



Comune di Lucera



Comune di San Severo



Provincia di Foggia



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DENOMINATO "PALMO", SITO NEL COMUNE DI SAN SEVERO (FG) IN LOCALITA' "BASTIOLA", DI POTENZA AC PARI A 75 MW E POTENZA DC PARI A 71,938 MW, CON IMPIANTO STORAGE DA 18 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE (RTN) NEI COMUNI DI SAN SEVERO E LUCERA (FG)

Proponente:

SOLAR CENTURY FVGC 9 S.R.L.
Via Caradosso, 9 – 20123 Milano
PEC: sc-fvgc9@pec.it

Progettista:

np enne. pi. studio s.r.l.
 Lungomare IX Maggio, 38 - 70132 Bari
 Tel/Fax +39 0805346068 - 0805346888
 e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it

Identificativo AU:

17KS710_Relazione inquinamento elettromagnetico impianto

Nome elaborato interno:

PAL_18 – Relazione inquinamento elettromagnetico impianto_R01

Tecnici e Specialisti:

- Dott.ssa Paola D'Angela: studi e indagini archeologiche;
- Dott.ssa Sara Di Franco: studio d'impatto acustico;
- Dott. Antonello Fabiano: studi e indagini geologiche e idrogeologiche;
- Dott. Gianluca Fallacara: rilievo planoaltimetrico e indagini sismiche
- Floema S.r.l.: progetto agricolo, studio pedoagronomico, piano di monitoraggio ambientale e rilievo essenze e paesaggio agricolo;
- Dott. Gabriele Gemma: elaborati grafici, documentazione tecnica, studio ambientale e paesaggistico
- INSE Srl : progettazione opere elettriche di connessione ad alta tensione

Descrizione Elaborato:

Relazione inquinamento elettromagnetico impianto



| | | | | | |
|-----|-------------|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------|
| 03 | | | | | Scala: varie |
| 02 | | | | | |
| 01 | Agosto 2023 | Ing. Gabriele Gemma | Enne Pi Studio Srl | Solar Century FVGC 9 Srl | |
| 00 | 28/07/2022 | Ing. Gabriele Gemma | Enne Pi Studio Srl | Solar Century FVGC 9 Srl | |
| Rev | Data | Redatto | Verificato | Approvato | |

Sommario

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. RICHIAMI NORMATIVI | 5 |
| 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO SUGLI EFFETTI DELL' INQUINAMENTO DEI CEM..... | 7 |
| 4. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE UMANA-VALORI LIMITE | 10 |
| 5. DESCRIZIONE ANDAMENTO TIPICO DEI CEM..... | 11 |
| 6. DIFFERENZE TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAMPI INDOTTI DA CAVI INTERRATI..... | 13 |
| 7. FASCIA DI RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITA'..... | 16 |
| 8. SCHEDE TIPOLOGICHE COMPONENTI | 22 |
| 9. CONCLUSIONI..... | 30 |

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la “Relazione sull’ inquinamento luminoso” 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 **71,938 MW**, con sistema di batterie di accumulo elettrochimico (BESS – Battery Energy Storage System), di potenza nominale di 18,00 MW, per una potenza nominale complessiva in DC pari a 89,938 MW, denominato “**PALMO**” in agro del Comune di San Severo, in località “Bastiola” (FG) 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 Lucera, località Palmori (FG). Essa sarà collegata attraverso un cavo AT 150kV allo stallo condiviso 150kV interno alla SE Terna 150/380kV, localizzata nel Comune Lucera, località Palmori (FG), 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. 202101131 del 11.11.2022, 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 “Palmori”.

La Società proponente ha inoltre stipulato un accordo di condivisione con le società SKI 05 S.r.l. proponente del progetto “Celone”, e SKI B A0 S.r.l. proponente di un progetto di accumulo BESS, al fine di condividere l’utilizzo della SE 30/150 kV e collegarsi allo stallo previsto nell’ampliamento della SE TERNA 380/150 kV “Palmori”.

L’energia elettrica prodotta dall’impianto agrovoltaiico sarà elevata alla tensione di 150 kV mediante un trasformatore della potenza di 90 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 **SOLAR CENTURY FVGC 9 S.r.l.**, con sede legale alla Via Cardoso, 9 – 20123 MILANO, intende realizzare l’impianto agrovoltaiico su di un terreno con destinazione agricola, esteso per circa Ha 110,646, nel comune di San Severo (FG), distinto in Catasto al Foglio 123 Particelle 234, 235, foglio 130 particelle 44, 45, 47, 48, 49 50, 295, 297, 298. La nuova Stazione Elettrica di Trasformazione Utente 30/150 kV verrà realizzata su di un terreno distinto nel comune di Lucera(FG), in Catasto al Foglio 38 Particella 163.

