

Regione  
Emilia Romagna



Provincia di  
Ferrara



Comune di  
Poggio Renatico



# PARCO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEL COMUNE DI POGGIO RENATICO (FE).

PROGETTISTA INCARICATO:

**Ing. Giovanni Cis**

Tel. 3190737323

Pec: giovanni.cis@ingpec.eu



Scala

-

Titolo elaborato:

**Compatibilità  
elettromagnetica**

Formato

**A4**

TECNICI COINVOLTI

CODICE ELABORATO

Studio idraulico:

**Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi**

[gustavo@bernagozzi-ingegneria.it](mailto:gustavo@bernagozzi-ingegneria.it)

Studio impatto acustico:

**Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi**

[gustavo@bernagozzi-ingegneria.it](mailto:gustavo@bernagozzi-ingegneria.it)

**STE energy**

Via Sorio, 120 - 35141 Padova (IT)

Tel. +39 049.2963900 Fax +39 049.2963901

[www.ste-energy.com](http://www.ste-energy.com)

Logistica e coordinamento:

**STE energy**

Via Sorio, 120 - 35141 Padova (IT)

Tel. +39 049.2963900 Fax +39 049.2963901

[www.ste-energy.com](http://www.ste-energy.com)

Studio geologico:

**Dott. Geol. Mastellari Matteo**

Via Ugo Tegli, 30 - Ferrara

[matteo.mastellari@gmail.com](mailto:matteo.mastellari@gmail.com)

PROGETTO	PROG.	TIPO	REV.
<b>SAPV4-FV-PA</b>	<b>10</b>	<b>R</b>	<b>00</b>

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	07/24	Prima emissione	GB	GB	GB
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA

**e-distribuzione**

SOCIETA' PROPONENTE:

**Salvatore PV 4 SRL**

Via Mike Bongiorno, 13 - 20124 Milano

P.iva 05449200285

SOCIETA' di PROGETTAZIONE:

**STE energy**

STE Energy S.r.l. società a socio unico  
Via Sorio, 120 - 35141 Padova (IT)  
Tel. +39 049.2963900 Fax +39 049.2963901 [www.ste-energy.com](http://www.ste-energy.com)



---

## **VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI DI EMISSIONE ED ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI RELATIVI AD EMISSIONI DA IMPIANTI ED APPARECCHIATURE A SERVIZIO DI PARCO FOTOVOLTAICO**

### **1. INQUADRAMENTO NORMATIVO**

Si riporta di seguito la normativa di riferimento in merito all'inquinamento legato alla presenza di campi elettrici o magnetici:

- *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 luglio 2003 Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. (GU n. 199 del 28- 8-2003)*
- *DECRETO DIRETTORIALE 29 maggio 2008 Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (S.O. n.160 alla Gazzetta ufficiale 5-7-2008 n. 156)*
- *CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I e II".*
- *CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche".*



## 2. DEFINIZIONI

Si fa riferimento alle seguenti definizioni:

- Esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- Limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, 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, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- Elettrodotto: Insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- Esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- Corrente: Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica;
- Portata in corrente in servizio normale: Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni;
- Portata in regime permanente: Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05);
- Fascia di rispetto: Spazio circostante un 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;
- Distanza di prima approssimazione (DPA): 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 di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra."



## Obiettivi di qualità

Gli obiettivi di qualità sono:

- 1) I criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali;
- 2) I valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, è obiettivo del DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) che fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico<sup>1</sup> (5 kV/m) e del campo magnetico (100µT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 µT) e l'obiettivo di qualità (3 µT) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

il 22 Febbraio 2001 è stata promulgata la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a



frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1 - Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

Tabella 2 - Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 - Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)



### 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DELL'OPERA

L'opera prevista a progetto riguarda la realizzazione di un parco fotovoltaico a terra, potenzialità 16MWp, sito nel comune di Poggiorenetico (FE), alle seguenti coordinate:

Il parco fotovoltaico risulterà diviso in due porzioni di impianto, tra loro interconnesse mediante elettrodotto in area privata di tipo interrato, come da planimetria allegata.

LOTTO 1: 44°45'19.84"N – 11°31'17,83"E

LOTTO 2: 44°46'36.70n – 11°32'22,08"E

Le tensioni (kV) presenti all'interno del lotto saranno le seguenti:

BT: 0,4kV

MT: 15Kv

LOTTO 1:

POTENZA COMPLESSIVA IMPIANTO FV: 13,82MWp

- N.2 Cabina elettrica di trasformazione 15/0.4kV da 3150KVA
- N.1 Cabina elettrica di trasformazione 15/0.4kV da 4500KVA

LOTTO 2:

POTENZA COMPLESSIVA IMPIANTO FV: 3,63MWp

- N.1 Cabina elettrica di trasformazione 15/0.4kV da 3000KVA



#### 4. CARATTERISTICHE TECNICHE E VERIFICA NORMATIVA

La verifica del rispetto dei limiti di esposizione della popolazione ai campi magnetici focalizza l'attenzione sui componenti di impianto che possono maggiormente determinare una emissione di CEM, come:

