

IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO IMPIANTO "SPOT26" DI POTENZA NOMINALE PARI A 10,55 MW, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUAGNANO (LE)

CONNESSIONE ALLA RTN TRAMITE REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CABINA DI CONSEGNA COLLEGATA IN ANTENNA DALLA FUTURA CABINA PRIMARIA AT/MT "CELLINO"

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 2V7IYQ2

Tav.:	Titolo:
02	Relazione di valutazione degli impatti elettromagnetici

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
-	A4	2V7IYQ2_DocumentazioneSpecialistica_02

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com Pec: fabio.calcarella@ingpec.eu	HEPV07 S.r.l. Via Alto Adige, 160 - 38121 Trento tel +39 0461 1732700 - fax +39 0461 1732799 e.mail: info@hepolopolis.eu - pec: hepv07srl@pec.it
4IDEA S.r.l. Via G. Brunetti, 50 - 73019 Trepuzzi tel +39 0832 760144 pec 4ideasrl@pec.it info@studioideaassociati.it	
  	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Marzo 2022	Prima emissione	STC	FC	HEPV07 S.r.l.

Sommario

1	Oggetto.....	2
2	Compatibilità Elettromagnetica.....	3
2.1	Riferimenti normativi.....	3
2.2	Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite.....	3
2.3	Campo magnetico	4
2.4	Campo elettrico	6
3	Fonti di emissione.....	6
3.1	Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti.....	7
3.1.1	Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terna di cavi MT posate a trifoglio (arrivo linea in Cabina di Smistamento Utente).....	8
3.1.2	Linea elettrica MT esterna (dorsale esterna di collegamento alla CP Cellino). 13	
3.2	Gruppo di trasformazione.....	17
3.3	Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA)	18
3.3.1	Impianto Fotovoltaico	19

1 Oggetto

Scopo del progetto è la realizzazione di un "Impianto Agrovoltaico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (sole) e l'immissione, attraverso un'opportuna connessione, dell'energia prodotta nella Rete di Trasmissione Nazionale di *Enel Distribuzione*.

L'impianto avrà potenza nominale pari a 10.550 kVA. Interesserà un'area agricola ricadente nel Comune di Guagnano (LE), per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico propriamente detto, Per quanto riguarda le opere di connessione (linea aerea MT), interesserà i Comuni di Guagnano (LE), San Donaci (BR) e Cellino San Marco (BR).

Sarà costituito da 30.520 moduli fotovoltaici da 445 W ognuno, raggruppati in 1090 stringhe e montati su strutture metalliche ad inseguitori solari monoassiali, "Tracker".

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Ovest del Comune di Guagnano (LE). L'area su cui sorgerà l'impianto ha una estensione di circa 23,1 ha ed è suddivisa in due aree A e B di estensione rispettivamente pari a 14,2 e 8,9 ha, per un totale di 23,1 ha.

Le caratteristiche delle aree di impianto sono riportate nelle tabelle seguenti:

Area	Latitudine	Longitudine	Comune
Area A	40°25'11.00"N	17°55'32.00"E	Guagnano (LE)
Area B	40°25'19.42"N	17°54'59.73"E	Guagnano (LE)

Tabella A – Ubicazione geografica delle opere

Estensione (ha)	Potenza (MW)	Rapporto ha / MW	Ubicazione NCT
14,20	8,3	1,7	Foglio 8 (Guagnano)
8,9	5,3	1,7	Foglio 7 (Guagnano)

Tabella B – Estensione e Potenza installata in KW di ciascuna area

Per ciascuna sotto-area, l'energia prodotta dall'impianto sarà convogliata dopo la trasformazione da BT in MT, mediante la linea MT interna ad una **Cabina di Consegna ENEL CdC** (una per ciascuna sotto-area), anch'essa di nuova installazione ed oggetto del presente progetto. Successivamente la l'energia sarà immessa in una linea aerea MT a 20 kV di nuova costruzione ed oggetto del presente progetto, sino a raggiungere la futura Cabina Primaria "CP Cellino" ubicata nei pressi della futura Stazione Terna 380/150 kV sempre in agro di Cellino San Marco.

