



**Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare  
denominato “Armellino” avente  
potenza di picco 41,164 MWp e  
potenza in immissione 40 MW  
situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL)  
con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo  
Scrvia (AL),  
in Provincia di Alessandria**

**RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI (DPA)**



<b>12/03/2024</b>	<b>00</b>	<b>Emissione finale</b>	<b>S. Pilato</b>	<b>A. Vaschetti</b>	<b>F. Boni Castagnetti</b>
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente <b>Cod037_FV_BER_00012_</b> <b>RELAZIONE SUI CAMPI</b> <b>ELETTROMAGNETICI (DPA)</b>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale <b>Futuro Solare 1 S.r.L.</b>			ID Documento Appaltatore		

	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 2 / 16
		Numero Revisione
		00

## Sommario

1	Introduzione .....	4
2	Richiamo alla normativa di settore .....	7
3	Valutazione dell’impatto elettromagnetico .....	10
3.1	Locali di trasformazione .....	11
3.2	Cabina di raccolta d’impianto .....	15
3.3	Linee MT interne al campo e di connessione dell’impianto fotovoltaico.....	16




ID Documento Committente  
**CoD037\_FV\_BER\_00012**

Pagina  
3 / 16

Numero  
Revisione

00

	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 4 / 16
		Numero Revisione
		00

## 1 Introduzione

Nella presente relazione viene sviluppata la valutazione di impatto da campi magnetici ed elettrici a frequenza industriale all'interno del campo fotovoltaico, con riferimento all'impianto fotovoltaico da realizzarsi nei Comuni di Sale e Tortona (AL), con opere di connessione che interessano anche il Comune di Castelnuovo Scivria (AL). La valutazione dell'impatto da campi elettromagnetici relativa alla SSE verrà eseguita in un altro documento apposito (Cod037\_FV\_BER\_00013\_Relazione di calcolo distanze di prima approssimazione (DPA) SSE).

All'interno dell'area di impianto è prevista l'installazione di 58.806 moduli da 700 W<sub>p</sub>, per una potenza complessiva di 41.164,2 kW<sub>p</sub>. Nella presente relazione viene illustrato il progetto definitivo dell'intervento. La potenza in immissione prevista da STMG ammonta a 40 MW. Il collegamento alla rete elettrica nazionale avverrà in AT tramite connessione alla Stazione Elettrica di Castelnuovo Scivria, tramite cavidotto lungo circa 11 km.

I moduli verranno posti in opera in modo da potersi muovere rispetto un unico asse di rotazione che li espone da est a ovest alla radiazione solare lungo l'arco dell'intera giornata, massimizzando la captazione energetica.

Tale configurazione consente di ottenere un'elevata produzione di energia elettrica dagli impianti fotovoltaici.

La presente relazione, dopo aver richiamato la normativa di settore, sviluppa la relativa analisi di riferimento, verificando quindi il rispetto dei valori limite di normativa vigente (vedasi l'allegato al *DM 29 maggio 2008 - GU n. 156 del 5 luglio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"*) in tutte le diverse parti degli impianti fotovoltaici, mettendo altresì in evidenza tutti gli accorgimenti progettuali, le caratteristiche costruttive delle varie opere e le mitigazioni adottate per ottenere il rispetto dei suddetti limiti.

Dall'analisi del sito è emerso che i recettori sensibili più prossimi all'area di sedime degli impianti, caratterizzati cioè da permanenza umana prolungata superiore alle quattro ore, si trovano ad una distanza di circa centocinquanta metri dalla cabina di conversione e trasformazione più vicina, per cui è dimostrato il pieno rispetto sia dei valori di attenzione, sia dell'obiettivo di qualità, determinati secondo la normativa vigente.


Dalla cabina di raccolta, distanziata di più di centocinquanta metri dal recettore sensibile più vicino, parte la linea MT che raggruppa i cavi in MT provenienti dal campo. La suddetta linea in MT, lunga circa 10,6 km, collega la cabina di raccolta, e quindi l'intero impianto di produzione, alla sottostazione elettrica (SSE), presso la Stazione Elettrica di Castelnuovo Scivia (AL).