- COMPONENTI IN CC
- TRASFORMATORI BT/MT
- LINEE ELETTRICHE AREE O INTERRATE

##### COMPONENTI IN CC

Pannelli FV:

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

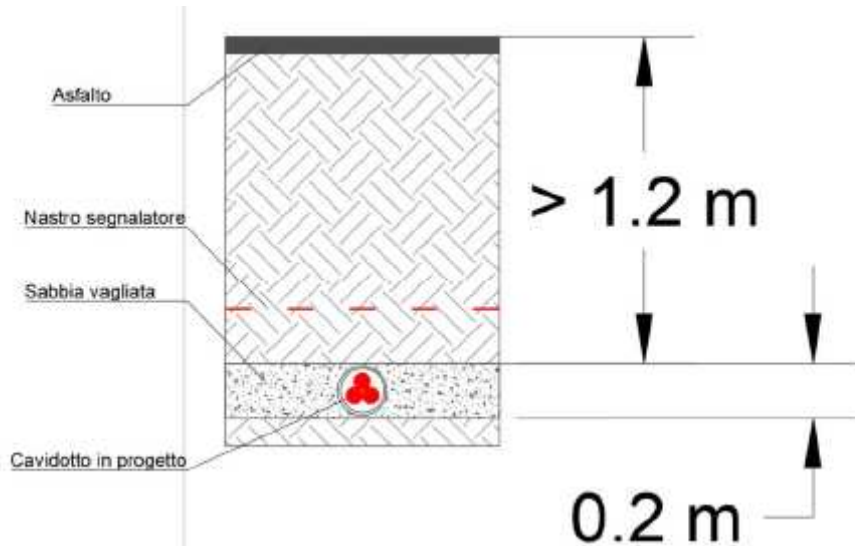
Inverter:

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter dovranno possedere la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

## LINEE ELETTRICHE AEREE O INTERRATE

Per quanto riguarda le linee interrato, queste risulteranno posate come da schema tipologico di seguito riportato:



*Fig: tipologico di posa linea in cavo ad elica interrata.*

La linea risulterà cordata ad elica e posata ad una profondità di 120cm, con nastro monitor superiore ad indicarne il percorso.

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3  $\mu$ T, anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo prevalente di cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 $\mu$ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso (par.7.1.1 norma CEI 106-11).

Lo stesso DM 29-05-2008 considera trascurabile il contributo dei CEM prodotti da cavi elicordati interrati.

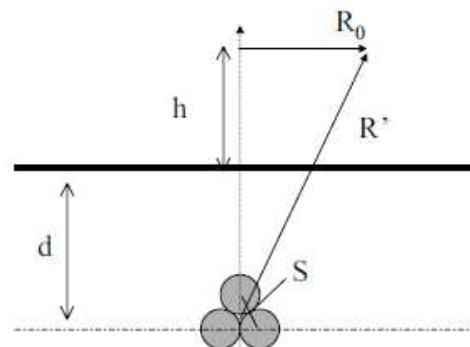


Le modalità analitiche di calcolo della distanza di sicurezza dei 3microT vengono di seguito riportate, come estratto della GUIDA CEI di riferimento:

**b) Cavi unipolari posati a trifoglio**

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 12. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate viste per le linee aeree con conduttori a triangolo

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} [\mu T] \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} [m] \quad (20)$$



**Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)**

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza  $R_0$  dall'asse della linea al livello del suolo ( $h=0$ ) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di  $3 \mu T$  è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} [m] \quad (21)$$

Viene in ogni caso effettuata la verifica per quanto riguarda la linea di collegamento interrata tra le due porzioni di impianto FV.

Tale cavidotto interrato di collegamento porta la potenza prodotta da una delle due porzioni di impianto al punto di raccordo con l'altra porzione, e da qui il cavidotto prosegue, con la potenza complessiva di impianto, alla cabina primaria.

