di contatto con il suolo.

Ipotizzando allo scopo l'impiego di una pavimentazione di piazzale con spessore  $S=0,1\text{m}$  e resistività  $\rho_p = 20000 \Omega \text{ m}$  (valore caratteristico di una generica pavimentazione in conglomerato bituminoso) ed applicando i criteri di cui all'allegato A della Norma CEI EN 50522 si ha:

$$U_{Tp} = \frac{I_b}{HF} \cdot (Z_T \cdot BF + R_F);$$

Nella quale i simboli hanno il significato riportato di seguito:

**Limite di corrente nel corpo umano:**

$I_b = 267\text{mA}$  (ottenuto interpolando i valori di tabella B.1 dell'All. A per  $t=0,45\text{s}$ );

**Fattore cardiaco di corrente:**

$HF = 1,0$  (percorso mano sinistra-piedi);

**Impedenza corporea:**

$Z_t = 834\Omega$  (ottenuto interpolando i valori di tabella B.2 dell'All. A per  $V=542\text{V}$ );

**Fattore corporeo:**

$BF = 0,5$  (contatto con entrambe le mani ed entrambi i piedi);

**Resistenza aggiuntiva ai piedi:**

$R_F = 2000\Omega$ .


Con i valori riportati la tensione di contatto ammissibile assume il nuovo valore:

$$U_{Tp} = 645\text{V}$$

e pertanto, risultando  $V_c < U_{Tp}$  l'impianto può considerarsi idoneo.

Nelle zone periferiche del piazzale è opportuno valutare anche il valore che assume la tensione di passo  $V_p$ , poiché in corrispondenza del contorno esterno la dispersione di corrente è più attiva e quindi aumentano i gradienti di potenziale.

Per le zone suddette viene impiegata la formula prudenziale:

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 17 DI 21</b>
---	--	--

$$V_p = 4 \cdot \frac{\rho'_t \cdot I_{tr}}{d^2}$$

che tiene conto dei fenomeni suddetti, amplificando il valore della  $V_p$  di oltre tre volte rispetto a quelli che la stessa tensione di passo assume all'interno della rete. In essa il termine  $d$  rappresenta la diagonale della superficie rettangolare occupata dalla rete di terra, che nel caso in oggetto è mediamente pari a circa 150m.

Con tutti i valori già forniti, si ha:

$$V_p = 490V$$

Pur risultando il valore ricavato inferiore a quello massimo ammissibile di 645V, conviene ridurne ugualmente gli effetti, interrando i conduttori più periferici della rete, come già detto, ad una profondità sensibilmente maggiore rispetto agli altri elementi del dispersore (1,5m per quello più esterno ed 1m per quello precedente).


In tal modo risulterà sensibilmente più basso il gradiente di tensione in superficie, nelle zone marginali del piazzale.

In funzione del valore stabilito per la corrente di guasto a terra, può essere eseguita la verifica della sezione scelta per il conduttore utilizzato per la costruzione della maglia; detta verifica verrà eseguita tramite l'algoritmo proposto dalla Norma CEI EN 50522 allegato D [D.1]:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Nella quale è:

$A$  [mm<sup>2</sup>]: sezione del conduttore;

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 18 DI 21</b>
--	--	--

$I [A]$ : corrente di guasto;

$t [s]$ : tempo di permanenza del guasto;

$K [A \text{ mm}^{-2} \text{ s}^{1/2}]$ : costante tipica del materiale del conduttore;

$\beta [^{\circ}C]$ : reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del componente percorso dalla corrente a  $0^{\circ}C$ ;

$\Theta_i [^{\circ}C]$ : temperatura iniziale in gradi Celsius;

$\Theta_f [^{\circ}C]$ : temperatura finale in gradi Celsius.

Assumendo per la corda di rame i valori (cfr. CEI EN 50522 all. D tab. D.1):

$$K = 226 [A \text{ mm}^{-2} \text{ s}^{1/2}]$$


$$\beta = 234,5^{\circ}C$$

ed ipotizzando per le temperature iniziale e finale i valori suggeriti dalla suddetta norma:

$$\Theta_i = 20^{\circ}C$$


$$\Theta_f = 300^{\circ}C$$

Si ottiene

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO</b> <b>2024</b> <b>PAG. 19 DI 21</b>
---	--	--

$$A = \frac{16000}{226} \sqrt{\frac{0,45}{\ln \frac{300 + 234,5}{20 + 234,5}}} = 55,1 \text{mm}^2$$

Pertanto la sezione scelta di 120mm<sup>2</sup> risulta adeguata alle esigenze.

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b></p>	<p style="text-align: center;">DATA: FEBBRAIO 2024 PAG. 20 DI 21</p>
---	---	--

## 5 CALCOLI LATO BASSA TENSIONE

### 5.1 Sistemi di protezione contro le sovracorrenti


La protezione delle linee contro le sovracorrenti verrà realizzata mediante interruttori di tipo automatico magnetotermico, in modo che lo stesso dispositivo assicuri sia la protezione contro il sovraccarico che contro il cortocircuito (norma CEI 64-8/4, sez. 433).

In tale caso non è necessario effettuare la verifica della corrente di cortocircuito minima in fondo alla linea e le prescrizioni da rispettare sono le seguenti:

- a)  $I_b \leq I_n \leq I_z$
- b)  $I_f \leq 1,45 I_z$
- c) potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione, in cui:
  - $I_b$  = corrente di impiego del circuito;
  - $I_z$  = portata della conduttura;
  - $I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione;
  - $I_f$  = corrente di intervento del dispositivo entro il tempo convenzionale stabilito.

Il valore di corrente nominale degli interruttori di protezione contro le sovracorrenti viene dimensionato in base alle portate dei cavi  $I_z$  nel rispetto delle condizioni a) e b).

Il potere di interruzione dei dispositivi di protezione non sarà inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta in corrispondenza del punto di installazione, salvo la possibilità di sfruttare la filiazione tra interruttori della stessa Ditta costruttrice.

	<b>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</b>	<b>DATA:</b> <b>FEBBRAIO 2024</b> <b>PAG. 21 DI 21</b>
---	--	--

Dovrà inoltre essere garantito il coordinamento tra l'energia specifica passante dell'apparecchiatura di protezione (integrale di Joule) e l'energia specifica passante tollerabile dai conduttori, rappresentato mediante la seguente relazione:

$$\int_0^{t_i} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

dove:

$$\int_0^{t_i} i^2 dt$$

- rappresenta l'energia specifica passante (tra  $t = 0$  e  $t = t_i$ ) del dispositivo di protezione, dove  $t_i$  rappresenta il tempo di intervento del dispositivo di protezione;
- $K$  = costante dell'isolante del conduttore [115 per cavi in PVC; 143 per cavi EPR];
- $S$  = sezione del conduttore [ $\text{mm}^2$ ]

La portata delle condutture è stata determinata secondo le prescrizioni delle tabelle CEI UNEL 35024/1, 35026 e 35027, in relazione alla tipologia del cavo utilizzato ed alla modalità di posa.