



Provincia di Foggia



Regione Puglia



Comune di Troia



HYPHEN RENEWABLES

COMUNE DI TROIA

"TROIA MOFFA"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI TROIA (FG) IN LOCALITÀ "MONTALVINO", DI POTENZA AC PARI A 14,00 MW E POTENZA DC PARI A 16,284 MWp, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE (RTN) NEL COMUNE DI TORIA (FG)

Proponente:

HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.
Corso Magenta, 85 - 20123 Milano
Tel: +39 02 8295 8832
PEC: hyphenrenewables1@pec.it

Tecnici e Specialisti:

- Dott.ssa Paola D'Angela: studi e indagini archeologiche;
- Dott.ssa Sara Di Franco: studio previsionale d'impatto acustico;
- Dott. Antonello Fabiano: studi e indagini geologiche e idrogeologiche;
- Dott. Agronomo Chiara Vacca: studio pedoagronomico, progetto agricolo;
- Dott. Naturalista Gianluca Stasolla: piano monitoraggio ambientale;
- Dott. Gabriele Gemma: elaborati grafici, documentazione tecnica;
- Ing. Francesco Ambron: progettazione opere elettriche connessione AT;
- Ing. Pierdomenico Montefinese: progettazione opere elettriche BT – MT;
- Ing. Domenico Lorusso: analisi paesaggistica e studio impatto ambientale

Progettista:

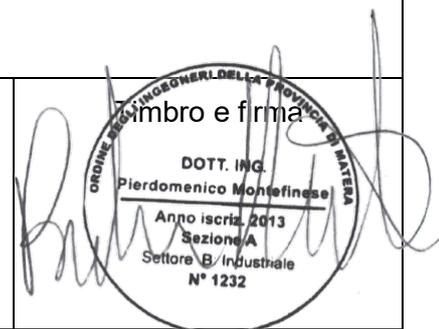
np enne. pi. studio s.r.l.
Lungomare IX Maggio, 38 - 70132 Bari
Tel/Fax +39 0805346068 - 0805346888
e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it

Nome Elaborato:

MOF_18 - Relazione inquinamento elettromagnetico impianto AgroFV

Descrizione Elaborato:

Relazione inquinamento elettromagnetico impianto Agrovoltaico



0 3					Scala: varie
0 2					
0 1					
0 0	Aprile 2024	Ing. Pierdomenico Montefinese	Enne Pi Studio Srl	Hyphen Puglia 1 S.r.l.	
Rev	Data	Redatto	Verificato	Approvato	

INDICE

PREMESSA	3
RICHIAMI NORMATIVI	3
NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO SUGLI EFFETTI DELL'INQUINAMENTO DEI CEM	4
VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE UMANA-VALORI LIMITE	6
DESCRIZIONE ANDAMENTO TIPICO DEI CEM	7
DIFFERENZE TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAMPI INDOTTI DA CAVI INTERRATI	8
FASCIA DI RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITÀ	10
CAVI MT	10
CABINA DI RACCOLTA E CABINE DI CAMPO	12
SCHEDE TECNICHE COMPONENTI	15
CONCLUSIONI	20

PREMESSA

Il presente documento costituisce la “Relazione di inquinamento elettromagnetico” relativo al progetto di un impianto agrovoltaico della potenza di 16,284MW denominato “Troia MOFFA” sito nel comune di Troia (FG) e delle relative opere di connessione dell’impianto agroFV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica Terna. La Soluzione Tecnica Minima Generale prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV su futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/380 kV.

Di seguito uno stralcio planimetrico dal quale si evince la progettazione del campo agrovoltaico:



Figura 1: Vista dell'area di impianto

Questa relazione approfondisce gli eventuali impatti elettromagnetici relativi all’esercizio dell’impianto agrovoltaico e i cavidotti di connessione BT-MT.

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.

NORMATIVA E LEGGI 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:

- Legge 186/1968 "Regola dell'arte" negli impianti elettrici;
- D.M. 37/2008 Attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- 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 DI RIFERIMENTO

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.

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 .