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

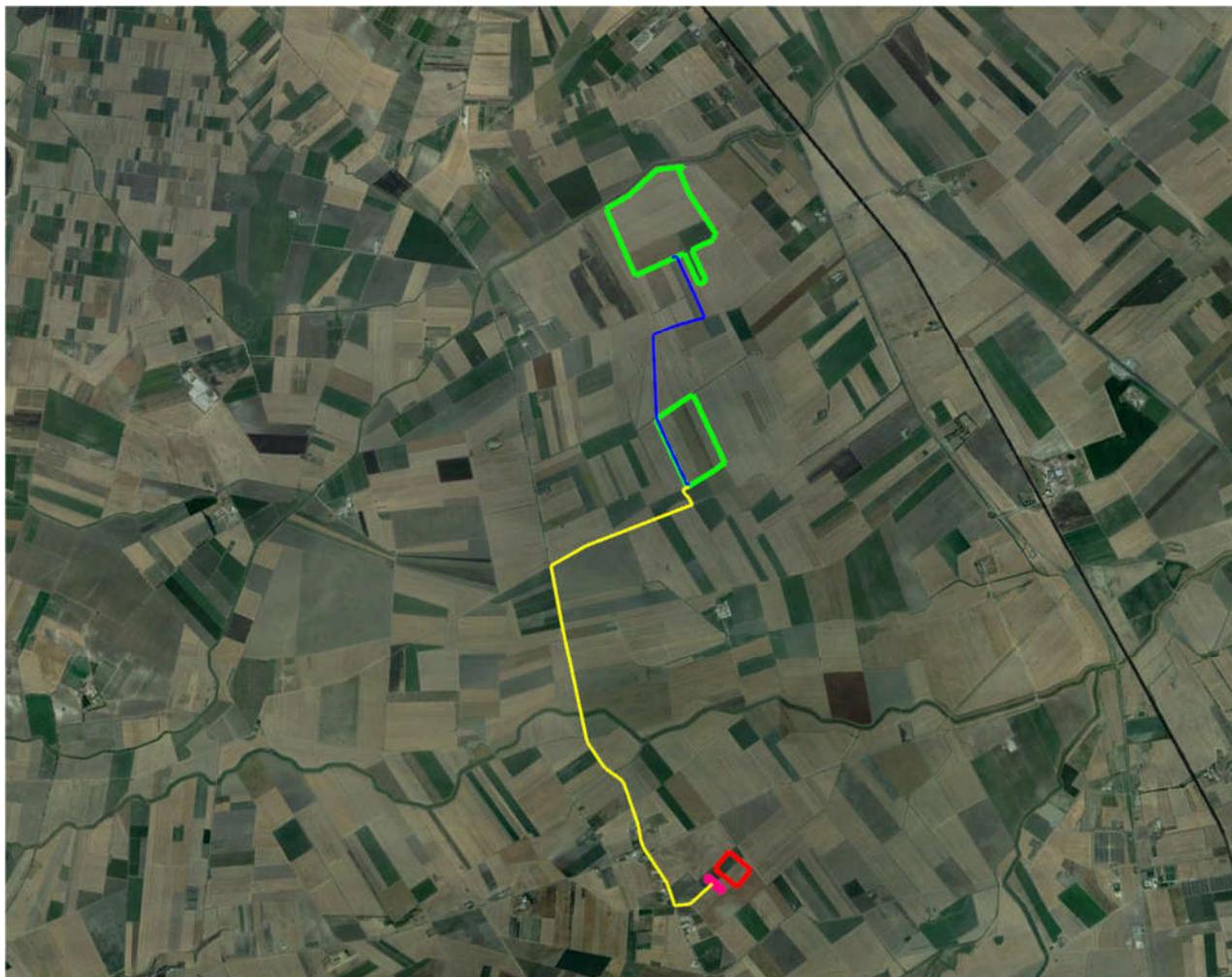


Figura 1: Vista ortofoto dell'area oggetto dell'intervento (in verde perimetro area intervento impianto agrovoltaico; in giallo e blu percorso del cavidotto interrato; in rosso la futura Stazione di Elevazione+BESS; in rosso scuro la futura Stazione Terna Lucera)

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

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 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 μ 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 μ 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 μT o 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 μT 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 μT , 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 μT 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 μT**) 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 μT .

5. DESCRIZIONE ANDAMENTO TIPICO DEI CEM

Le grandezze fisiche che caratterizzano un campo elettromagnetico ELF sono:

- il **campo elettrico E**, espresso in V/m;
- il **campo magnetico H**, espresso in A/m;
- l'**induzione magnetica B**, espressa in μT .

L'induzione magnetica (B) è direttamente proporzionale al campo magnetico (H) attraverso la costante di proporzionalità nota come permeabilità magnetica (μ) 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 **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata.** sottostante

