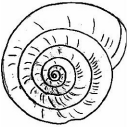




Comuni di  
**SANTERAMO IN COLLE (BA)**  
**MATERA (MT)**

**PROGETTO DEFINITIVO**  
**Impianto agrovoltaico "San Francesco"**  
della potenza di **30,158 MW in DC**

COMMITTENTE:



**SANFRANCESCO Srl**  
Viale Duca d'Aosta, 51  
39100 Bolzano  
VAT: 03044290215  
Tel: 0039 02 45440820

PROGETTAZIONE:

**SOLAR KONZEPT ITALIA Srl**  
Via Fabio Filzi, 25/A  
20124 Milano  
VAT: 02988580219  
Tel: 0039 02 45440820

IL TECNICO:

**Dott. Arch. Marco Chiappa**  
Via Fabio Filzi, 25/A  
20124 Milano  
Tel: 0039 3388724465  
Pec: chiappa.16531@oamilano.it

**PD**

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE INQUINAMENTO  
ELETTROMAGNETICO IMPIANTO**

Tavola:

**14**

Data 1°emissione:  
**Ottobre 2022**

Redatto:  
M. Chiappa

Verificato:  
M. Chiappa

Approvato:  
M. Chiappa

Scala:

Protocollo SKI:

n° revisione

1  
2  
3  
4

SKI01\_2022

## Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. RICHIAMI NORMATIVI .....	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO SUGLI EFFETTI DELL' INQUINAMENTO DEI CEM.....	6
4. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE UMANA-VALORI LIMITE .....	9
5. DESCRIZIONE ANDAMENTO TIPICO DEI CEM.....	10
6. DIFFERENZE TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAMPI INDOTTI DA CAVI INTERRATI.....	13
7. FASCIA DO RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITA'.....	16
8. SCHEDE TIPOLOGICHE COMPONENTI .....	22
9. CONCLUSIONI.....	32

# 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la “*Relazione di inquinamento elettromagnetico*” relativo al progetto di un impianto agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare tramite conversione fotovoltaica, della potenza nominale in DC di 30,159 MW denominato “**San Francesco**” in agro del Comune di Santeramo in Colle, in località “Masseria San Francesco” (Bari) e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell’energia elettrica Nazionale (RTN) necessarie per la cessione dell’energia prodotta.

L’impianto agrovoltaiico sarà collegato tramite cavidotto interrato MT alla stazione di trasformazione e condivisione 30/150 kV sita nel comune di Matera (MT). Essa sarà collegata attraverso un cavo AT 150kV allo stallo condiviso 150kV interno alla SE Terna 150/380kV, localizzata nel Comune di Matera (MT), che rappresenta il punto di connessione dell’impianto alla RTN.

Terna S.p.A., ha rilasciato alla Società proponente la “Soluzione Tecnica Minima Generale” n. 201800567 del 04/03/2019, indicando le modalità di connessione che, al fine di razionalizzare l’utilizzo delle opere di rete per la connessione, prevede la condivisione, con ulteriori utenti, dello stallo AT nel futuro ampliamento della stazione di trasformazione RTN 380/150 kV di “Matera”.

La Società proponente ha inoltre stipulato un accordo di condivisione con le società Barberio srl, Natuzzi srl, Canadian Solar Construction srl, Solare Italia srl al fine di condividere l’utilizzo della SE 30/150 kV e collegarsi allo stallo previsto nell’ampliamento della SE TERNA 380/150 kV “Matera”.

L’energia elettrica prodotta dall’impianto agrovoltaiico sarà elevata alla tensione di 150 kV mediante un trasformatore della potenza di 50-60 MVA ONAN/ONAF, collegato a un sistema di sbarre con isolamento in aria, che, con un elettrodotto interrato a 150 kV in antenna, si conetterà alla sezione 150 kV della SE Terna.

La Società proponente **Sanfrancesco S.r.l.**, con sede legale in Viale Amedeo Duca D’Aosta 39 Bolzano (BZ) 39100, intende realizzare l’impianto agrovoltaiico su di un terreno con destinazione agricola, esteso per circa Ha 61,321, distinto in Catasto al Foglio 103 Particelle 328-327-325-323-319-326-324-306-179-307-303-182-545-305-543-304-546-180-329-331-499-498-333-183-337-335-336-181-347-23-119-194-523-520-257AA-257AB-522-515-279-521-291AA-291AB-281-524AA-524AB-280-525AA-525AB-124-31-14-344-157-345-214-163-15AA-15AB-187-216-284AA-284AB-217-55-131. La nuova Stazione Elettrica di Trasformazione Utente 30/150 kV verrà realizzata su di un terreno distinto in Catasto al Foglio 19 Particelle 244.

Dalla foto aerea (**Figura 1**) di seguito riportata si evince l'ubicazione dell'impianto agrovoltaico e le sue opere di connessione.



**Figura 1:** Vista ortofoto dell'area oggetto dell'intervento

Questa relazione approfondisce gli eventuali impatti elettromagnetici relativi all'esercizio dell'impianto fotovoltaico e il cavo ddotto di connessione in MT.

Per la valutazione degli impatti dovuti alla presenza delle opere di connessione in AT si rimanda ad ulteriori elaborati prodotti dalla società di ingegneria INSE Srl allegati all'istanza.

## 2. RICHIAMI NORMATIVI

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- • limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- • valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- • l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3  $\mu$ T. È stato altresì esplicitamente

chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

In tal senso, con sentenza n. 307 del 7.10.2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO SUGLI EFFETTI DELL' INQUINAMENTO DEI CEM

Per inquinamento elettromagnetico da CEM, si intende quello prodotto da radiazioni non ionizzanti con frequenza inferiore a quella della luce infrarossa. L'inquinamento elettromagnetico a cui la popolazione risulta maggiormente esposta, può essere suddiviso in:

- **inquinamento elettromagnetico a radiofrequenze (RF) e microonde (MW)**, che è originato da impianti che operano nel settore delle telecomunicazioni (Radio, TV, Stazioni Radio Base per telefonia mobile), apparecchiature per applicazioni biomedicali, etc.
- **inquinamento elettromagnetico a frequenze estremamente basse (ELF)**, nel quale ricadono gli impianti per la produzione, la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti AAT, AT e MT, cabine elettriche di trasformazione, etc.) e gli impianti per usi industriali e civili.

Inoltre

- **limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- **valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- **obiettivo di qualità:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, da conseguire al fine di minimizzare le esposizioni.

Il quadro di norme che regolamentano la protezione ambientale da campi elettromagnetici risulta in continua evoluzione. Di seguito si riportano gli aspetti di maggior rilievo delle norme nazionali e regionali di settore.

#### **LEGGI:**

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge in merito alle acque ed agli impianti elettrici.
- Legge 23 agosto 2004, n. 239, "Riordino del Settore Energetico nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energie".

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", (G.U. n. 55 del 7 marzo 2001).
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", (GU n. 200 del 29-8-2003).
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità.
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi".
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio".
- Decreto Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri 12 dicembre 2005 "Verifica Compatibilità Paesaggistica ai sensi dell'art 146 del Codice dei Beni Ambientali e Culturali".
- Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988,"Disciplina per la costruzione delle linee elettriche aeree esterne" e successivi.
- Decreto Legislativo 21 dicembre 2003 n.°387 "Attuazione della Direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili".
- Decreto Ministero Ambiente e Tutela del Territorio del 29 maggio 2008 in merito ai criteri per la determinazione della fascia di rispetto.

## **NORME TECNICHE**

### Norme CEI

- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", prima edizione, 1996-07.
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01.
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art.6).

L'elettrodotto (sia aereo che in cavo) durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza dalla sorgente (conduttore).

Per il calcolo dei campi è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.05", in conformità alla norma CEI 211 - 4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.



La metodologia di calcolo utilizzata per determinare i valori dei campi elettromagnetici è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4, considerato idoneo per la maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee aeree e in cavo. In particolare, il campo di induzione magnetica viene simulato utilizzando un algoritmo numerico basato sulla legge di Biot - Savart, mentre il campo elettrico viene simulato a mezzo di calcoli basati sul metodo delle cariche immagini. Alla frequenza di rete (50 Hz), il regime elettrico è di tipo quasi stazionario, e ciò permette la trattazione separata degli effetti delle componenti del campo elettrico e del campo magnetico. Questi ultimi in un punto qualsiasi dello spazio in prossimità di un elettrodotto trifase sono le somme vettoriali dei campi originati da ciascuna delle tre fasi e sfasati fra loro di 120°. In particolare, nel caso di un cavo interrato, il terreno di ricopertura ha un effetto schermante che annulla completamente il campo elettrico a livello del suolo.