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

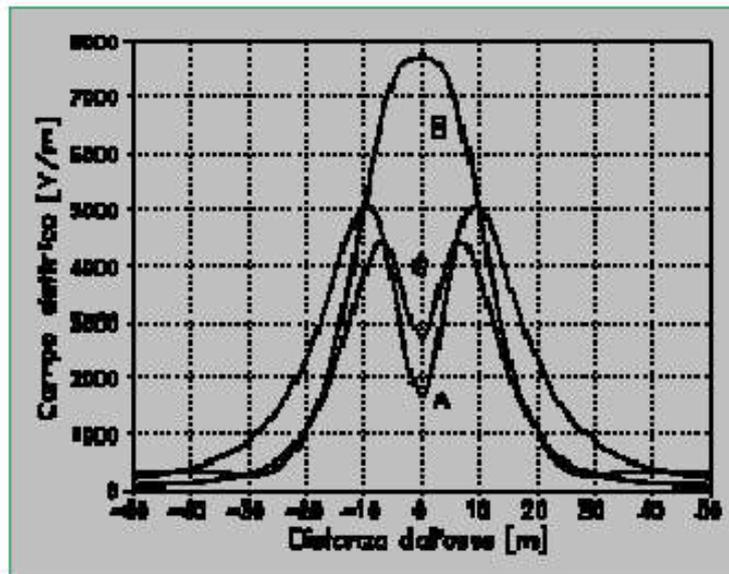


Figura 2 : andamento del campo elettrico ad una altezza di 1 m dal suolo in funzione della distanza dall'asse delle seguenti linee:

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.

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.

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 in AT e 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).

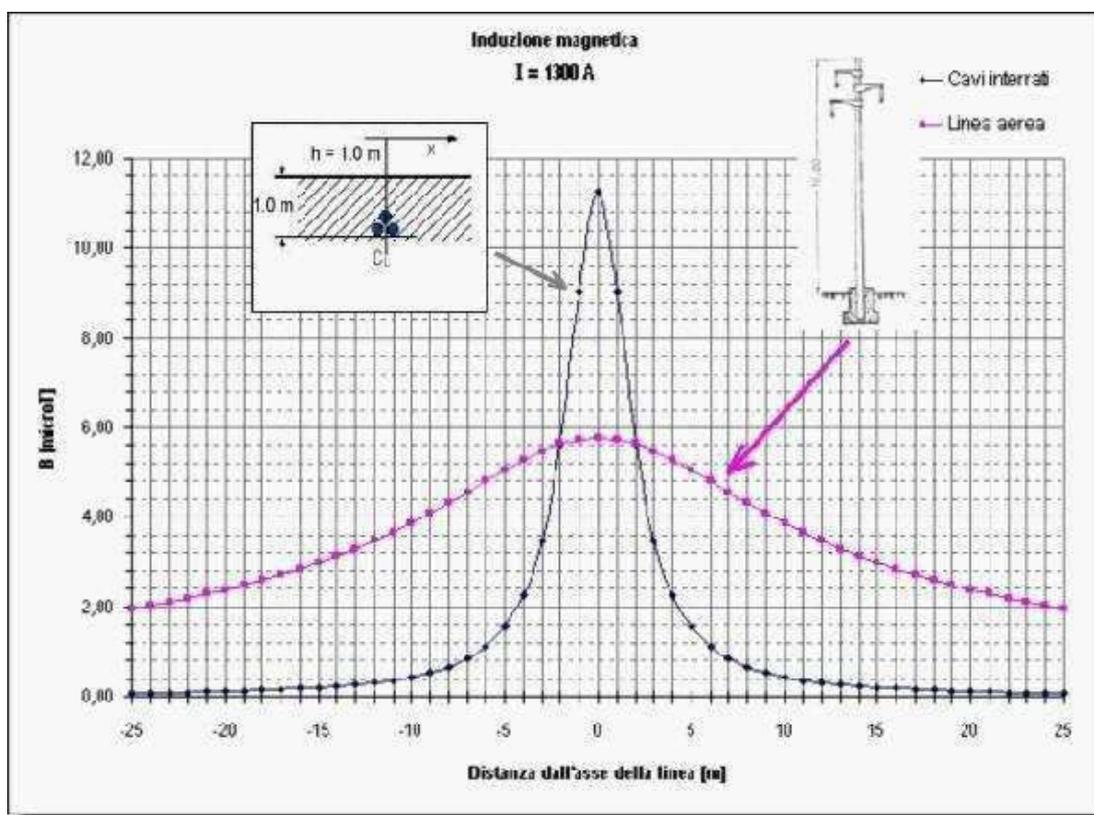


Figura 3: Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi

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.