*Figura 1: foto aerea dell'area di intervento – individuazione cabine e skid di trasformazione (in verde) e cabina di raccolta (in arancione)*



*Figura 2: foto aerea dell'area di intervento – individuazione ricettori prossimi all'impianto*

	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 7 / 16
		Numero Revisione
		00

## 2 Richiamo alla normativa di settore

A livello nazionale, il quadro normativo di riferimento principale, nel caso oggetto della presente analisi, fa riferimento alla Legge n° 55 del 22 Febbraio 2001: "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici e elettromagnetici*" e al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003, attuativo della precedente Legge Quadro.

Infine, il DM 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" (SO n. 160 alla GU n. 156 del 5 luglio 2008) stabilisce metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per elettrodotti (*i.e.* le linee elettriche sia aeree che interrate, cabine elettriche e le stazioni primarie, *etc.*).

Il primo riferimento normativo in materia di esposizione a campi elettromagnetici generati da linee elettriche è, come detto, la "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici e elettromagnetici*" n° 36 del 22 Febbraio 2001, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 55 del 07/03/2001.

In questo riferimento si stabilisce che la definizione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione, degli obiettivi di qualità da perseguire per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici debba spettare espressamente allo Stato che, come tale, stabilisce nella stessa Legge Quadro di determinare i "parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti;". All'interno di queste fasce (*ref:* vedasi art. 4, comma 1, lettera h) "non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore".

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003 rende successivamente attuativa la precedente Legge Quadro. In questo riferimento di legge viene anche specificato che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dallo stesso DPCM non vengono applicati ai lavoratori esposti per ragioni professionali ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Sono quindi stabiliti i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per i valori di induzione magnetica B e per il campo elettrico E, da applicarsi alla popolazione in coerenza con la seguente tabella:

Frequenza Industriale 50 Hz	Induzione magnetica B [ $\mu$ T]	Campo elettrico E [kV/m]
Limite di esposizione (da non superarsi in nessun caso)	100	5
Valore di attenzione	10	-
Obiettivo di qualità	3	-

Tab. 1: valori di attenzione e obiettivi di qualità per valori di induzione magnetica B e campo elettrico E 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.

Nella determinazione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità si deve far riferimento al valor mediano dei suddetti, calcolato nelle normali condizioni di esercizio sulle ventiquattro ore del giorno tipo.


Il valore di attenzione è il valore di campo elettrico e di induzione magnetica che non deve essere superato in tutti gli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze umane non inferiori a quattro ore, come misura di cautela per la popolazione ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.

L'obiettivo di qualità rappresenta invece il massimo valore di campo elettrico e di induzione magnetica da perseguire 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.

Nella sezione di cui all'articolo 6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", del DPCM 08/07/2003, viene inoltre precisato che nella modalità di determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità fissato all'art. 4 (*i.e.* 3  $\mu$ T definiti in Tab. 1) ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, definita dalla norma CEI 11-60.

Al comma 2 dello stesso articolo 6, si precisa inoltre che la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è competenza del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare sentite APAT e le Arpa.




	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 9 / 16
		Numero Revisione
		00

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008, stabilisce la procedura da utilizzare nel calcolo delle fasce di rispetto per linee elettriche aeree e interrate, esistenti e di progetto.

La fascia di rispetto è definita come lo spazio circostante un elettrodotto (al di sopra e al di sotto) del livello del suolo, costituito da tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di valore superiore all'obiettivo di qualità per l'induzione magnetica di 3  $\mu$ T, stabilito dal già citato DPCM 08/07/2003. La corrente massima di esercizio in servizio normale dell'elettrodotto (ai sensi della norma CEI11-60) è il parametro da utilizzare nella determinazione della suddetta fascia.

Altro parametro fondamentale, direttamente legato alla fascia di rispetto di una linea elettrica è la distanza di prima approssimazione (Dpa): definita come *"la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto"*.