I risultati delle simulazioni sono rappresentati nel proseguo del presente documento.

I valori restituiti sono illustrati mediante due diverse modalità:

- **I profili laterali** visualizzano le curve del campo elettrico e dell'induzione magnetica calcolati dal programma per la configurazione degli elettrodotti in esame su un piano parallelo al piano di campagna (suolo). I valori delle ascisse sono espressi in metri ed indicano la distanza dal punto di origine del sistema cartesiano di riferimento, mentre l'ordinata è espressa in  $\mu\text{T}$  o  $\text{kV/m}$  e rappresenta il valore del campo calcolato relativamente a punti situati all'altezza del piano considerato rispetto al piano di campagna.

- **Le mappe verticali** rappresentano, mediante la visualizzazione di aree colorate, l'andamento dei campi calcolati nella sezione verticale perpendicolare all'asse dell'elettrodotto; i valori espressi in metri sull'ascissa indicano la distanza rispetto al punto di origine del sistema cartesiano di riferimento, l'ordinata rappresenta invece, sempre in metri, l'altezza da terra.

La linea elettrica in cavo interrato non produce campo elettrico per la presenza della guaina metallica collegata a terra e dallo schermo effettuato dal terreno e pertanto vengono illustrati gli andamenti del campo magnetico e solo per le sezioni dove si riscontrano le condizioni definite dalla normativa vigente.

## 4. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE UMANA-VALORI LIMITE

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art. 3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu\text{T}$  per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- All'art. 3 comma 2: a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu\text{T}$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
- Art. 4 comma 1: nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

Lo stesso DPCM, all'art. 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità (**B= 3 $\mu\text{T}$** ) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di  $3 \mu\text{T}$ .

## 5. DESCRIZIONE ANDAMENTO TIPICO DEI CEM

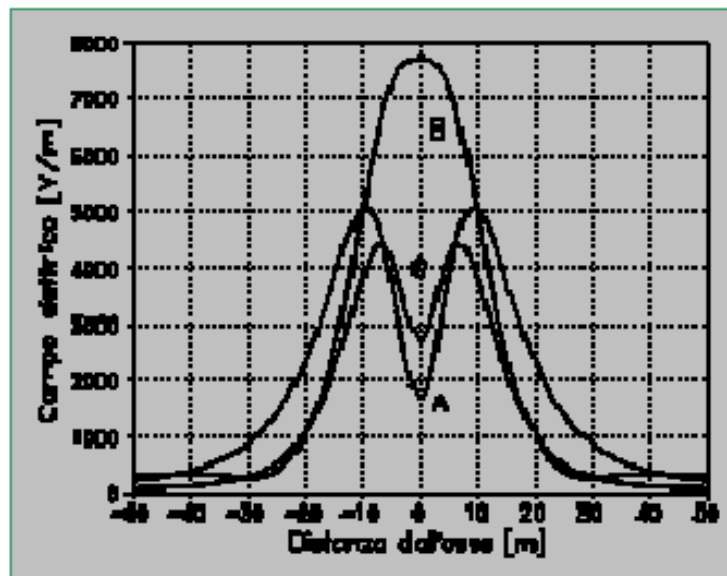
Le grandezze fisiche che caratterizzano un campo elettromagnetico ELF sono:

- il **campo elettrico E**, espresso in  $\text{V/m}$ ;
- il **campo magnetico H**, espresso in  $\text{A/m}$ ;
- l'**induzione magnetica B**, espressa in  $\mu\text{T}$ .

L'induzione magnetica ( $B$ ) è direttamente proporzionale al campo magnetico ( $H$ ) attraverso la costante di proporzionalità nota come permeabilità magnetica ( $\mu$ ) che è caratteristica del mezzo:

$$B = \mu H$$

l'intensità del campo elettrico generato da una linea elettrica dipende principalmente dalla tensione della linea stessa (cresce al crescere della tensione). Poiché, le tensioni nominali e di esercizio di ogni linea sono pressoché costanti nel tempo, ne risulta che il campo elettrico emesso è soggetto a variazioni temporali poco significative. Il campo elettrico è spesso notevolmente ridotto a causa dell'effetto schermante dovuto agli oggetti presenti quali alberi, edifici, pannelli, ecc. Il campo elettrico si riduce al crescere della distanza dal centro della linea, come si evince dalla Figura 2 sottostante

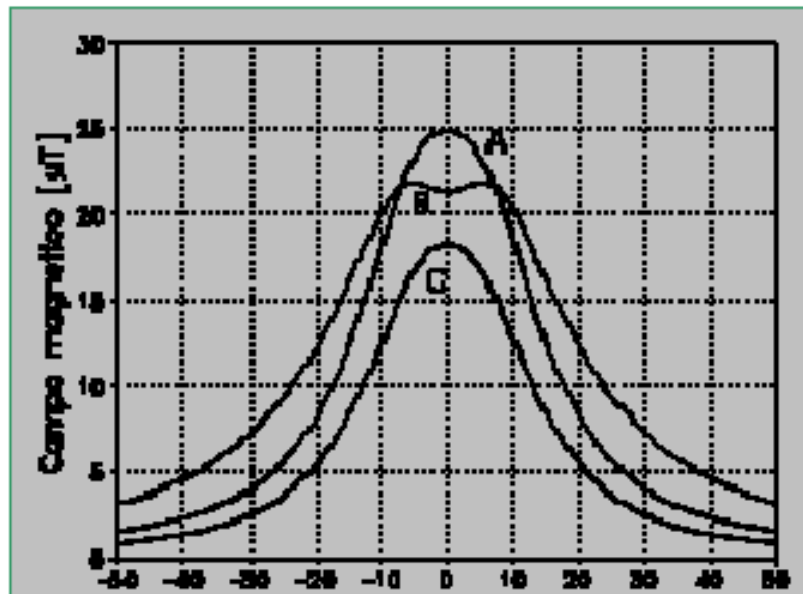


*Figura 2 : andamento del campo elettrico ad una altezza di 1 m dal suolo in funzione della distanza dall'asse delle seguenti linee:*

- A- elettrodotto a 380 kV semplice terna;*
- B- elettrodotto a 380 kV doppia terna con fasi congruenti;*
- C- elettrodotto a 380 kV doppia terna con fasi invertite.*

**Figura 2**

Mentre l'intensità di campo magnetico generato da una linea elettrica dipende principalmente dall'entità delle correnti che circolano nei conduttori. Diversamente dalla tensione, l'intensità della corrente elettrica varia nell'arco della giornata a seconda della richiesta e della necessità degli utilizzatori, pertanto anche l'intensità del campo magnetico risulta variabile. Altra differenza rispetto al campo elettrico: oggetti ed edifici presenti nelle vicinanze della linea non hanno alcun effetto schermante al campo magnetico. Anche il campo magnetico si riduce al crescere della distanza dall'elettrodotto.



*Figura 3* : andamento dell'induzione magnetica ad una altezza di 1 m dal suolo in funzione della distanza dall'asse delle seguenti linee:  
 A- elettrodotto a 380 kV semplice terna;  
 B- elettrodotto a 380 kV doppia terna con fasi congruenti;  
 C- elettrodotto a 380 kV doppia terna con fasi invertite.

**Figura 3**

## 6. DIFFERENZE TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAMPI INDOTTI DA CAVI INTERRATI

**Il campo elettrico** risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali, come già detto, sono di solito interrati a circa un metro di profondità.

Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

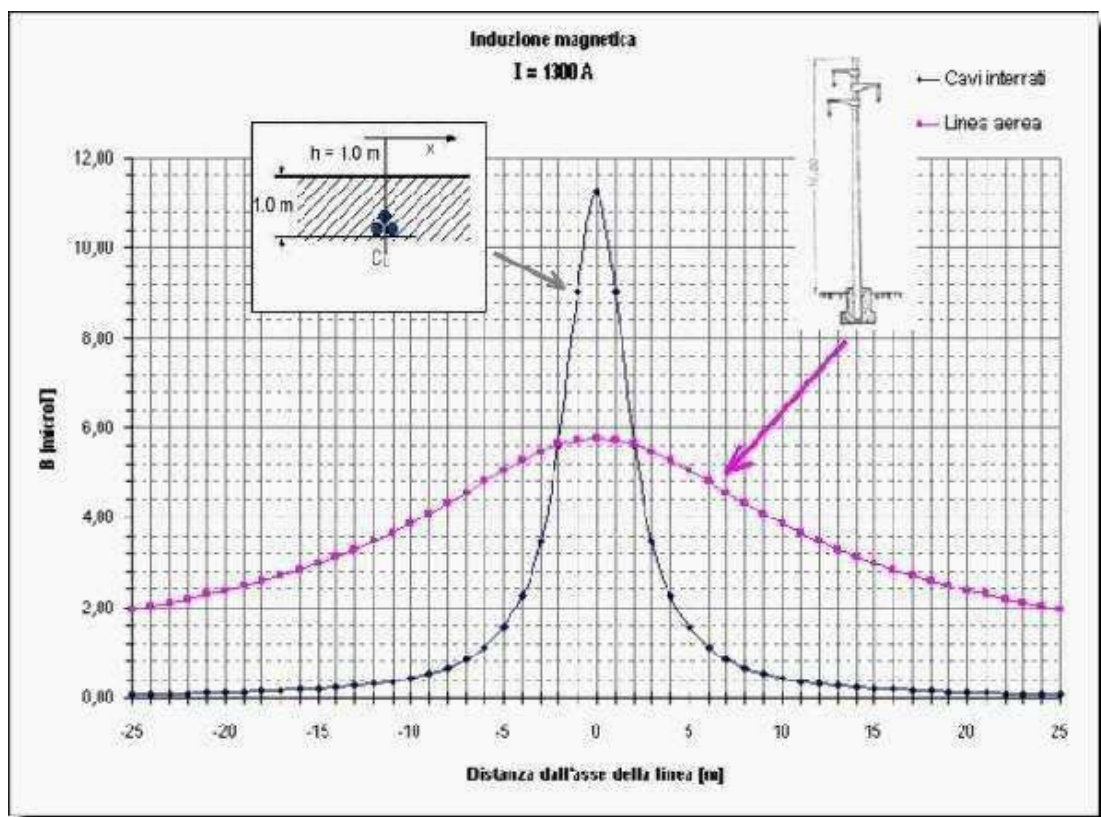
Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- 1) distanza dalle sorgenti (conduttori);
- 2) intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- 3) disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- 4) presenza di sorgenti compensatrici;
- 5) suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

Nel caso di elettrodotti aerei in media ed alta tensione, i valori di campo magnetico, pur al di sotto dei valori di legge imposti, sono notevolmente al di sopra della soglia di attenzione epidemiologica (SAE) che è di  $0,2 \mu\text{T}$ . Infatti, solo distanze superiori a circa 80 m dal conduttore permettono di rilevare un valore così basso del campo magnetico. È necessario notare inoltre che aumentare l'altezza dei conduttori da terra permette di ridurre il livello massimo generato di campo magnetico ma non la distanza dall'asse alla quale si raggiunge la SAE.

È possibile ridurre questi valori di campo interrando gli elettrodotti. Questi vengono posti a circa 1,5 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento protettivo. I cavi vengono posti a circa 25 cm l'uno dall'altro e possono assumere disposizione lineare (terna piana) o triangolare (trifoglio).



**Figura 4:** Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza (i circa 80 m sopra riportati diventano in questo caso circa 24 m). Tra i vantaggi quindi si annoverano i valori di intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza, ma tra gli svantaggi rientrano i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente

capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione).

Altri metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico sono quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico.

Confrontando quindi il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si può notare che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata. Tuttavia nella pratica in generale si può affermare che l'intensità a livello del suolo immediatamente al di sopra dei cavi di una linea interrata è inferiore a quella immediatamente al di sotto di una linea aerea ad alta tensione. Ciò è dovuto soprattutto ad una maggiore compensazione delle componenti vettoriali associate alle diverse fasi, per effetto della reciproca vicinanza dei cavi, che essendo isolati, possono essere accostati l'uno all'altro, come non può farsi per una linea aerea.



## 7. FASCIA DO RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITA'

L'impatto elettromagnetico indotto dall'impianto agrovoltaiico oggetto di studio può essere determinato da:

- 1) Linee MT in cavidotti interrati;
- 2) Cabine di consegna e di trasformazione.

### **Cavi MT**

Con riferimento ai cavi MT, secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT (obiettivo di qualità).

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} [m]$$

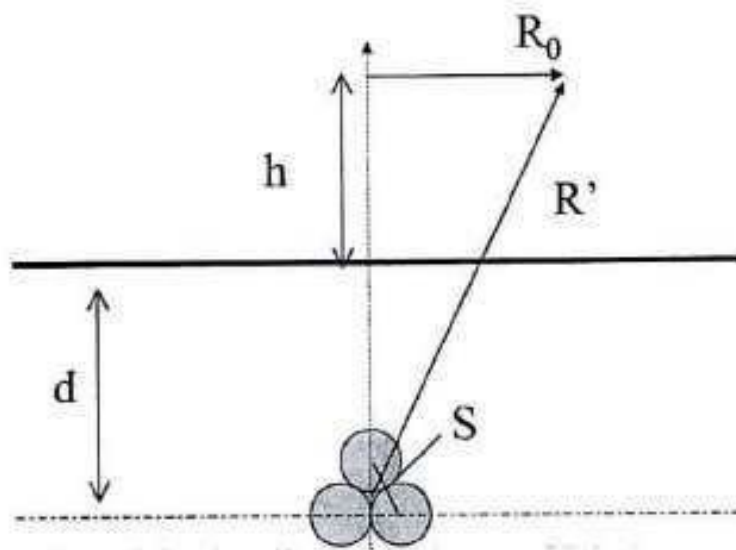
Dove:

*I* è la corrente che percorre il cavo espressa in Ampere;

*S* è la distanza tra i centri delle sezioni dei conduttori che supporremo con buona approssimazione pari a 0,1 m (10 cm);

*R'* è il raggio della fascia di rispetto;

Con il significato dei simboli di figura seguente:



**Figura 5:** Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre i quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità ( $d$  è la profondità del centro del conduttore)

Calcolando la corrente massima che attraversa i conduttori MT con la formula

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi} = \frac{25,5585 \cdot 10^6 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 517,76 \text{ A}$$

dove:

$P_n = 25.558,5 \text{ kW}$  (potenza max AC in uscita da n. 10 cabine raggruppate con Ratio=1,18)

$V_n = 30 \text{ kV}$

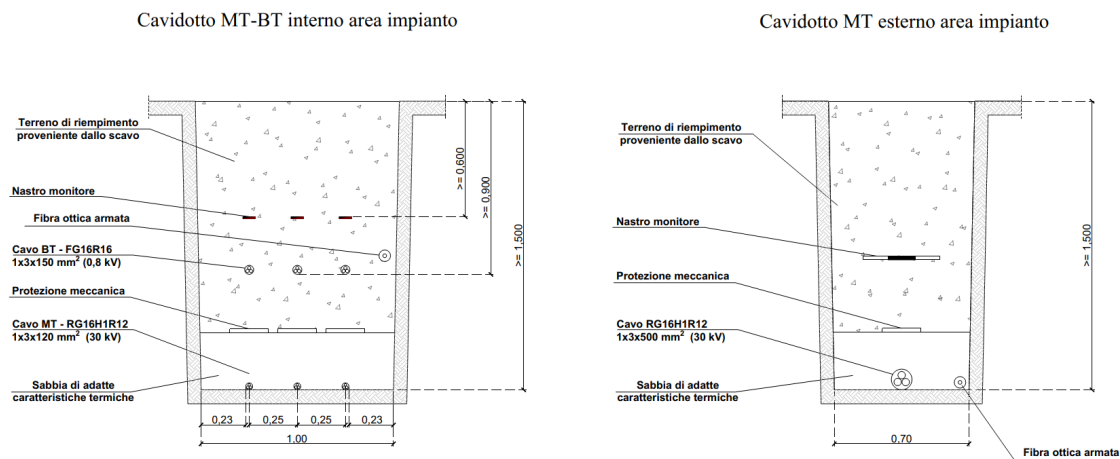
$\cos \varphi = 0,95$

e ponendo  $S = 0,10 \text{ m}$ , si ottiene:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 517,76} = 2,0579 \text{ m} \approx 2,1 \text{ m}$$

che fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 2,1 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. In pratica, quindi, ad una distanza di poco più di due metri dal cavo il valore dell'induzione magnetica raggiunge il valore di qualità ( $B=3 \mu\text{T}$ ). Le aree in cui avviene la posa dei cavi sono agricole, e la posa dei cavi avviene di solito al di sotto di strade di campo, aree dove ovviamente non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici. Possiamo pertanto concludere che l'impatto elettromagnetico indotta dai cavi MT è praticamente nullo.