FASCIA DI RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITÀ

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

- 1) Linee MT in cavidotti interrati;
- 2) Cabina di raccolta e Cabine di Campo.

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 (obbiettivo 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:

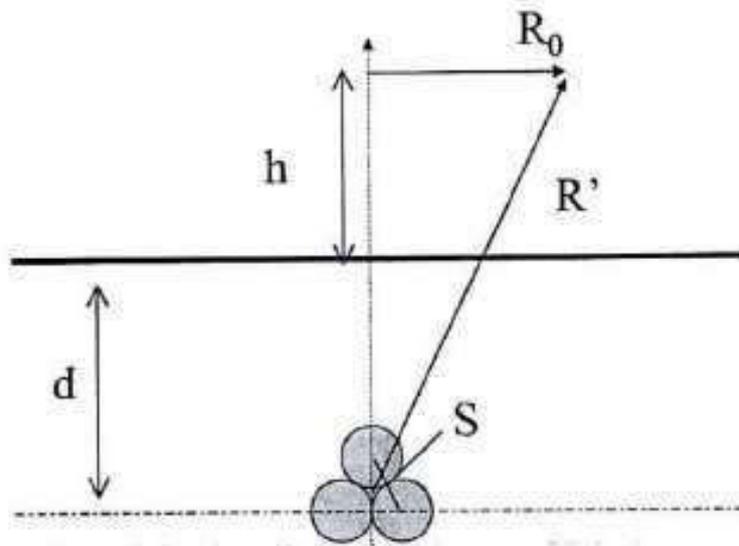


Figura 5: Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre i quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

Calcolando la corrente massima che attraversa i conduttori MT interni all'impianto a 30 kV con la formula:

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n} = \frac{14 \cdot 10^6 W}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 269,5 A$$

Dove:

$P_n = 14 \text{ MW}$

$V_n = 30 \text{ kV}$

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

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 269,5} = 1,48 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

che fornisce un valore della Dpa pari a 2 m per parte, rispetto all'asse della singola linea.

In pratica, quindi, ad una distanza di poco inferiore a 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.

Di seguito sono riportate le sezioni tipo del cavidotto MT sia interno che esterno all'impianto con le caratteristiche geometriche dello scavo e i componenti utilizzati per lo stesso.

CAVIDOTTO MT 30 kV INTERNO AREA IMPIANTO
CON UNA TERNA DI CAVI
SCALA 1:25

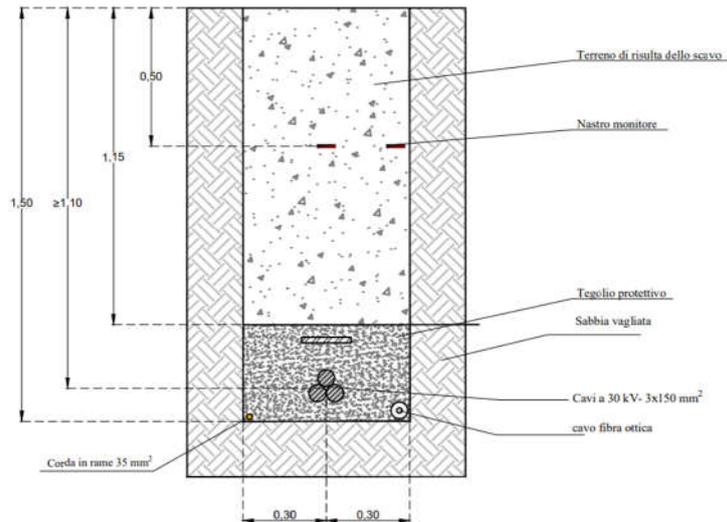


Figura 6: Dettaglio di sezione cavidotto MT interno

Si osserva quindi che la Dpa (distanza alla quale il valore di induzione magnetica è pari a $3 \mu\text{T}$) è di 2 m a sinistra e a destra di ciascuna linea interrata e pertanto, tenendo conto della presenza di due linee interrate **la fascia di rispetto per tutto questo tratto vale circa 6,0m quindi +/-3 m centrata in asse linea dello scavo per il cavidotto MT(arrotondamento per eccesso della DPA), per il tratto di cavidotto con 4 linee interrate la fascia di rispetto è di 7,0m quindi +/-3,5m centrata in asse linea dello scavo(arrotondamento per eccesso della DPA).**