Per le linee la DPA è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea. Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 10 / 16
		Numero Revisione
		00

### 3 Valutazione dell'impatto elettromagnetico


In un impianto fotovoltaico i locali di trasformazione contengono i principali componenti (quadri, trasformatori, ecc.) e sono ubicati all'interno della recinzione dell'impianto.

La norma CEI EN 50499 "Procedure per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici", riporta due tabelle: nella prima sono riportate le attrezzature e le attività le cui emissioni elettromagnetiche rispettano i limiti di esposizione e la seconda dove sono riportati gli impianti e le attività che richiedono approfondimenti in relazione ai rischi dovuti ai campi elettromagnetici. Le correnti monofase in bassa tensione caratterizzanti l'impiantistica elettrica dislocata nell'area dell'impianto (e.g. quadristica elettrica di campo, relativi cablaggi alle stringhe, etc), sono tali da non risultare significative in termini di emissioni elettromagnetiche. La normativa attuale, infatti, risulta non applicabile alle sezioni a corrente continua tra moduli ed inverter, alle linee in cavo MT costituite da cavi interrati di tipo elicoidale, alle apparecchiature di servizio degli impianti FV in quanto tutte marchiate CE e quindi rispondenti alla Direttiva Europea "EMC Directive 2004/108/EC".

L'area di sedime dei moduli non rappresenta pertanto un elemento di attenzione ai fini della valutazione dell'impatto elettromagnetico. Questo è altrettanto confermato alla luce del fatto che per la natura delle funzioni che sono svolte all'interno di essa, la stessa area non è caratterizzata da presenze di persone se non assolutamente sporadiche. Le stesse attività di manutenzione e sorveglianza sull'impianto e sulle sue componenti, peraltro usualmente programmate secondo un preciso calendario, prevedono la permanenza di addetti soltanto per intervalli temporali assai limitati. La letteratura è ricca di riferimenti che mostrano come dagli esiti di misure effettuate in prossimità di impianti caratterizzati da potenza tra 3,0 e 50,0 kWp, i valori di campo elettrico risultano inferiori a 0,05 kV/m, così come quelli di campo magnetico inferiori a 0.30-0,50  $\mu$ T, già ad una distanza di circa 2 m dai componenti dei sottocampi fotovoltaici.

Con riferimento all'impianto oggetto della presente analisi, si può affermare che le potenziali criticità rispetto l'impatto elettromagnetico possono essere individuate nei seguenti componenti:

1. Cabine di conversione e trasformazione, sedi di inverter, trasformatori e quadristica;
2. linea MT di connessione dell'impianto fotovoltaico alla SSE.

	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 11 / 16
		Numero Revisione
		00

### 3.1 Locali di trasformazione

Al fine di determinare gli impatti in termini di campo elettromagnetico generati dalla componentistica di trasformazione sono qui richiamati tre riferimenti di letteratura, particolarmente esaustivi in materia:

- [1] ENEL Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- [2] Daniele Sepulcri, ARPAV – Dipartimento Provinciale di Venezia, Attività e ruolo delle Arpa - autorizzazioni e controllo. [Ref <http://www.aviel.it/public/4%20-%20Sepulcri.pdf>];
- [3] Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Decreto 29 maggio 2008 (Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156).

Per la valutazione dell'incidenza di tale componentistica elettrica in termini di impatto elettromagnetico, vengono qui richiamate le procedure di calcolo utilizzate dal gestore E-Distribuzione SpA, illustrate nella “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”, di cui al D.M. 29 maggio 2008, volte alla determinazione della fascia di rispetto.

La metodologia di calcolo delle fasce di rispetto seguita da E-Distribuzione è valida per cabine di tipo box (con dimensioni tipiche di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, realizzate secondo gli standard di riferimento nazionali, cabine del tutto simili a quella in esame.

Con il suddetto procedimento è determinata la cosiddetta distanza di prima approssimazione (DPA) da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina.