2 Compatibilità Elettromagnetica

2.1 Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008;
- Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato A al DM 29.05.08;
- Norma CEI 106-11 (*Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6)*);
- D.P.C.M. del 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*";
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449.

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

qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

- Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità (**B=3 μ T**) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.
- Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/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 μ T.***

2.3 Campo magnetico

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio.

Esso è composto in generale da tre campi vettoriali, il *campo elettrico*, il *campo magnetico* e un terzo campo che spesso per semplicità viene escluso che è il "*termine di sorgente*". Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio.

I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi:

E: Campo elettrico

B: Campo di induzione magnetica

parallelamente:

D: spostamento elettrico o induzione dielettrica

H: Campo magnetico

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare.

Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.

Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga. Dal punto di vista macroscopico ogni fenomeno elettromagnetico è descritto dall'insieme di equazioni note come equazioni di Maxwell.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo così i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza".

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica.

Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

DENOMINAZIONE		SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE		ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME		VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz	10 - 1Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz	1Km - 100m
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz	100 - 10m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz	10 - 1m
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz	1m - 10cm
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz	10 - 1cm
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz	1cm - 1mm
INFRAROSSO		IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE			385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTA		UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI		X	> 3000THz	< 100nm

Spettro elettromagnetico

2.4 Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Per le linee elettriche aeree, l'intensità maggiore del campo elettrico si misura generalmente al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

3 Fonti di emissione

Le apparecchiature elettriche previste nella realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- Elettrodotti:

- linee elettriche BT di interconnessione fra gli inverter di campo e le cabine di trasformazione;
- linee elettriche MT di interconnessione fra le Cabine di Trasformazione dei sottocampi e la **Cabina di Consegna (CdC)**;
- elettrodotto MT di vettoriamento dell'energia prodotta dall'impianto dalla **Cabina di Consegna alla Cabina di Consegna ENEL (CdC)**;

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

3.1 Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

In linea generale l'utilizzo di cavi MT in configurazione ad "elica visibile" con sezione sino a 240 mm², fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio. Le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fa sì che il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 50 – 185 mm² risulta essere infatti di gran lunga inferiore ai valori limite richiesti e, pertanto, già dopo una prima analisi qualitativa, se ne può escludere la valutazione numerica, così come previsto dalla normativa e dalle leggi vigenti.

Nello specifico del nostro caso, sono stati considerati cavi posati a trifoglio "worst-case". Tale scelta è stata dettata dal fatto che al momento non è nota la disponibilità sul mercato e quindi quelle che potranno essere le scelte in fase di progettazione esecutiva.

Nella tabella che segue si schematizza la configurazione dei cavidotti MT all'interno del campo, specificandone la tipologia, la lunghezza e il tratto di appartenenza.

Linea MT INTERNA							
Cab.	Potenza cumulata kVA	Tratti	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Portata	Lunghezza CAD (m)
CdC1A	2410	CdC1A->CdC2A	20,00	70,99	95,00	214,40	500
CdC2A	4410	CdC2A->CdC3A	20,00	129,90	95,00	214,40	285
CdC3A	6410	CdC3A->CdSUA	20,00	188,82	95,00	214,40	285
CdC1B	1930	CdC1B->CdC2B	20,00	56,85	95,00	214,40	360
CdC2B	3930	CdC2B->CdSUB	20,00	115,76	95,00	214,40	325

Linea MT ESTERNA							
Descrizione	Potenza CdS kVA	Tratti	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Lunghezza CAD (m)	5%
CdSU A - CdC Enel A - CP Enel	6.410,00	Interrato	20,00	188,82	185,00	140,00	147,00
CdSU A - CdC Enel A - CP Enel	6.410,00	aereo	20,00	188,82	150,00	5.600,00	5.880,00
CdSU B - CdC Enel B - CP Enel	3.930,00	Interrato	20,00	115,76	185,00	130,00	136,50
CdSU B - CdC Enel B - CP Enel	3.930,00	aereo	20,00	115,76	150,00	5.700,00	5.985,00

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

La valutazione sui campi elettromagnetici è condotta sul cavo MT interno all'area di impianto e sul cavidotto esterno MT che congiunge l'impianto alla CP Enel Cellino.