CABINA DI RACCOLTA E CABINE DI CAMPO

All'interno del campo sono state predisposte n. 1 cabina di raccolta, n. 4 cabine di campo (inverter-trasformatori) da 4.200 kVA (per i 4 sottocampi), n. 1 cabina (locale tecnico) per servizi ausiliari e n. 3 container officina, manutenzione e deposito.

L'area di trasformazione a 36 kV sarà costituita da:

- Trasformatore 30/36 kV ;
- locale utente con gli scomparti AT a 36 kV e le apparecchiature di protezione (Dispositivo Generale e Dispositivo di Interfaccia associati ai rispettivi sistemi di protezione), e quadro generale dei servizi ausiliari;
- locale misure con il contatore dell'energia scambiata con la rete;
- locale di consegna allestito con gli scomparti AT 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 MT in uscita dalle cabine di campo, 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 campo sono pertanto: corrente nominale di media 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]

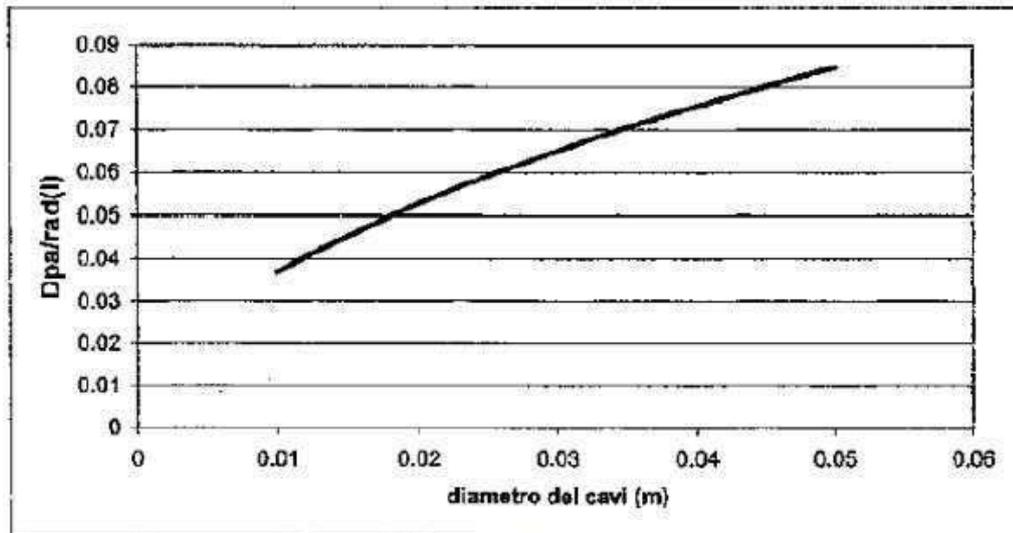


Figura 7: Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi

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

Tabella 1: Dpa tipiche per trasformatori

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

$$Dpa = 0,40942 \cdot 0,0407^{0,5241} \cdot \sqrt{269,4} = 1,25m \rightarrow 1,5m$$

Dove la corrente che attraverserà le sbarre MT di ciascuna cabina di campo con valore massimo di circa 938 A, è stata calcolata come:

$$I = \frac{P_{AC_TOT}}{\sqrt{3} \cdot V_n} = \frac{4 \cdot 3,5 \text{ kVA} \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3 \text{ V}} = 269,4A$$

dove:

$$P_{AC_TOT} = 4 \cdot (3,5 \cdot 10^6) \text{ VA} = 14.000.000 \text{ VA} \text{ (potenza max AC in uscita da n. 4 cabine ciascuna da 3,5 kVA)}$$

$$V_n = 30 \text{ kV}$$

Di seguito si riporta la scheda tecnica relativa al valore del diametro esterno dei cavi **RG16H1R12** pari a 0,0407 m corrispondente a una sezione pari a **150 mm²**.