Il calcolo di tale distanza procede mediante una simulazione di una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I), con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1), in coerenza con la seguente relazione:

$$\frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0,40942 x^{0,5241}$$

dove:

$D_{pa}$  = Distanza di prima approssimazione [m];

$I$  = corrente nominale BT in ingresso/uscita dal trasformatore [A];

$x$  = distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo [m]

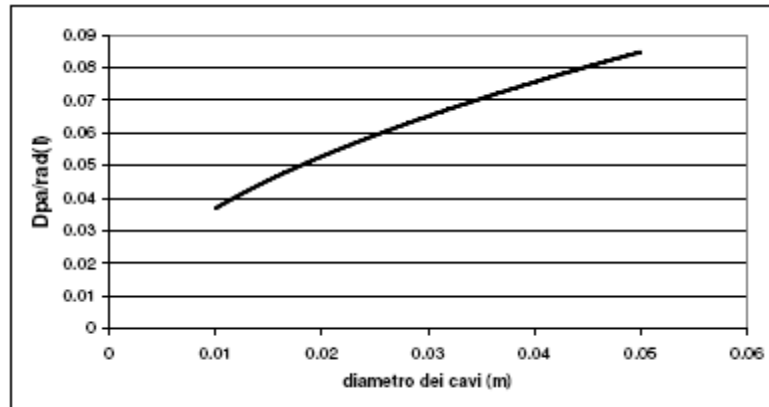


Fig. 3: rappresentazione dell'andamento del rapporto tra  $D_{pa}$  e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi (ref: 5.2.1 del D.M. 29 maggio 2008)

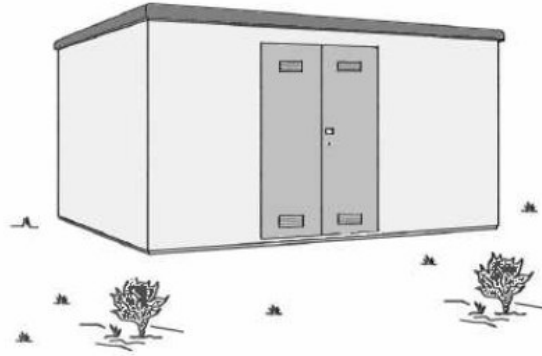
Nella tabella riportata di seguito sono indicati alcuni valori delle distanze di prima approssimazione per fasce a 3  $\mu$ T calcolate in alcuni casi reali (cfr. *Disposizioni integrative / interpretative dei Decreti 29 Maggio 2008, che sostituisce la tabella al § 5.2.1 del D.M. 29 maggio 2008*).

Per quanto riguarda i valori del campo elettrico, si segnala che gli schermi metallici dei cavi e gli involucri metallici delle apparecchiature sono collegati francamente a terra, assumendo potenziale uguale a zero. Pertanto, il valore che assume il campo elettrico non necessita di alcuna valutazione, confermando che il campo elettrico si attesta a valori congrui a quelli fissati nell'art. 3 del D.P.C.M. 08/07/03.

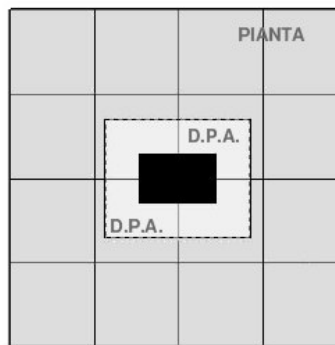
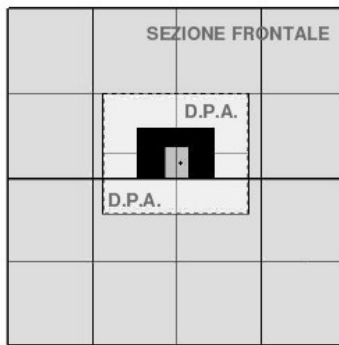
Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	CORRENTE (A)	Dpa (m)
0,010	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1
	630 kVA	909	1,5
0,012	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1
	630 kVA	909	1,5
0,014	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	1,5
0,018	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	2
0,022	250 kVA	361	1,5
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	2
0,027	250 kVA	361	1,5
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	2
0,035	250 kVA	361	1,5
	400 kVA	578	2
	630 kVA	909	2,5