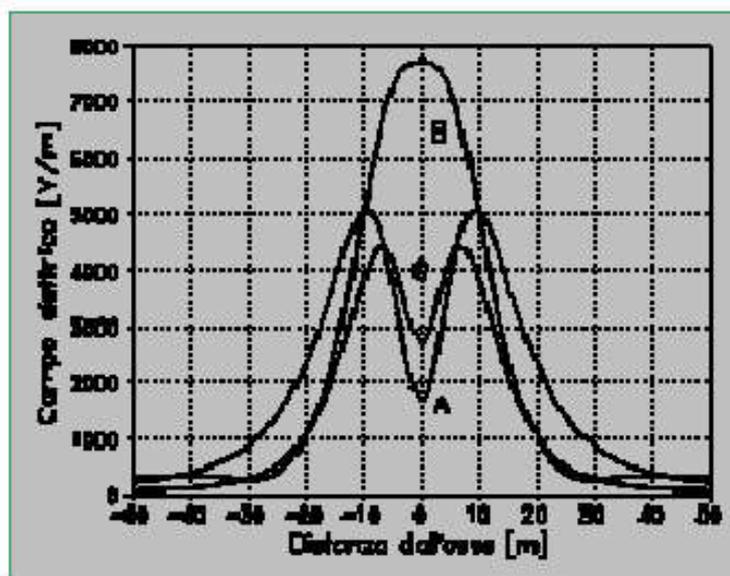


Figura 2 : andamento del campo elettrico ad una altezza di 1 m dal suolo in funzione della distanza dall'asse delle seguenti linee:

A- elettrodotto a 380 kV semplice terna;

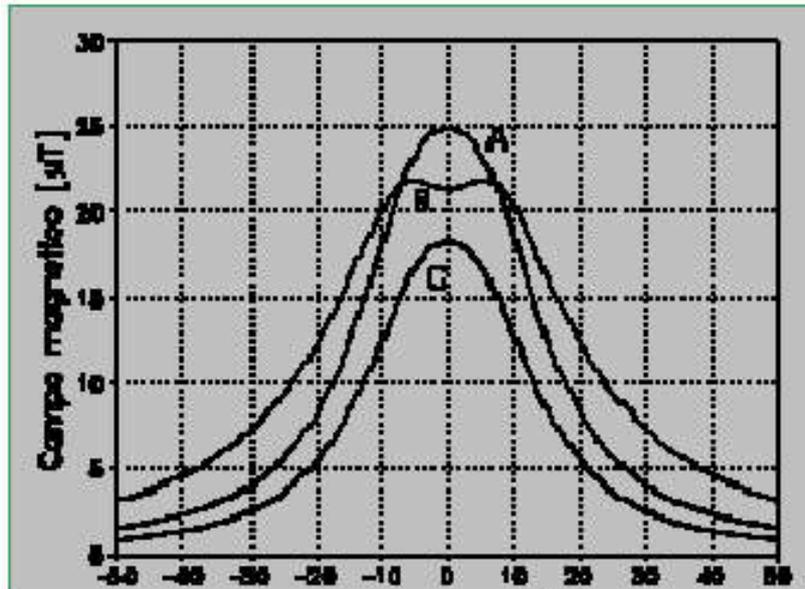
B- elettrodotto a 380 kV doppia terna con fasi congruenti;

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).

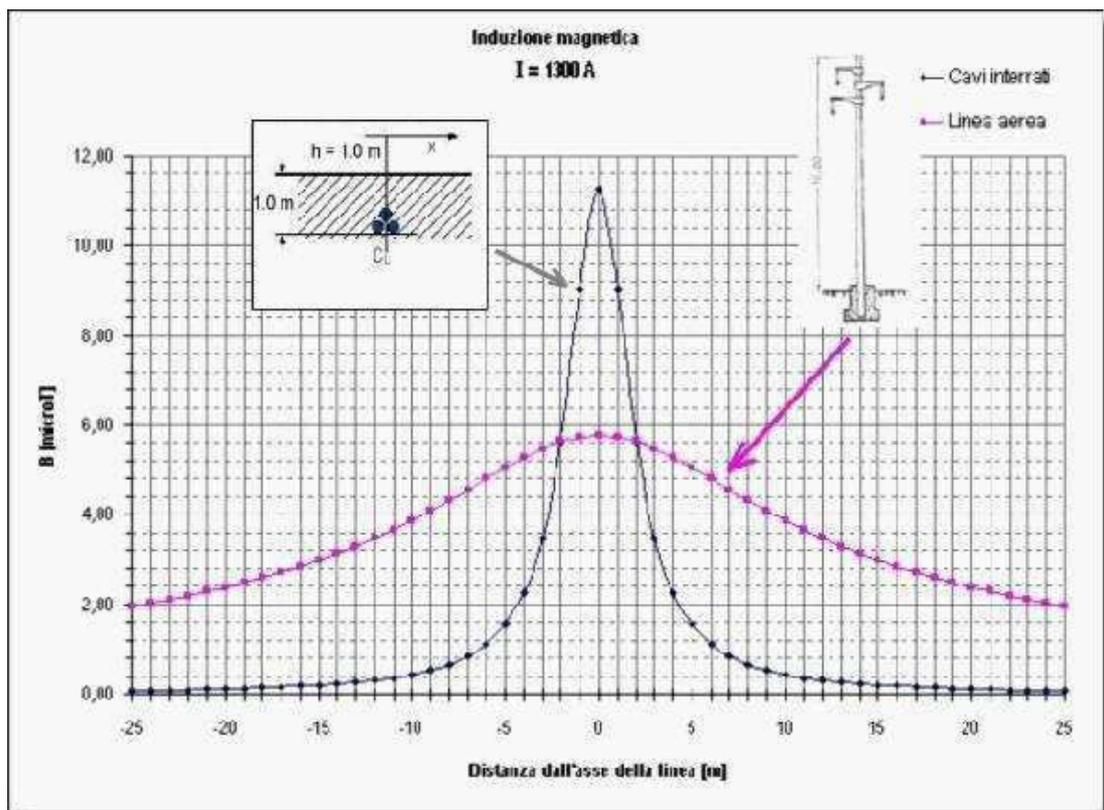


Figura 4: Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi

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 DI 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 μ T (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:

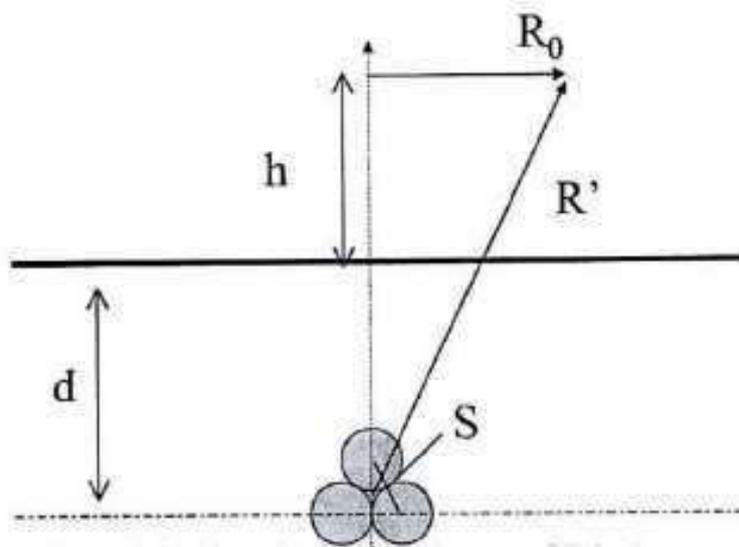


Figura 5: Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre i quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

L'elettrodotto MT in esame è costituito da tre linee interrate ciascuna con posa a trifoglio, ogni linea garantisce una portata pari a 1/3 di quella totale di 60,938 MW in AC, ossia pari a 20,322 MW in AC, calcolando la corrente massima che attraversa i conduttori MT di ciascuna linea con la formula:

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi} = \frac{20,322 \cdot 10^6 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 411,68 \text{ A}$$

dove:

- $P_n = 20.322 \text{ kW}$ (potenza max AC di ognuna delle tre linee in uscita da n. 11 cabine raggruppate)
- $V_n = 30 \text{ kV}$
- $\cos \varphi = 0,95$

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

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 411,68} = 1,835 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

che fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 2 m per parte, rispetto all'asse del cavo.

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.

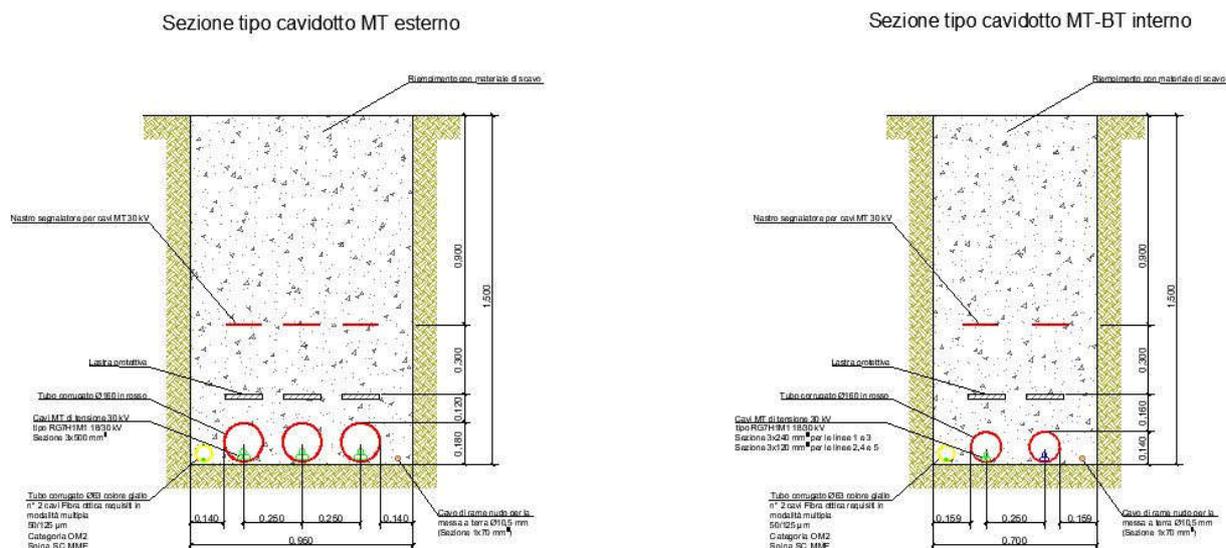


Figura 6: dettaglio di sezione cavidotti MT esterno ed interno

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]