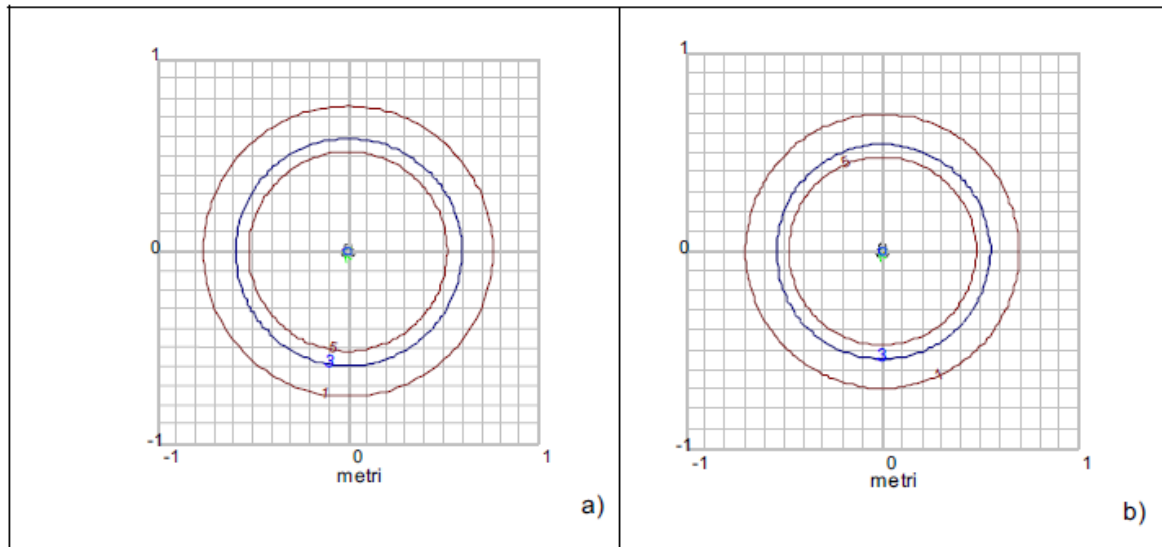
Potenza complessivamente trasportata:  $P=10,8MW$

Corrente massima transitante sulla linea MT interrata:  $356A$

Distanza di raggiungimento dell'obiettivo dei 3microT:  $R_0=0.68m$



A tal proposito la norma GUIDA CEI 106-11 riporta, per quanto riguarda linee elettriche interrate, disposte ad elica, le seguenti valutazioni:



**Figura 18 – Curve equilivello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica**  
– calcoli effettuati con un modello tridimensionale che tiene conto del passo d'elica:  
a) Cavo MT sotterraneo 3x(1x 185) EPR Al. I = 360 A;  
b) Cavo MT aereo 3x150+50Y XLPE Al. I = 340 A.

## TRASFORMATORI MT/BT

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione con potenza come di seguito specificata, all'interno delle quali la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.



Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto di seguito riportato, come previsto dalla normativa:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

TRAFO 1: 3000kVA

TRAFO 2: 3150kVA

TRAFO 3: 3150kVA

TRAFO 4: 4500kVA

A queste taglie di trasformatori corrisponde una In sul secondario, lato BT, pari rispettivamente a:

In1: 4335A

In2: 4552A

In3: 4552A

In4: 6502A

A questi valori di corrente, corrispondono al secondario la seguente tipologia di cavi:

TRAFO 1(bt): 9 cavi da 300mm<sup>2</sup> per fase – sezione totale: S=0,21m

TRAFO 2(bt): 9 cavi da 300mm<sup>2</sup> per fase – sezione totale: S=0,21m

TRAFO 3(bt): 9 cavi da 300mm<sup>2</sup> per fase – sezione totale: S=0,21m

TRAFO 4(bt): 12 cavi da 300mm<sup>2</sup> per fase – sezione totale: S=0,28m

Si ottiene dunque una DPA, per ciascuna cabina, pari a:

DPA1: 12,2m – arrotondato a 13m

DPA2: 12,2m – arrotondato a 13m

DPA3: 12,2m – arrotondato a 13m

DPA4: 14,5m – arrotondato a 15m



## 5. CONCLUSIONI

Gli impianti e le apparecchiature elettriche presenti a servizio del parco FV di nuova realizzazione sono tali da generare CEM o di entità trascurabile, o tali da determinare DPA non interferenti con spazi adibiti a permanenza stabile di persone e comunque sempre all'interno dell'area di pertinenza del campo FV. Si riporta in allegato tavola riepilogativa con le distanze.



Mantovani Poggio Renatico - NORD							
Potenza pannello [W]	Pannelli per Stringa	Stringa	N° Stringhe	Potenza [kW]	Potenza [MW]	N° Pannelli	
			180	3628,8 [kW]	3,63 [MW]	5040	
0,72	28		2,5	0 [kW]	0,00 [MW]	0	
		Doppia	2 75	3024 [kW]	3,02 [MW]	4200	
			1,5	0 [kW]	0,00 [MW]	0	
		Singola	1 30	604,8 [kW]	0,60 [MW]	840	
		Mezza	0,5	0 [kW]	0,00 [MW]	0	



Mantovani Poggio Renatico - SUD							
Potenza pannello [W]	Pannelli per Stringa	Stringa	N° Stringhe	Potenza [kW]	Potenza [MW]	N° Pannelli	
0,72	30		640	13824 [kW]	13,82 [MW]	19200	
		2,5		0 [kW]	0,00 [MW]	0	
		Doppia 2	296	12787,2 [kW]	12,79 [MW]	17760	
		1,5		0 [kW]	0,00 [MW]	0	
		Singola 1	48	1036,8 [kW]	1,04 [MW]	1440	
		Mezza 0,5		0 [kW]	0 [MW]	0	



DETTAGLIO 1

DETTAGLIO 2