3.1.1 Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terna di cavi MT posate a trifoglio (arrivo linea in Cabina di Smistamento Utente)

Nel seguente paragrafo verrà calcolato il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT in arrivo al Cabina di Smistamento Utente (CdSU), linea che raccoglie tutta l'energia prodotta dall'impianto. Possiamo considerare questo il "worst case" cioè la situazione più gravosa riscontrabile all'interno dell'impianto. Il tratto è costituito da cavi di sezione pari a 95 mmq della tipologia ARP1H5(AR)E..

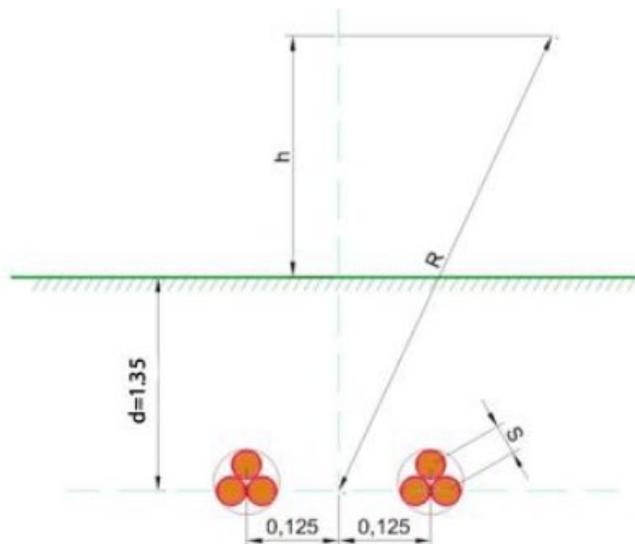
- Linea CdC 3A – CdSU, terna di cavi 95 mmq – P = 6.410 kWp - $I_b = 188,8 \text{ A}$ ($I_z = 214,4 \text{ A}$);

In linea generale, nel caso di cavidotti in cui sono posate più terne di cavi, è possibile fare ricorso ad un modello matematico che tenga conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$



È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato dal un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.

Per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

R [m] dal conduttore centrale;

S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a **I** [A].

Possiamo quindi riscrivere la formula nella maniera seguente:

$$B_i = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S_i * I_i}{(x - x_i)^2 + (y - d)^2}$$