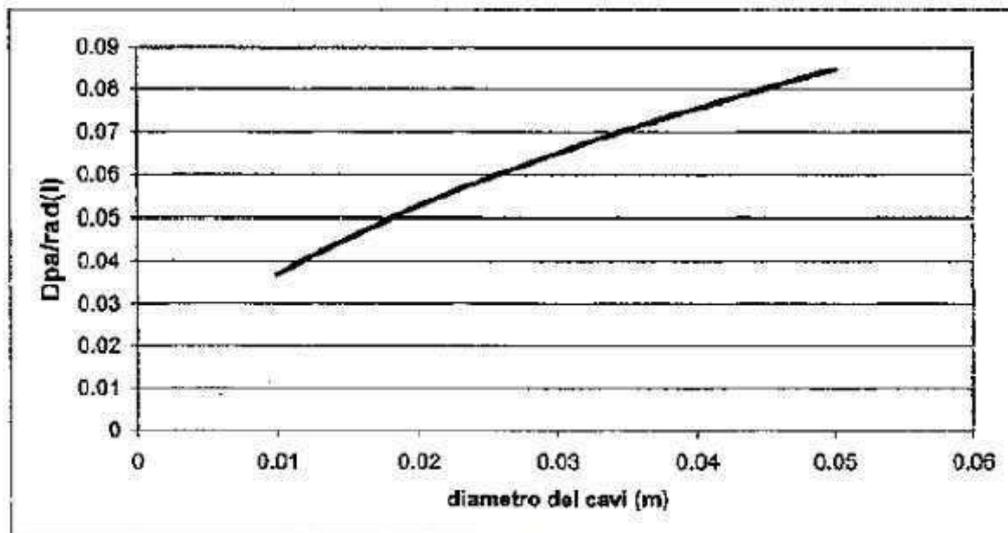


Figura 7: Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi

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

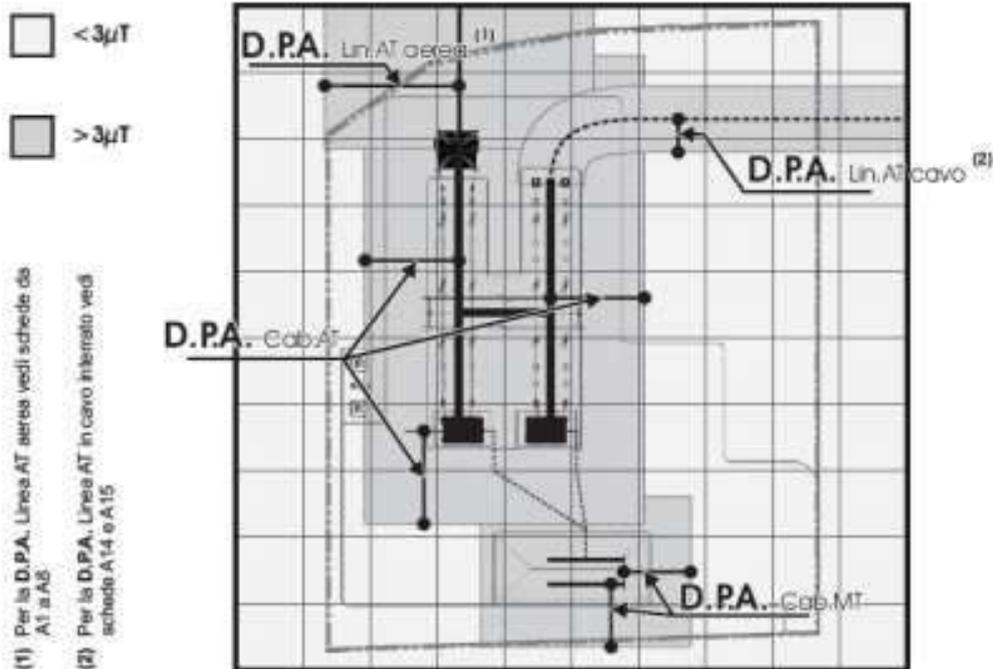
| Diametro dei cavi (m) | Tipologia trasformatore (kVA) | Corrente (A) | Dpa (m) |
|------------------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------|
| 0.010 | 250 | 361 | 1 |
| | 400 | 578 | 1 |
| | 630 | 909 | 1.5 |
| 0.012 | 250 | 361 | 1 |
| | 400 | 578 | 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:

$$Dpa = 0,40942 \cdot 0,0264^{0,5241} \cdot \sqrt{1448,44} = 2,3194m \rightarrow 2,5m$$

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:

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



| Tipologia trasformatore [MVA] | CABINA PRIMARIA | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|---------------------------------|-------------------------|----------|-------------|
| | D.P.A. Cab. da centro sbarre AT | Distanza tra le fasi AT | Corrente | D.P.A. Cab. da centro sbarre MT | Distanza tra le fasi MT | Corrente | Riferimento |
| | m | m | A | m | m | A | |
| 63 | 14 | 2,20 | 870 | 7 | 0,38 | 2332 | A16 |

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 546,96 A, calcolata come:

$$I = \frac{P_{AC_TOT}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \phi} = \frac{11 \cdot (6,5 \cdot 10^6) VA}{30 \cdot 10^3 V \cdot 0,95} = 1448,44 A$$

dove:

$P_{AC_TOT} = 11 \cdot (6,5 \cdot 10^6) VA = 71.500.000 VA$ (potenza max AC in uscita da n. 11 cabine ciascuna da 6500 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**

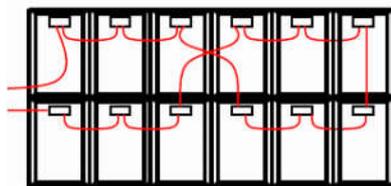


Figura 9: Collegamento tipico a spirale delle stringhe.