Per quanto riguarda l'area interna al campo, si fa presente che in essa non è prevista la presenza di persone, dal momento che l'accesso è interdetto al pubblico, trattandosi di aree private recintate. È consentito l'accesso nelle aree dell'impianto, nei pressi dei pannelli e delle cabine, solo a personale esperto ed addestrato, che comunque accede sporadicamente e per tempi limitati.



**Figura 6:** dettaglio di sezione cavidotti MT esterno ed interno

### Cabine di Consegna e Trasformazione

All'interno del parco sono state predisposte 9 cabine elettriche di campo + 1 cabina di consegna, destinate ad accogliere:

- quadri di parallelo AC;
- quadri MT per il sezionamento dei trasformatori;
- trasformatori MT/BT;
- trasformatori MT/BT per aux (da installare in cabina);
- componenti per i servizi ausiliari e sistemi di sicurezza.

Le cabine di trasformazione saranno suddivise in due vani destinati a:

- trasformatore MT/BT;
- quadro parallelo AC, scomparto MT protezione trasformatore e servizi ausiliari.

La cabina di consegna sarà costituita da:

- locale utente con gli scomparti MT e le apparecchiature di protezione (Dispositivo Generale e Dispositivo di Interfaccia associati ai rispettivi sistemi di protezione), trasformatore MT/BT

e quadro generale dei servizi ausiliari;

- locale misure con il contatore dell'energia scambiata con la rete;

- locale di consegna allestito con gli scomparti MT previsti dal distributore.

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la Dpa è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di BT in uscita dal trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

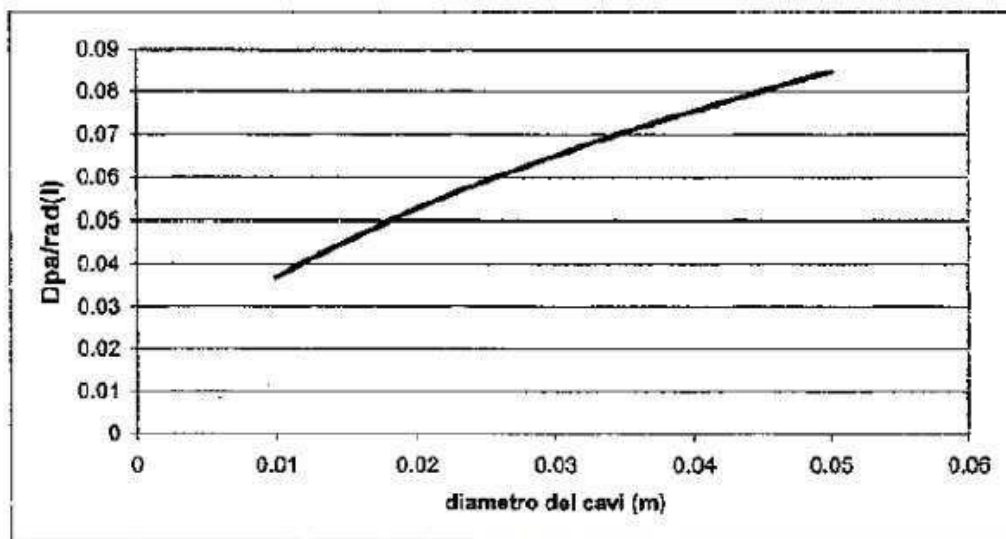
I dati di ingresso per il calcolo della Dpa per le cabine di trasformazione sono pertanto: corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare la Dpa il proprietario/gestore della cabina deve:

- usare la curva riportata nel grafico seguente per calcolare il valore di Dpa / radice della corrente per la tipologia di cavi in uscita dal trasformatore nella cabina in esame;
- applicare al valore ricavato le operazioni sotto elencate:
  - a) moltiplicare per la radice della corrente;
  - b) arrotondare al mezzo metro superiore.

$$\text{Equazione della curva: } \frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,524}$$

Dpa = Distanza di prima approssimazione [m]; I= corrente nominale [A]; x = diametro dei cavi [m]



**Figura 7:** Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi

Nella tabella successiva si riportano a titolo di esempio le distanze di prima approssimazione (Dpa) per fasce a 3 μT calcolate in alcuni casi reali.

Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	Dpa (m)
0.010	250	361	1
	400	578	1
	630	909	1.5
0.012	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.014	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.018	250	0.947	1.5
	400	1.199	1.5
	630	1.503	2
0.022	250	361	1.5
	400	578	1.5
	630	909	2
0.027	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5
0.035	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5

Applicando la formula su esposta al nostro caso specifico, la Dpa per ogni cabina di trasformazione MT/BT risulta:

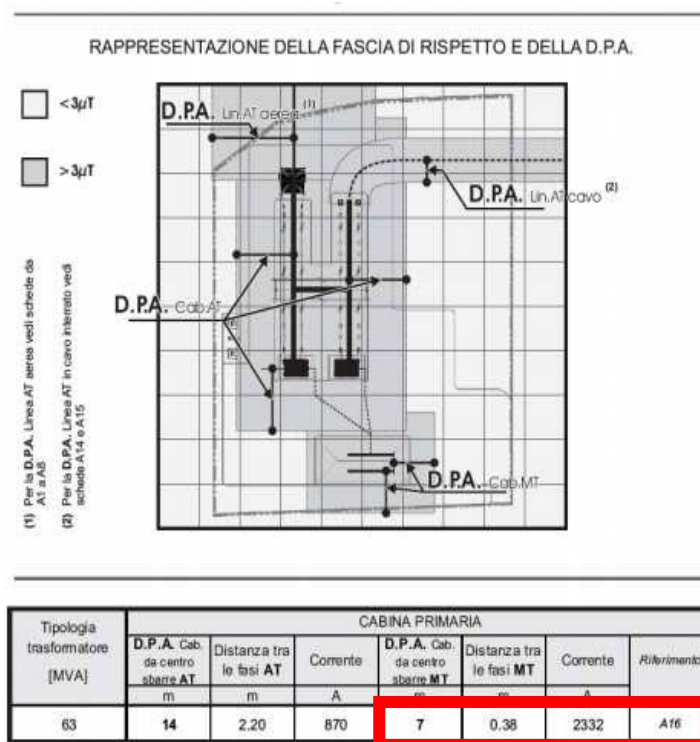
$$Dpa = 0,40942 \cdot 0,0265^{0,5241} \cdot \sqrt{633,06} = 1,536m \rightarrow 2m$$

Di seguito si riporta la scheda tecnica relativa al valore del diametro esterno dei cavi **RG16H1R12** pari a 0,0265 corrispondente a una sezione pari a 500 mm<sup>2</sup>.