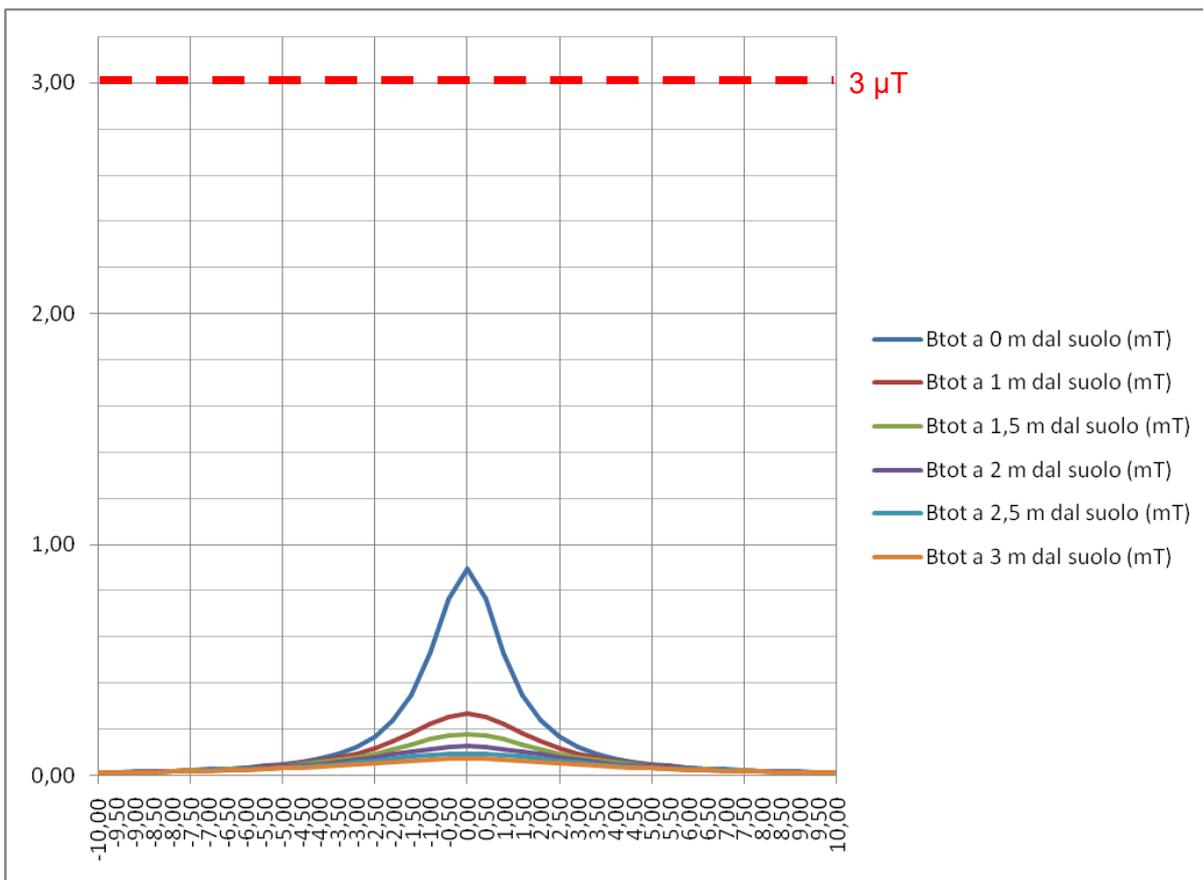
dove **B_i** è il campo magnetico generato dalla *i*-esima terna di cavi.

Nel particolare, il nostro caso prevede una sola terna di cavi.

Per cui applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze dal livello del suolo e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m. Inoltre si è tenuto conto della profondità di posa dei cavi all'arrivo in cabina prima dell'attestazione nei quadri MT. Si è considerata quindi una profondità pari a 1,20 m.

Distanza dall'asse centrale (m)	Btot a 0 m dal suolo (μ T)	Btot a 1 m dal suolo (μ T)	Btot a 1,5 m dal suolo (μ T)	Btot a 2 m dal suolo (μ T)	Btot a 2,5 m dal suolo (μ T)	Btot a 3 m dal suolo (μ T)
-10,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
-9,50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
-9,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
-8,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
-8,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-7,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-7,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-6,50	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
-6,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
-5,50	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
-5,00	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
-4,50	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
-4,00	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
-3,50	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
-3,00	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
-2,50	0,17	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
-2,00	0,24	0,15	0,11	0,09	0,07	0,06
-1,50	0,35	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06
-1,00	0,53	0,22	0,16	0,11	0,09	0,07
-0,50	0,76	0,25	0,17	0,12	0,09	0,07
0,00	0,90	0,27	0,18	0,13	0,09	0,07
0,50	0,76	0,25	0,17	0,12	0,09	0,07
1,00	0,53	0,22	0,16	0,11	0,09	0,07
1,50	0,35	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06
2,00	0,24	0,15	0,11	0,09	0,07	0,06
2,50	0,17	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
3,00	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
3,50	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
4,00	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
4,50	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
5,00	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
5,50	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
6,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
6,50	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
7,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
8,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
8,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
9,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
9,50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
10,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