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.

| Disposizione (cavi a contatto) Disposition | 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 | | | | | | | | | | | |
| | 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 | | | |

| Numero dei circuiti Circuits number | Fattori di correzione per pose ravvicinate in terra Correction factors for in ground brought closer lay | | | | |
|--|--|----------------------|---------|--------|-------|
| | Distanza tra i cavi (a)* Cables distance | | | | |
| | nessuna - 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 |

| Numero dei cavi Cables number | Fattori di correzione per pose ravvicinate in terra Correction factors for in ground brought closer lay | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|------|------|------|--|--|------|------|------|
| | 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 | | | |
| | nessuna - none | 0.25 | 0.5 | 1.0 | | nessuna - 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 |

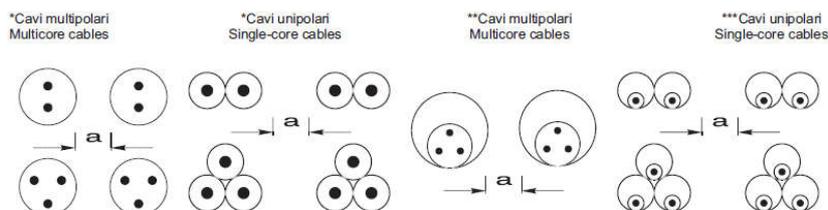
*Cavi multipolari
Multicore cables

*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 4,0 mm². In fase realizzativa, le stringhe saranno connesse alle box di connessione del tipo SUNBOX, tramite cavi di sez. 6 mm² del tipo H1Z2Z2.

H1Z2Z2-K

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



CPR
EN 50575

CE

REACH
EN 10523

RoHS

Y



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_{ca}

TEMPERATURE

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

CONDIZIONI DI POSA

| | | | |
|--|---|---|--|
|  Temperatura normale a +20°C |  Raggio minimo di posa 4R |  Max. sforzo di 200N/mm ² sulle fibre 300/300mm installazione |  Pola tesa |
|  In aria libera |  In tubo o canale in aria |  In canale insonori |  Fissato con protezione |
|  In fully protected |  Direttamente attaccato | | |

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.

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.

Bassa tensione

RG7R -0,6/1 kV
RE4*R -0,6/1 kV

Costruzione e requisiti: ENEL DC 4141/3
 ENEL DC 4908
 CEI 20-13
 IEC 60502-1 p.q.a.
 CEI UNEL 35376

Non propagazione dell'incendio: CEI 20-22 II
 Non propagazione della fiamma: CEI EN 60332-1-2
 Gas corrosivi o alogenidrici: CEI EN 50267-2-1
 Direttiva Bassa Tensione: 2006/95/CE
 Direttiva RoHS: 2011/65/CE



Descrizione

- Conduttore:
- rame rosso, corda rigida compatta, classe 2 (sezione $\geq 10 \text{ mm}^2$)
- Isolamento: gomma qualità G7 o con XLPE
- Guaina: PVC, qualità Rz
- Colore: grigio

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : 0,6/1 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

| Materiale ENEL | Codice Com-Cavi | Formazione | Ø indicativo conduttore | Spessore medio isolante | Spessore medio guaina | Ø esterno max (1) | Peso indicativo cavo | Resistenza elettrica max a 20°C | Portata (2) di corrente A | | | | | | Corrente termica di c.c. (3) | | |
|----------------|-----------------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----|------------------------|-----|------------------|-----|------------------------------|-----------------------|-------|
| | | | | | | | | | in aria a 30°C | | in tubo in aria a 30°C | | interrato a 20°C | | | tubo interrato a 20°C | |
| | | | | | | | | | $n^{\circ} \times \text{mm}^2$ | mm | mm | mm | mm | mm | | K=1 | K=1,5 |
| 330003 | 3445010160 | 1 x 16 | 4,8 | 0,7 | 1,4 | 10,0 | 220 | 1,15 | 107 | 88 | 106 | 93 | 83 | 78 | 2,2 | | |
| 330004 | 3445010250 | 1 x 25 | 6,0 | 0,9 | 1,4 | 11,7 | 325 | 0,727 | 135 | 117 | 136 | 120 | 110 | 102 | 3,5 | | |
| 330005 | 3445010500 | 1 x 50 | 8,1 | 1,0 | 1,4 | 14,7 | 555 | 0,387 | 207 | 175 | 191 | 168 | 160 | 145 | 6,5 | | |
| 330006 | 3445010950 | 1 x 95 | 11,4 | 1,1 | 1,5 | 18,6 | 1050 | 0,193 | 342 | 269 | 278 | 245 | 244 | 219 | 13,0 | | |
| 330007 | 3445011500 | 1 x 150 | 14,3 | 1,4 | 1,6 | 22,8 | 1500 | 0,124 | 454 | 359 | 352 | 310 | 322 | 285 | 20,0 | | |
| 330008 | 3445012400 | 1 x 240 | 18,2 | 1,7 | 1,7 | 27,9 | 2400 | 0,0754 | 610 | 481 | 460 | 405 | 429 | 381 | 32,0 | | |