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Unipolare / Single core						
1x	35	7.0	28.0	33.8	1290	450
1x	50	8.1	27.1	35.9	1420	460
1x	70	9.9	28.9	36.1	1660	470
1x	95	11.5	30.5	37.8	1980	510
1x	120	12.9	31.9	39.1	2260	520
1x	150	14.2	33.2	40.7	2560	540
1x	185	15.9	35.0	42.6	2960	570
1x	240	18.3	37.4	45.3	3610	610
1x	300	20.7	39.8	47.8	4280	640
1x	400	23.5	42.6	51.2	5200	680
1x	500	26.5	45.6	55.0	6310	730
1x	630	31.2	50.3	61.9	7930	800

Tabella 2: 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

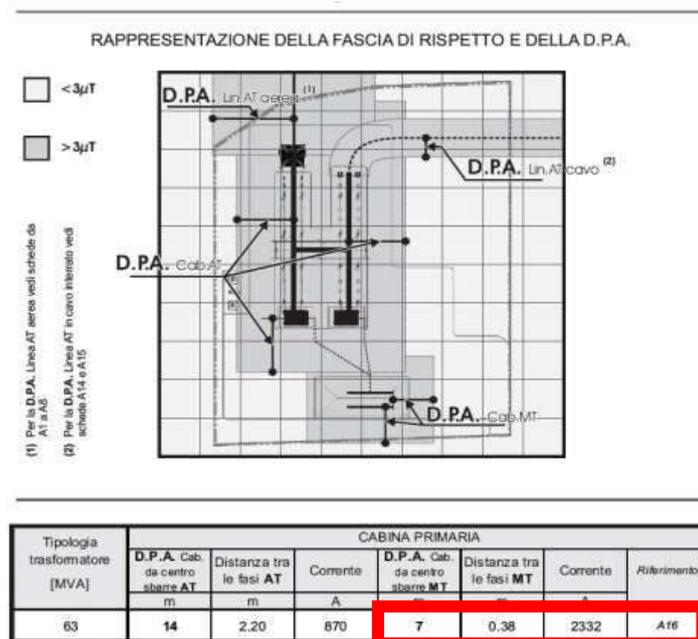


Figura 8: Rappresentazione della fascia di rispetto e della Dpa

La Dpa stimata è pari a 7 m 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 269,4 A.

Pertanto la Dpa sarà sicuramente inferiore a quella calcolata nella soprastante scheda presa come riferimento a conferma del risultato precedentemente calcolato, per il quale **la Dpa per ciascuna cabina di campo risulta pari a 1,5 m.**

SCHEDE TECNICHE COMPONENTI

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

- Impianto di conversione CC/CA
- Impianto di supervisione e monitoraggio
- Impianto di sorveglianza
- Impianto di trasformazione MT/BT
- Elettrodotto MT di connessione

Il collegamento elettrico BT-MT dell'impianto prevede la realizzazione delle seguenti opere:

1. Collegamento mediante cavi BT fra DC combiner e cabine di campo
2. Rete in cavo interrato a 30 kV dalle cabine di campo alla cabina di raccolta interna all'impianto;

Di seguito si riporta la scheda tecnica delle cabine di campo.

SMA
MEDIUM VOLTAGE
POWER STATION



A new global convenience

The SMA Medium Voltage Power Station offers highest power density in a plug & play design. Suitable for global use. Rely on the most robust, technically advanced and internationally certified hardware for power conversion in any climate. As one of the first truly global systems it is the ideal choice for next generation PV power plants operating at 1500 VDC.

Delivered pre-configured within a 20' HC skid trailer, the system is easy to transport and quick to assemble and commission. The SMA Medium Voltage Power Station combines the highest plant safety of fully tested components with maximum energy yield and minimised deployment and operating risk for large scale PV power plant projects.