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo cavo (Cu)	Raggio minimo curvatura
Conductor number (N.)	Nominal cross section (mm <sup>2</sup> )	Approx cond. diameter (mm)	Insulation diameter (mm)	Approx overall diameter (mm)	Approx cable weight (kg/km)	Minimum radius bending (mm)
Unipolare / Single core						
1x	10	4.0	8.0	14.5	289	180
1x	16	4.8	8.8	15.2	348	190
1x	25	6.0	10.0	16.5	448	200
1x	35	7.0	11.0	17.5	547	220
1x	50	8.1	12.1	18.5	677	240
1x	70	9.9	13.9	20.1	905	260
1x	95	11.5	15.5	22.1	1174	290
1x	120	12.9	16.9	23.3	1423	310
1x	150	14.2	18.2	24.7	1692	330
1x	185	15.9	19.9	26.5	2040	350
1x	240	18.3	22.3	29.0	2587	390
1x	300	20.7	24.7	31.6	3184	420
1x	400	23.5	27.5	34.6	4010	460
1x	500	26.5	31.0	38.3	5055	510
1x	630	31.2	36.2	43.1	6388	570

**Tabella 1: Scheda tecnica per il diametro esterno dei cavi MT**

A riprova di quanto affermato, si segnalano anche le "Linea guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08"; nella scheda A16 (cabina primaria isolata in aria 132/150 kV–15/20 kV) sono riportate le seguenti Dpa per quanto concerne il locale ospitante le apparecchiature di media tensione



**Figura 8: Rappresentazione della fascia di rispetto e della Dpa**

La Dpa stimata è pari a 7 mt dall'asse del sistema di sbarre MT; tuttavia tale valore è calcolato considerando una corrente che attraversa i cavi pari a 2.332 A, mentre nel caso del presente impianto, come già illustrato nel paragrafo precedente, la corrente che attraverserà le sbarre MT di ciascuna cabina di trasformazione avrà un valore massimo di circa 633,06 A, calcolata come:

$$I = \frac{P_{AC\_TOT}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \phi} = \frac{10 \cdot (3,125 \cdot 10^6) VA}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3 V \cdot 0,95} = 633,06 A$$

dove:

$P_{AC\_TOT} = 10 \cdot (3,125 \cdot 10^6) VA = 31.125.000 VA$  (potenza max AC in uscita da n. 10 cabine ciascuna da 3125 KVA)

$V_n = 30 kV$

$\cos \phi = 0,95$

Pertanto la Dpa sarà sicuramente inferiore a quella calcolata nella soprastante scheda presa come riferimento.

## 8. SCHEDE TIPOLOGICHE COMPONENTI

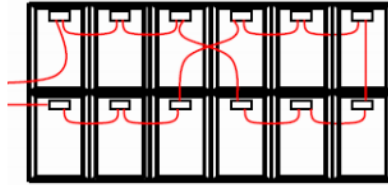
L'intero sistema, comprensivo delle opere di rete necessarie per il collegamento alla RTN, è composto dai seguenti elementi

- a. l'impianto fotovoltaico;
- b. elettrodotto di collegamento in MT;
- c. stazione di trasformazione;
- d. opere di connessione per il collegamento delle varie stazioni.

Il collegamento elettrico in media tensione dell'impianto fotovoltaico prevede la realizzazione delle seguenti opere:

1. collegamento dei moduli per formare le stringhe del campo fotovoltaico fino ai box di stringa;
2. collegamento dai box di stringa all' inverter;
3. Rete in cavo interrato a 30 kV dall' impianto fotovoltaico (dagli inverter) alla stazione di trasformazione 30/150;

I moduli (collegati in serie in modo da formare le stringhe) saranno a mezzo di cavi, in corrente continua opportunamente dimensionati, così come stabilito dalle norme CEI 82-25 e s.m.i.. Inoltre, per limitare le sovratensioni indotte di origine atmosferica, il cablaggio dei moduli tramite i cavi di collegamento posti dietro gli stessi pannelli, verrà realizzato in modo che ciascuna stringa sia cablata formando due anelli nei quali la corrente circoli in senso opposto, così come rappresentato in **Figura 4**.



**Figura 9:** Collegamento tipico a spirale delle stringhe.

In questo modo, si realizzeranno due spire nelle quali le sovratensioni indotte si compenseranno almeno parzialmente, riducendo quindi il valore della sovratensione risultante ai terminali della stringa, e quindi anche limitazioni sulle emissioni elettromagnetiche. Le varie stringhe convergeranno ad una cassetta di parallelo (SUNBOX) e da qui, tramite cavi interrati opportunamente dimensionati, all' inverter per la conversione in alternata.

Inoltre, per la sezione dei cavi, la *corrente massima ammissibile*, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore è calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8. Le *portate dei cavi in regime permanente* relative alle condutture da installare sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024, CEI-UNEL 35026, CEI-UNEL 35023-70, applicando ai valori individuati, dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. A seguire una tabella con coefficienti tipo .



Fattori di correzione per circuiti realizzati per cavi installati a fascio o strato Correction factors for loom or layer installed cables (CEI - UNEL 35024/1 : 1997-06)												
Numero di circuiti o cavi multipolari Circuits number or single core cable number												
Disposizione (cavi a contatto) Disposition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Raggruppati a fascio, annegati Loom collected, drowned	1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38
Singolo strato su muro, pavimento o passerella non perforata Single layer on wall, floor or not pierced gangway	1.00	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	Nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari None decrease for more than 9 circuits or multicore cables		
Strato a soffitto Ceiling layer	0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61			
Strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non) Pierced gangway layer (horizontal or vertical, pierced or not)	1.00	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72			
Strato su scala posacavi o graffiato ad un sostegno Layer on laying cables stairs	1.00	0.87	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78			

Fattori di correzione per pose ravvicinate in terra Correction factors for in ground brought closer lay					
Numero dei circuiti Circuits number	Distanza tra i cavi (a)* Cables distance				
	nulla - none	% Ø cavo - % Ø cable	0.125 m	0.25 m	0.5 m
2	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90
3	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
4	0.60	0.60	0.70	0.75	0.80
5	0.55	0.55	0.65	0.70	0.80
6	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80

Fattori di correzione per pose ravvicinate in terra Correction factors for in ground brought closer lay									
Numero dei cavi Cables number	Distanza tra i cavi (a)** Cables distance				Numero di circuiti unipolari (2 o 3 cavi) Single core circuits number	Distanza tra i cavi (a)** Cables distance			
	nulla - none	0.25	0.5	1.0		nulla - none	0.25	0.5	1.0
2	0.85	0.90	0.95	0.95	2	0.80	0.60	0.90	0.95
3	0.75	0.85	0.90	0.95	3	0.70	0.80	0.85	0.90
4	0.70	0.80	0.85	0.90	4	0.65	0.75	0.80	0.90
5	0.65	0.80	0.85	0.90	5	0.60	0.70	0.80	0.90
6	0.60	0.80	0.80	0.90	6	0.70	0.70	0.80	0.90

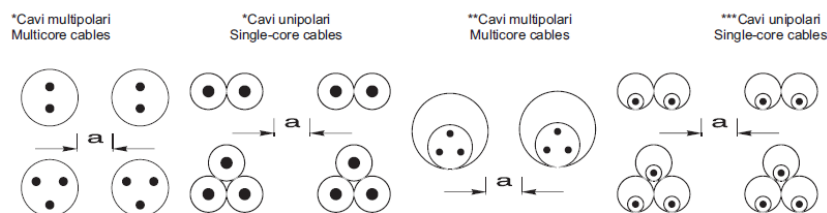
\*Cavi multipolari  
Multicore cables

\*Cavi unipolari  
Single-core cables

\*\*Cavi multipolari  
Multicore cables

\*\*\*Cavi unipolari  
Single-core cables

**Tabella 2:** Tab. 52D della Norma CEI 64-8



Il singolo modulo fotovoltaico è corredato da due cavetti (terminale positivo e negativo del modulo) di lunghezza pari a 90 centimetri cadauno (quindi nel collegamento in serie diventa una connessione di lunghezza pari a 1,8 metri) e di sezione pari a 6,0 mm<sup>2</sup>. In fase realizzativa, le stringhe saranno connesse alle box di connessione del tipo SUNBOX, tramite cavi di sez. 4-6 mmq del tipo H1Z2Z2.