N.B. K=1: Resistività termica del terreno 1,0 K.m/W
 K=1,5: Resistività termica del terreno 1,5 K.m/W

(1) I valori esposti sono indicativi; quelli prescritti sono indicati nel documento ENEL DC4908

(2) I valori della portata valgono in regime permanente per 4 cavi a contatto con temperatura dei conduttori di 90° C ed inoltre:

- per posa in aria libera o in tubo in aria: Temperatura ambiente: 30°C
- per posa direttamente interrata o in tubo interrato: Resistività termica del terreno: 1°C m/W
- Temperatura del terreno: 20°C
- Profondità di posa: 0,8 m

(3) I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni:

- durata del corto circuito: 1s
- temperatura iniziale: pari alla temperatura massima ammissibile (vedi nota 2)
- temperatura finale: 250°C



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 HUAWEI SUN2000-215KTL-H3 di cui si riportano di seguito le tabelle tecniche dei parametri elettrici e meccanici.

SUN2000-215KTL-H3
Smart String Inverter



| Efficiency | |
|--|--|
| Max. Efficiency | ≥99.0% |
| European Efficiency | ≥98.6% |
| Input | |
| Max. Input Voltage | 1,500 V |
| Number of MPP Trackers | 3 |
| Max. Current per MPPT | 100A/100A/100A |
| Max. PV Inputs per MPPT | 4/5/5 |
| Start Voltage | 550 V |
| MPPT Operating Voltage Range | 500 V ~ 1,500 V |
| Nominal Input Voltage | 1,080 V |
| Output | |
| Nominal AC Active Power | 200,000 W |
| Max. AC Apparent Power | 215,000 VA |
| Max. AC Active Power (cosφ=1) | 215,000 W |
| Nominal Output Voltage | 800 V, 3W + PE |
| Rated AC Grid Frequency | 50 Hz / 60 Hz |
| Nominal Output Current | 144.4 A |
| Max. Output Current | 155.2 A |
| Adjustable Power Factor Range | 0.8 LG ~ 0.8 LD |
| Max. Total Harmonic Distortion | < 1% |
| Protection | |
| Input-side Disconnection Device | Yes |
| Anti-islanding Protection | Yes |
| AC Overcurrent Protection | Yes |
| DC Reverse-polarity Protection | Yes |
| PV-array String Fault Monitoring | Yes |
| DC Surge Arrester | Type II |
| AC Surge Arrester | Type II |
| DC Insulation Resistance Detection | Yes |
| Residual Current Monitoring Unit | Yes |
| Communication | |
| Display | LED Indicators, WLAN + APP |
| USB | Yes |
| MBUS | Yes |
| RS485 | Yes |
| General | |
| Dimensions (W x H x D) | 1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch) |
| Weight (with mounting plate) | ≤86 kg (191.8 lb.) |
| Operating Temperature Range | -25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F) |
| Cooling Method | Smart Air Cooling |
| Max. Operating Altitude without Derating | 4,000 m (13,123 ft.) |
| Relative Humidity | 0 ~ 100% |
| DC Connector | Staubli MC4 EVO2 |
| AC Connector | Waterproof Connector + OT/DT Terminal |
| Protection Degree | IP66 |
| Topology | Transformerless |