Maximum profit

Benefit from:

- Easy transport with a CSC compliant container
- Pre-installed components
- Minimum O&M requirements
- Integrated switchgear and transformer
- Maximum design flexibility

Maximum availability

Rely on:

- Best in class performance
- Engineered for maximum efficiency
- Global compliance
- Over 35 years experience
- Full grid compliance

SMA ENERGY SYSTEMS
LARGE SCALE



Plug & play power for every climate

The SMA MVPS is the ideal and most compact combination of a central inverter, transformer and switchgear. It can be transported easily across the globe and is designed for quick project commissioning on site. At the same time, it complies with the highest international safety standards.

Cost-efficient service concept

SMA offers you expert remote access and control of hardware for SMA Inverters free of charge. Cost-efficient and fast digital fault analysis allows for higher availability and a quick resolution of faults. By providing free remote software updates we ensure the highest security standards and therefore the highest availability for your plant.

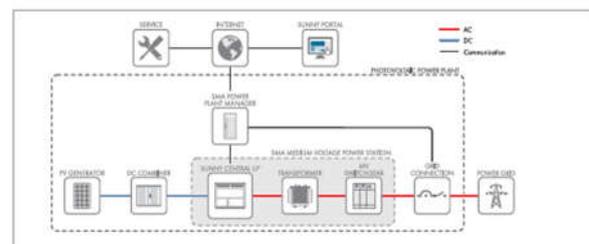
SUNNY CENTRAL UP

The Sunny Central UP is our most powerful inverter with up to 4600 kVA and the heart of the Medium Voltage Power Station. At a voltage of 1500 V DC it allows for significantly more efficient system design. With a variety of options and the new DC-coupling readiness, it provides maximum flexibility at minimum size.

Benefit from:

- Highest power output: up to 54% less inverter units
- Reduced energy self-consumption by 53%
- Less transportation, installation, commissioning and service costs
- DC-Coupling ready

Easily integrate the power skid into your plant



TECHNICAL DATA	MVPS 4000-S2	MVPS 4200-S2	MVPS 4400-S2	MVPS 4600-S2
Inverter Type	SC4000 UP	SC4200 UP	SC4400 UP	SC4600 UP
Input (DC)				
Max. input voltage $V_{DC,max}$	1500 V			
MPP voltage range (at 25 °C / at 50 °C)	880 to 1325 V / 1100 V	921 to 1325 V / 1100 V	962 to 1325 V / 1100 V	1003 to 1325 V / 1100 V
Max. input current $I_{DC,max}$	4750 A			
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power			
DC inputs	24 double pole fused (32 single pole fused)			
DC inputs with optional DC Coupling	18 double pole fused (36 single pole fused) for PV and 6 double pole fused for batteries			
Max. short-circuit current $I_{DC,sc}$	6400 A			
Output (AC)				
Nominal AC power (at 25 °C / at 50 °C)	4000 kVA / 3400 kVA	4200 kVA / 3570 kVA	4400 kVA / 3740 kVA	4600 kVA / 3910 kVA
Nominal AC current (at 25 °C / at 50 °C)	3850 A / 3273 A			
AC nominal voltage (Inverter side)	600 V	630 V	660 V	690 V
Typical nominal AC voltages (Transformer)	11 kV to 35 kV			
Transformer Vector Groups	● Dy11 / ○ YNd11 / ○ YNy0			
Transformer cooling method	KNAN ¹⁾			
Efficiency				
Inverter Efficiency (MAX / EUR / CEC) ²⁾	98.7% / 98.6% / 98.5%			
Transformer Peak Efficiency (PEI) ²⁾	> 99.1%			
General Data				
Dimensions (length / width / height)	6.056 m / 2.437 m / 2.895 m (20' HC Shipping Container)			
Weight	< 16000 kg (35274 lbs)			
Operating temperature range	● -25°C to +45°C / ○ -25°C to +55°C			
Max. value for relative humidity	95%			
Maximum operating altitude	● 1000 m / ○ 2000 m			
Features				
AC connection MV side	Outer-cone angle plug type C			
Auxiliary Transformer	● NO / ○ 10 / ○ 20 / ○ 30 / ○ 40 / ○ 50 / ○ 60 kVA			
Integrated oil containment	○			
Type designation	MVPS-4000-S2 (-US)	MVPS-4200-S2 (-US)	MVPS-4400-S2 (-US)	MVPS-4600-S2 (-US)