Tabella 2: DPA per fasce a 3  $\mu$ T calcolate in alcuni casi reali


**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –  
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



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




  $< 3 \mu T$

  $> 3 \mu T$

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

Fig. 4: rappresentazione della fascia di rispetto e della Dpa per cabine BT-MT [ENEL Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08]

 <b>iren</b> green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 15 / 16
		Numero Revisione
		00

I n.11 skid di trasformazione impiegano ciascuno n.1 trasformatore di taglia pari a 4.200 kVA, nel caso di 10 skid, e n.1 trasformatore di taglia 4.000 kVA, nel caso della Conversion Unit (CU) numero 11.

Le Conversion Unit (CU) sono collegate tra di loro in entra-esci. Nel particolare, queste saranno raggruppate secondo il seguente schema: CU 1 e CU 2; CU 3 e CU 4; CU 5, CU 6, CU 7 e CU 9; CU 8, CU 10 e CU 11. Il collegamento tra di loro e alla cabina di raccolta comporta una scelta dei cavi differenziata: il cavo che raggruppa le CU numero 5, 6, 7 e 9 avrà una sezione di 240 mmq; per gli altri tre collegamenti invece si è scelto un cavo di sezione 150 mmq.

Nella situazione più sfavorevole, ovvero quella riguardante le cabine CU 5, 6, 7 e 9, avremo una DPA di 5,5 metri. La DPA risultante dal calcolo delle cabine CU 1, 2, 3, 4, 8, 10 e 11 invece è di circa 5 metri.


Il primo edificio a permanenza umana prolungata si trova ad una distanza di oltre centocinquanta metri dai locali di trasformazione, che non andranno pertanto a generare impatti sensibili sui ricettori vicini caratterizzati da permanenze superiori a quattro ore.

### **3.2 Cabina di raccolta d'impianto**

All'interno del campo fotovoltaico è prevista una cabina di raccolta generale, collettrice dei cavi provenienti dai diversi trasformatori distribuiti all'interno del campo. All'interno della cabina è allocato un trasformatore per servizi ausiliari di potenza di circa 100 kVA.

Il calcolo della DPA da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina, in questo caso, ha portato ad un risultato di circa 1 metro.

Il primo edificio a permanenza umana prolungata si trova ad una distanza di oltre centocinquanta metri dalla cabina di raccolta, che non andrà pertanto a generare impatti sensibili sui ricettori vicini caratterizzati da permanenze superiori a quattro ore.

	ID Documento Committente <b>CoD037_FV_BER_00012</b>	Pagina 16 / 16
		Numero Revisione
		00

### 3.3 Linee MT interne al campo e di connessione dell'impianto fotovoltaico

Come menzionato precedentemente in questa relazione, per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici si è considerato il limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a  $3 \mu\text{T}$ .

Per il calcolo dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione che prevede una posa di cavi elicordati a trifoglio, ad una profondità variabile in base alle caratteristiche del cavidotto in questione.

La distanza ristretta tra le fasi e la continua trasposizione delle fasi, tipica della cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$  venga raggiunto già a breve distanza dall'asse del cavo stesso, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata.

La scelta per gli elettrodotti in media tensione all'interno del campo fotovoltaico prevede l'utilizzo di cavi elicordati. Tali cavidotti sono interrati ad una profondità di almeno 1 metro. Con queste caratteristiche, si segnala che l'induzione scende al di sotto dei  $3\mu\text{T}$  all'interno dello scavo previsto.

Il cavidotto in MT che collega la cabina di raccolta in campo alla SSU è costituito da 2 terne di cavi elicordati  $3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$ . Lo scavo previsto per il tracciato percorso dai cavi è di circa 1,20 metri e l'induzione scende al di sotto dei  $3\mu\text{T}$  all'interno dello scavo.

La fascia di rispetto risulta quindi rispettata e coerente con la scelta di dimensionamento degli scavi degli elettrodotti MT al fine di non interferire su possibili recettori sensibili lungo il tracciato dell'elettrodotto.