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

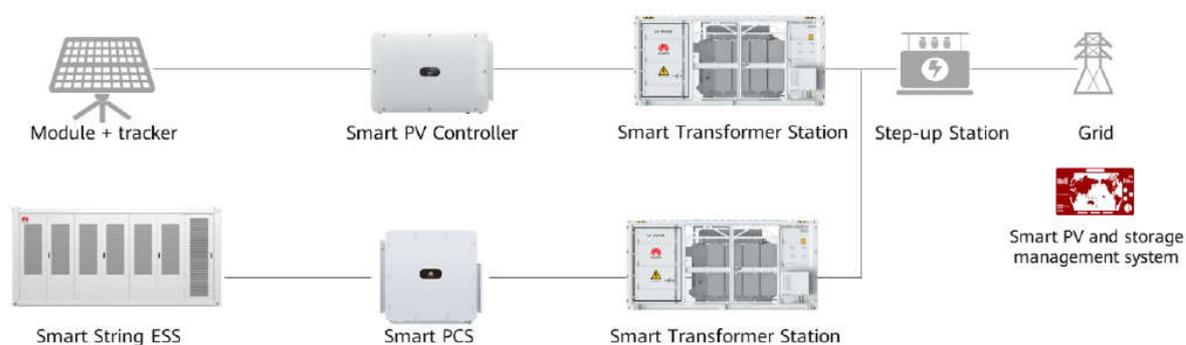
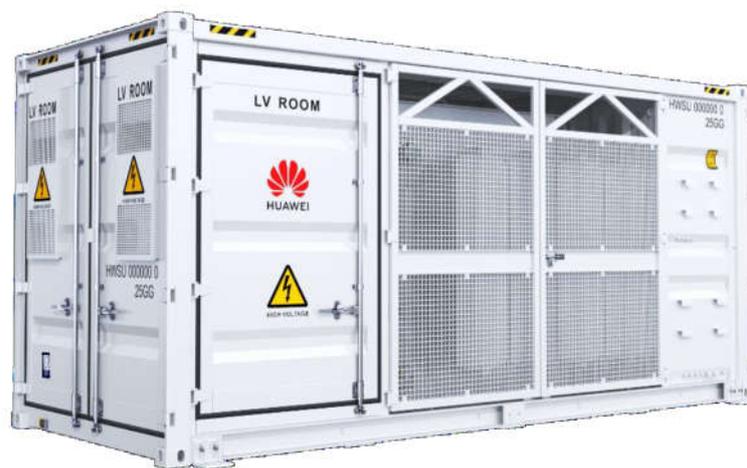


Figura 15: HUAWEI STS-6000K-K1 e schema funzionale

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 RG7H1M1 18/30 KV, di Classe 2 con semiconduttore interno elastomerico estruso, Isolamento in HEPR di qualità G7, conforme agli standard HD 620 CEI 20-13pqa, IEC 60502pqa, EN 50575:2014, EN 50575/A1:2016.

CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER

RG7H1M1 12/20 kV - 18/30 kV

MEDIA TENSIONE - SENZA PIOMBO - ZERO ALOGENI
MEDIUM VOLTAGE - LEAD-FREE - HALOGEN-FREE



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

| | |
|--|--|
| Costruzione e requisiti/Construction and specifications | (p.q.a./generally to IEC 60502 (p.q.a./generally to CEI 20-13 HD 620 |
| Misura delle scariche parziali/Measurement of partial discharges | CEI 20-16 |
| Propagazione fiamma/Flame propagation | CEI EN 60332-1-2 |
| Propagazione dell'incendio/Fire propagation | CEI EN 60332-3-24 (CEI 20-22 III) |
| Gas corrosivi o alogenidrici/Corrosive gases or halogens | CEI EN 50267-2-1 |
| Emissione di fumi (trasmittanza)/Smoke density (transmittance) | CEI EN 61034-2 |
| Resistenza agli idrocarburi/Resistance to hydrocarbons | CEI 20-34/0-1 |



Le immagini sono puramente illustrative e soggette ad approvati ©

DESCRIZIONE:

Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, a spessore ridotto, con temperatura massima di esercizio di 105°C. Un'elevata temperatura di esercizio ne consente l'impiego con un sovraccarico del 10% circa in esercizio continuo a/o maggiori margini in situazioni critiche rispetto ai cavi tradizionali.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U₀/U: RG7H1M1 12/10 kV: 12/20 kV
RG7H1M1 18/30 kV: 18/30 kV
- Tensione massima di esercizio U₀/U: RG7H1M1 12/10 kV: U_m 24 kV
RG7H1M1 18/30 kV: U_m 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 105°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 300°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo.
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze; particolarmente indicati nei luoghi con pericolo d'incendio, nei locali dove si concentrano apparecchiature, quadri e strumentazioni dove è fondamentale la loro salvaguardia. Ammessa la posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

DESCRIPTION:

Single-core cables are insulated with HEPR rubber of G7 quality, with reduced thickness and maximum operating temperature of 105°C. In case of high temperature is allowed a 10% overload in continuous operation and/or higher margins in critical situations than traditional cables.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS:

- Nominal voltage U₀/U: RG7H1M1 12/10 kV: 12/20 kV
RG7H1M1 18/30 kV: 18/30 kV
- Max operating voltage: RG7H1M1 12/10 kV: U_m 24 kV
RG7H1M1 18/30 kV: U_m 36 kV
- Maximum operating temperature: 105°C
- Min. operating temperature: -15°C (without mechanical shocks)
- Minimum installation temperature: 0°C
- Maximum short circuit temperature: 300°C
- Recommended minimum bending radius: 12 times the cable diameter.
- Recommended maximum tensile stress: 60 N/mm² of the cross-section of the copper

USE AND INSTALLATION

Suitable for energy transmission between transformer rooms and big power users; mostly suitable for premises with fire risk, and places where appliances, electrical (switch) boxes and instruments are operating and whose safeguard is fundamental. Can be laid underground, complying with art. 4.3.11 of CEI 11-17 standard.



Figura 16: 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 | ΔP (KW) |
|--------|-----------|--------------|---------------|--------|---------------|--------------------|-----------------|
| PFV | SE 30/150 | Elettrodotta | 6200 | 6,5 | 3x500 | 3 | 8,10 |

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 agrovoltaiico 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.