● Standard feature ○ optional feature ¹⁾ KNAN = insulating liquid with fire point > 300°C, natural liquid circulation, natural cooling air flow ²⁾ Preliminary Data subject to final design

Figura 11: cabine di campo

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 graffato 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 3: Tab. 52D della Norma CEI 64-8

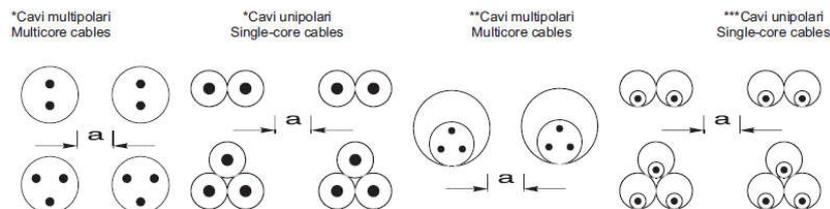


Figura 12: Sezioni tipo di posa interrata per cavi BT

I DC combiner saranno collegati alle cabine di campo tramite cavi in corrente continua del tipo H1Z2Z2-K 1/1 kVac-1,5/1,5 kVcc, di sezione opportunamente dimensionata per contenere le cadute di tensione e corrente, secondo le modalità precedentemente descritte.

CAVI BASSA TENSIONE - PER IMPIANTI FOTOVOLTAICI - ZERO ALOGENI
 LOW VOLTAGE CABLES SOLAR PLANTS - HALOGEN FREE

H1Z2Z2-K 1/1 kVac - 1,5/1,5 kVcc

Bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi, non propaganti la fiamma, resistenti ai raggi UV
 Low emissions of smoke, zero halogen, Flame retardant, UV resistant



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE	
Costruzione e requisiti/Construction and specifications	CEI EN 50618
Resistenza raggi UV / UV Resistance	CEI EN 50618
Resistenza all'ozono / Ozone Resistance	CEI EN 60811-403
Resistenza elettrica / DC resistance	CEI EN 60228 (Tab. 9)
Portata di corrente / Current capacity	CEI EN 50618
Resistenza alla sollecitazione termica / Thermal stress resistance	CEI EN 60216-1
Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive	2014/35/UE
Direttiva RoHS/RoHS Directive	2011/65/UE



Scarica la scheda tecnica completa



REAZIONE AL FUOCO/REACTION TO FIRE

Formazione Size	Ø esterno medio Medium Ø outer	Peso medio cavo Medium Weight	Resistenza elettrica Electrical Resistance max a 20°C	Portata di corrente / Current rating		
				Cavo singolo libero in aria	Cavo singolo su unica superficie	Due cavi caricati che si toccano su una superficie
n° x mm²	mm	kg/km	Ω/km	A	A	A
1 x 1,5	4,7	34	13,3	30	29	24
1 x 2,5	5,2	47	7,98	41	39	33
1 x 4	5,8	58	4,95	55	52	44
1 x 6	6,5	80	3,3	70	67	57
1 x 10	7,9	127	1,91	98	93	79
1 x 16	8,8	180	1,21	132	125	107
1 x 25	10,6	270	0,78	176	167	142
1 x 35	12,0	360	0,554	218	207	176
1 x 50	14,1	515	0,386	276	262	221
1 x 70	15,9	720	0,272	347	330	278
1 x 95	17,7	915	0,206	416	395	333
1 x 120	19,8	1160	0,161	488	464	390
1 x 150	21,7	1460	0,129	566	538	453
1 x 185	24,1	1780	0,106	644	612	515
1 x 240	26,7	2400	0,0801	775	736	620

Figura 13: Scheda tecnica del filo in continua utilizzato per il collegamento fra DC COMBINER e CABINE DI CAMPO.

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 2,5m, 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 sarà recintato mediante recinzione esterna 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'area 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 agrovoltaiico che le opere di connessione MT/AT del progetto oggetto della presente relazione, sono compatibili con la normativa vigente in materia di elettromagnetismo.