# H1Z2Z2-K



Marchiatura: CE 0987 SPECIALCAVI BALDASSARI H1Z2Z2-K «formazione» IEMMEQU HAR «lotto» «anno» ECA



## CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

**Anima:**  
Conduttore in rame stagnato flessibile, classe 5  
**Isolamento:**  
Mescola LSZH a base di gomma reticolata  
**Guaina esterna:**  
Mescola LSZH a base di gomma reticolata speciale, resistente ai raggi UV  
**Colori:**  
Colore anima:  
Bianco  
Colore guaina esterna:  
Nero o Rosso (basato su RAL 9005 o 3000)

## CARATTERISTICHE ELETTRICHE

**Tensione di esercizio anime:**  
*Tensione nominale di esercizio:*  
1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra)  
*Massima tensione di esercizio:*  
1.2kV C.A. - 1.8kV C.C. (anche verso terra)  
**Tensione di esercizio guaina:**  
*Tensione nominale di esercizio:*  
1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra)  
*Massima tensione di esercizio:*  
1.2kV C.A. - 1.8kV C.C. (anche verso terra)  
**Tensione di prova:** 15 kV C.C.

## RIFERIMENTI NORMATIVI

EN 50618  
EN 60228 EN 50395  
EN 50618  
EN 50618 EN 50395 EN 62230  
EN 50618 EN 50396 EN 60228  
EN 60811-401 EN 50618  
EN 60811-504 EN 60811-505 EN 60811-506 EN 50618  
EN 60811-403 EN 50396 EN 50618  
EN 50618 EN 50289-4-17 metodo A  
EN 50618  
EN 60068-2-78  
EN 60811-503  
EN 60332-1-2  
EN 61034-2 (LT≥60%)  
EN 50525-1  
EN 50618 EN 60216-1 EN 60216-2

## CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO

EN 50575:2016 E<sub>ca</sub>

## TEMPERATURE

**Temperatura minima di esercizio:** -40°C  
**Temperatura massima di esercizio:** +90°C  
**Temperatura massima di cortocircuito:** +250°C

## CONDIZIONI DI POSA



Temperatura minima di posa -25°C



Raggio minimo di posa Ø4



Max. sforzo di trazione 15kN/m<sup>2</sup> sezione di rame guaina, 50kN/m<sup>2</sup> installazione



Posa libera



In aria libera



In tubo o canalina in serie



In canale inteso



Inteso con protezione



In tubo inteso



Discrezionalmente inteso

**Figura 10:** Scheda tecnica filo in continua per il cablaggio delle stringhe.

Dalle SUNBOX, le stringhe saranno collegate all' inverter tramite due cavi in corrente continua del tipo FG16OR16 0,6/1 kV, bipolare (positivo e negativo) di sezione opportunamente dimensionata per contenere le cadute di tensione e corrente, secondo le modalità precedentemente descritte.

**general**  
**CAVI s.p.a.**

**FG16R16 / FG16OR16 0,6/1 kV**  
CPR Cca-s3,d1,a3

CE, RoHS, REACH, EN 50575

Model Product: P10-P11 - 20190405

Cavi per energia e segnalazioni flessibili per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi. In accordo al Regolamento Europeo (CPR) UE 305/11  
Flexible or rigid power control cable for fixed installations not propagating fire and with low corrosive gas emission. G16 quality HEPR insulated. CPR UE 305/11

(Conforme alla direttiva BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 2) Regolamento CPR UE 305/11) (Accordingly to the standards BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 2) CPR UE 305/11)

**Norme di riferimento**  
CEI 20-13 IEC 60502-1 CEI UNEL 35318-35322-35016  
EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016

**Standards**



Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5. Isolamento in HEPR di qualità G16 Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico Guaina in miscela termoplastica tipo R16	Class 5 flexible copper conductor. Elastomeric mixture insulation (G16 quality). Not fibrous and not hygroscopic filler Outer Sheath PVC R16 type.
---	---

<i>Tensione nominale U0</i>	600V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	1000V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione di prova</i>	4000 V	<i>Test voltage</i>
<i>Tensione massima Um</i>	1200V(AC) 1800V(DC)	<i>Maximum voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	90	<i>Maximum operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito per sezioni fino a 240mm²</i>	250	<i>Maximum short circuit temperature for sections up to 240mm²</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito per sezioni oltre 240mm²</i>	220	<i>Maximum short circuit temperature for sections over 240mm²</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

**Condizioni di impiego più comuni**

Adatti per L'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di Ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo, conformi al Regolamento CPR. Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Adatti anche per posa interrata diretta o indiretta. Non indicato per stringhe di collegamento con pannelli fotovoltaici. Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti esterni anche bagnati AD7. Caratteristiche particolari buona resistenza agli oli e ai grassi industriali. Caratteristiche Particolari, buon comportamento alle basse temperature a resistente ai raggi UV.

**Common features**

For electrical power system in constructions and other civil engineering buildings, in order to limit fire and smoke production and spread, in accordance with the CPR. Power and control use outdoor and indoor applications, even wet. Suitable for fixed installations at open air, in tube or canals, masonry, metals structures, overhead wire and for direct or indirect underground wiring. Not indicated for connection with photovoltaic panels. Power and control use outdoor applications, even wet AD7. Special features good resistance to industrial oils and greases. Good behavior at low temperatures. UV resistant.

**Condizioni di posa**

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):  
energia = 4 D / segnalazione e comandi = 6 D  
Sforzo massimo di tiro:  
50 N/mm²

**Imballo**

Matasse da 100m in involucri termoretraibili fino alla sezione 5x6mm² se richiesto. Bobina con metrature da definire in fase di ordine.

**Colori anime**

Unipolare: nero  
Bipolare: blu-marrone  
Tripolare: marrone-nero-grigio o G/V-blu-marrone  
Quadrupolare: blu-marrone-nero-grigio (o G/V al posto del blu)  
Pentapolare: G/V-blu-marrone-nero-grigio (senza G/V 2 neri)  
Multipli per segnalazioni: neri numerati

**Colori guaina**

Grigio chiaro RAL7035

**Marcatura ad inchiostro**

GENERALCAVI - Cca-s3,d1,a3 - IEMMEQU EFP - anno - FG16(O)R16 - 0,6/1 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva

**Employment**

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):  
Power cables, = 4 D / Control cables = 6 D  
Maximum pulling stress:  
50 N/mm²

**Packing**

100m rings in thermoplastic film up to section 5x6mm². Drums to agree.

**Core colours**

Single core: black  
Two cores: blue-brown  
Three cores: brown-black-gray (or blue-brown-Y/G)  
Four cores: blue-brown-black-gray (or Y/G instead blue)  
Five cores: Y/G-blue-brown-black-gray (or black instead Y/G)  
Multicores: black with numbers

**Sheath colour**

Light grey RAL 7035

**Ink marking**

GENERALCAVI - Cca-s3,d1,a3 - IEMMEQU EFP - year - FG16(O)R16-0,61kV - form x sect. - inner work order - progressive length

**Figura 11:** Scheda tecnica del filo in continua utilizzato per il cablaggio delle stringhe.

Il sistema fotovoltaico si avvale in questo caso di inverter di stringa del tipo SUNGROW SG2500HV di cui si riportano di seguito le tabelle tecniche dei parametri elettrici e meccanici.

# SG2500HV-20

Turnkey Station for 1500 Vdc System



### High Yield

- Advanced three-level technology, max. efficiency 99 %
- Effective cooling, full power operation at 50 °C



### Easy O&M

- Integrated current and voltage monitoring function for online analysis and fast trouble shooting
- Modular design, easy for maintenance
- Convenient external touch screen



### Saved Investment

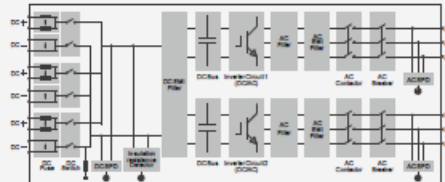
- Low transportation and installation cost due to 10-foot container design
- DC 1500 V system, low system cost
- Integrated LV auxiliary power supply
- Q at night function



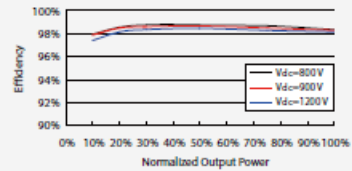
### Grid Support

- Compliance with standards: IEC 61727, IEC 62116
- Low/High voltage ride through (L/HVRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

#### Circuit Diagram



#### Efficiency Curve



© 2019 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved.  
Subject to change without notice. Version 1.1