Il grafico mostra come nel caso in esame, il valore del Campo di Induzione Elettromagnetica sia abbondantemente inferiore al limite dell'obiettivo qualità, pari a 3 μT , risultando ad una quota dal suolo pari ad 0 m e sull'asse dei conduttori, pari a **0,90 μT** (v. Tab. A). Ponendoci ad una distanza dal suolo pari a 1m, tale valore scende a **0,27 μT** .

Possiamo, quindi, affermare che l'impatto elettromagnetico è ampiamente limitato e **con ampio margine di sicurezza possiamo definire che la fascia di rispetto che definisce la DPA sia pari a 1 m a destra e 1 m a sinistra dell'asse del cavidotto.**

Si prevedono comunque, nelle fasi di esercizio e manutenzione dell'impianto, tempi di permanenza di personale addetto all'interno delle Cabine, inferiori alle 4 ore. Per tempi che dovessero prospettarsi superiori, si prevede comunque la disalimentazione di parte o di tutto l'impianto, a seconda della zona sulla quale si andrà ad operare.

In **fase di esercizio**, pertanto, il funzionamento dei cavidotti elettrici produrrà campi elettromagnetici di entità modesta ed inferiore ai livelli di qualità previsti dal DPCM 8 luglio 2003. Inoltre i cavidotti saranno installati in gran parte al di sotto di strade secondarie in aree agricole dove non vi è presenza di abitazioni, e dove non è prevista la permanenze continuativa di persone.

3.1.2 Linea elettrica MT esterna (dorsale esterna di collegamento alla CP Cellino)

L'oggetto del paragrafo è il campo di induzione magnetica generato dalla due linee MT **esterne** in arrivo alla CP Enel Cellino, linee costituite da un tratto in cavo interrato e un tratto in cavo aereo MT. Nello studio si farà una distinzione tra cavo MT interrato e cavo MT aereo.

Linea MT esterna interrata

Il "worst case" della linea MT esterna interrata è rappresentato dal tratto finale di collegamento alla CP Enel Cellino, in cui vi sono due terne di cavi posate nello stesso elettrodotto, della tipologia ARG7H1RX:

- Linea interrata MT, cavi 3x1x185 mmq – P = 6.410 kWp - $I_b = 188,8 A$
- Linea interrata MT, cavi 3x1x185 mmq – P = 3.930 kWp - $I_b = 115,7 A$

Tale caso prevede quindi due terne di cavi affiancate. Quindi il campo di induzione è dato dalla somma dei campi di induzione generati dai cavi. Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Possiamo quindi scrivere la formula:

$$Bi = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S_i * I_i}{(x - x_i)^2 + (y - d)^2}$$