**Figura 12:** Scheda tecnica dell'inverter utilizzato per la conversione DC/AC.

Input (DC)	SG2500HV-20
Max. PV input voltage	1500V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	800 V / 840 V
MPP voltage range for nominal power	800 – 1300 V
No. of independent MPP inputs	1
No. of DC inputs	18 – 24
Max. PV input current	3508 A
Max. DC short-circuit current	4210 A
PV array configuration	Negative grounding or floating
Output (AC)	
Max. AC output power	2750 kVA@ 45 °C / 2500 kVA@ 50 °C
Max. AC output current	2886 A
Nominal AC voltage	550 V
AC voltage range	495 – 605 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / Euro. efficiency	99.0 % / 98.7 %
Protection	
DC input protection	Load break switch + fuse
AC output protection	Circuit breaker
Overvoltage protection	DC Type I + II / AC Type II
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID function	Optional
General Data	
Dimensions (W*H*D)	2991*2591*2438 mm
Weight	6.5 T
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP54
Auxiliary power supply	Optional: Max. 40 kVA
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C (> 50 °C derating)
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 95 %
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 2000 m derating)
Display	Touch screen
Communication	Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber
Compliance	CE, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116
Grid support	Q at night function, L/HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control
Type designation	SG2500HV-20

I gruppi di conversione adottati per tale tipologia di impianto sono composti dal componente principale "inverter" e da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento, protezione e controllo, come dimostra il diagramma circuitale dell'immagine sottostante.

## Circuit Diagram

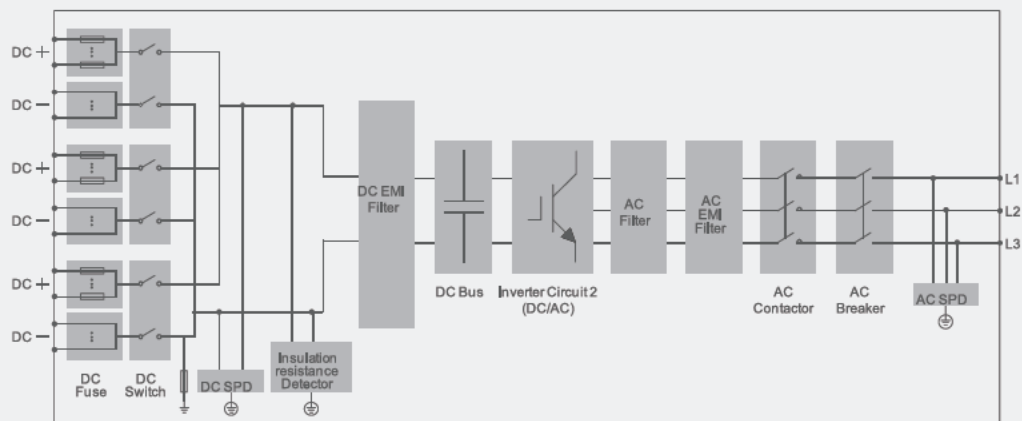


Figura 23: Diagramma circuitale dell'inverter utilizzato per la conversione DC/AC.

I trasformatori previsti saranno del tipo HUAWEI STS-3000K-K1 e HUAWEI STS-6000K-K1 di cui si riportano di seguito le tabelle tecniche dei parametri elettrici e meccanici

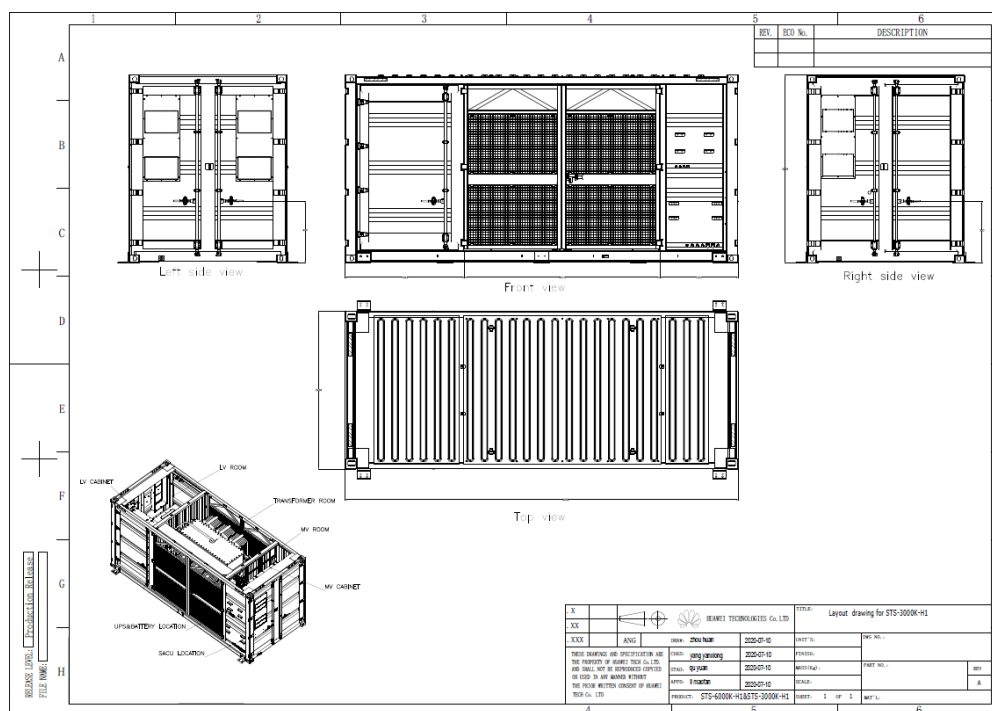


Figura 3: HUAWEI STS-3000K-K1

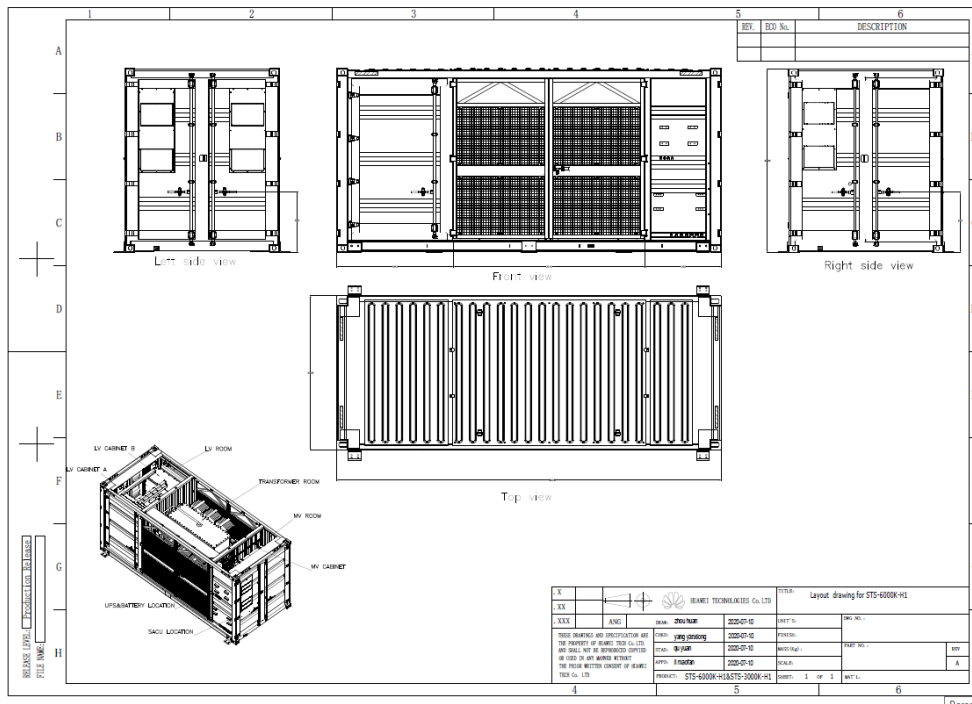


Figura 15: HUAWEI STS-6000K-K1

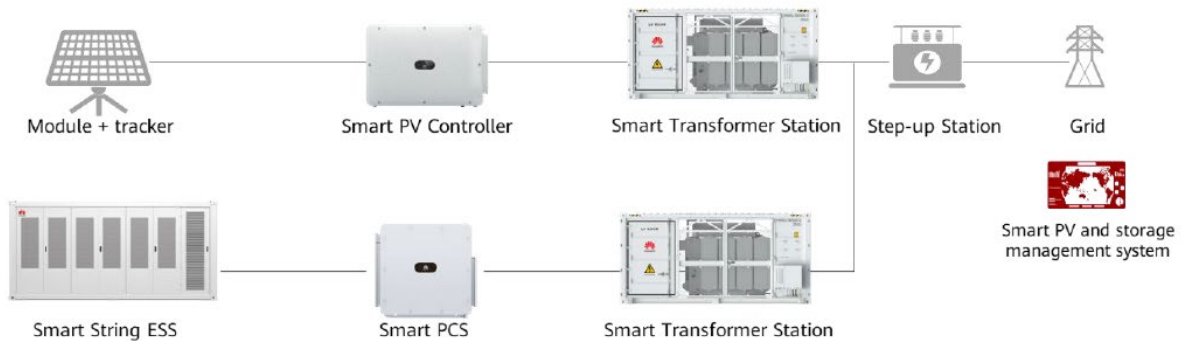
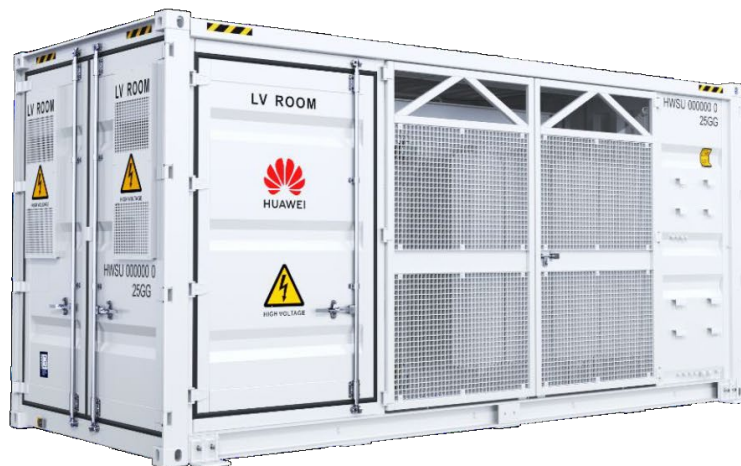


Figura 4: HUAWEI STS-3000/6000K-K1 e schema funzionale

Per il trasporto dell'energia elettrica prodotta fino alla stazione elettrica di trasformazione MT/AT 30/150 kV, in prossimità della stazione di smistamento di Terna, verrà realizzato un elettrodotto in Media Tensione a 30 kV - 50 Hz (bassa frequenza) del tipo RG16H1R12 18/30 KV, di Classe 2 con semiconduttore interno elastomerico estruso, Isolamento in HEPR di qualità G16, conforme agli standard HD 620 CEI 20-13pqa, IEC 60502pqa, EN 50575:2014, EN 50575/A1:2016.



**general  
CAVI s.p.a.**

**RG16H1R12 da 1,8/3kV a 18/30 kV**  
(UNIPOLARI Ex RG7H1R) CPR Eca

UNIPOLARI MEDIA TENSIONE  
MEDIUM VOLTAGE



Model Product: 701-705-710-713-716-724-730 - 20180724

---

**Norme di riferimento**

HD 620 CEI 20-13pqa, IEC 60502pqa  
EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016

**Standards**

HD 620 CEI 20-13pqa, IEC 60502pqa  
EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016



<p>Conduttore rigido di rame rosso ricotto. Classe 2. Semiconduttore interno elastomerico estruso Isolamento in HEPR di qualità G16 Semiconduttore esterno elastomerico estruso petabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta Schermo costituito a fili di rame rosso Guaina in PVC qualità R12</p>	<p>Rigid class 2 red copper conductor. Inner semi-conducting layer Elastomeric mixture insulation (G16 quality). Outer semi-conducting layer special high module hepr for 1.8 / 3 kV only on request Red copper wire shield. Outer Sheath PVC R12 type.</p>
--	---

<i>Tensione nominale U0</i>	da 1,8kV a 18kV	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	da 3kV a 30kV	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C	<i>Maximum operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C	<i>Maximum short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

<p><b>Condizioni di impiego più comuni</b> Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Adatti per l'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di Ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo, conformi al Regolamento CPR. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata anche non protetta.</p> <p><b>Condizioni di posa</b> Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm): 12 D Sforzo massimo di tiro: 60 N/mm</p> <p><b>Imballo</b> Imballo e quantitativi minimi da definire in sede d'ordine</p> <p><b>Colori anime</b> Unipolare: rosa Tripolare: rosa</p> <p><b>Colori guaina</b> Rosso</p> <p><b>Note</b> Nei cavi con tensione nominale di isolamento U<sub>0</sub> verso terra inferiore o uguale a 3,6 kV è ammessa l'omissione degli strati semiconduttori.</p>	<p><b>Common features</b> Suitable for the transport of energy between the substations and large users. For electrical power system in constructions and other civil engineering buildings, in order to limit fire and smoke production and spread, in accordance with the CPR. For free-hanging, pipe or channel. Laying underground also not protected.</p> <p><b>Employment</b> Minimum bending radius per D cable diameter (in mm): 12 D Maximum pulling stress: 60 N/mm</p> <p><b>Packing</b> Packaging and minimal quantity to agree</p> <p><b>Core colours</b> Single core: pink Three cores: pink</p> <p><b>Sheath colour</b> Red</p> <p><b>Note</b> In cables with a rated voltage of U<sub>0</sub> insulation to lower ground or equal to 3.6 kV is allowed the omission of the semiconductor layers.</p>
--	---

**Figura 5:** Scheda tecnica del cavidotto MT 30 kV.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche elettriche della rete MT.

Dalla suddetta tabella è possibile evincere la lunghezza del collegamento dal parco fotovoltaico al quadro MT della stazione di trasformazione 30/150 kV, la capacità di trasporto in corrente (in



funzione del tipo di posa e del coefficiente termico del terreno), la sezione del cavo prevista, nonché le perdite calcolate alla potenza massima erogata dal PFV.

TRATTA			Lungh. (m)	Ic (A)	Sez. (mmq)	N. cavi trincea	$\Delta P$ (KW)
PFV	SE 30/150	Elettrodotto	354	6,5	1x500	1	<b>8,10</b>

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici prodotti dai cavi MT interrati, avendo scelto di utilizzare cavi cordati ad elica, non è stata calcolata la distanza di prima approssimazione (Dpa), così come previsto dalla normativa vigente "Decreto Ministeriale del MATT del 28.05.2008 in attuazione alla legge 36 dell'08.07.03".

Nello stesso D.M. viene specificato che per questa tipologia di cavo la fascia di rispetto associabile risulta avere ampiezza ridotta, inferiore alla distanza prevista dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

## 9. CONCLUSIONI

A garanzia di una giusta analisi delle previste influenze dirette dovute alle sorgenti immesse dalla attività di produzione di energia elettrica si segnala che sarà anche misurato il fondo elettromagnetico esistente nelle aree dove verrà realizzato l'impianto per valutare valori dovuti ad altre sorgenti già esistenti, e quindi, saranno svolte misure dell'induzione magnetica in alcuni punti, ed in particolar modo sui tracciati dei cavidotti e nelle aree ove ricadranno le cabine elettriche di trasformazione e consegna. Per tutte le cabine elettriche e i cavidotti previsti in progetto si può affermare che *le Dpa, nel caso esaminato in questa relazione abbiano un ordine di grandezza stimato in poche unità di metri, nel caso in esame sarà utilizzata una Dpa pari a 3m, quindi comprendente una ridotta area nell'intorno delle cabine stesse e ricadente dentro la superficie di pertinenza degli impianti* (ricordiamo che la finitura dei piazzali adiacenti le cabine sarà in ghiaietto e che tutto l'impianto agrolvoltaico sarà recintato mediante recinzione esterna con in rete metallica). Tutto quanto sopra è in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 che afferma che: *per questa tipologia di impianti la Dpa e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'aerea di pertinenza dell'impianto stesso.*

Alla luce di quanto sopra descritto e fermo restando che nella zona d'interesse non sono ubicate aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi a permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere, si può asserire che sia l'impianto fotovoltaico che le opere di connessione

di MT del progetto oggetto della presente relazione sono compatibili con la normativa vigente in materia di elettromagnetismo.