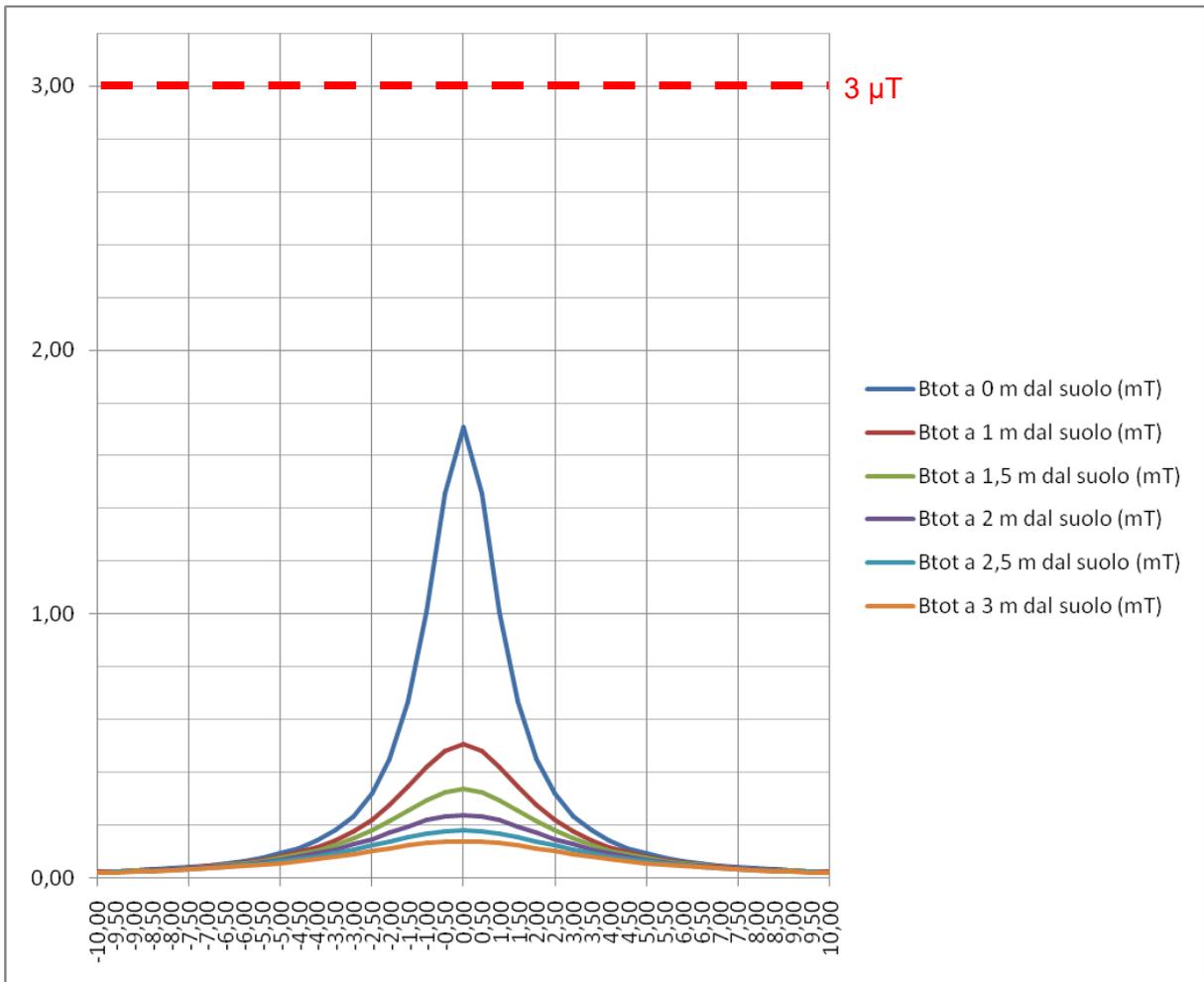
dove Bi è il campo magnetico generato dalla i-esima terna di cavi.

Nel particolare, il nostro caso prevede due terne di cavi.

Per cui applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze dal livello del suolo e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m. Inoltre si è tenuto conto della profondità di posa dei cavi all'arrivo in cabina prima dell'attestazione nei quadri MT. Si è considerata quindi una profondità pari a 1,20 m.

Distanza dall'asse centrale (m)	Btot a 0 m dal suolo (μ T)	Btot a 1 m dal suolo (μ T)	Btot a 1,5 m dal suolo (μ T)	Btot a 2 m dal suolo (μ T)	Btot a 2,5 m dal suolo (μ T)	Btot a 3 m dal suolo (μ T)
-10,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-9,50	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
-9,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
-8,50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
-8,00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
-7,50	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
-7,00	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
-6,50	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
-6,00	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
-5,50	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
-5,00	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06
-4,50	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
-4,00	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07
-3,50	0,18	0,14	0,13	0,11	0,09	0,08
-3,00	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09
-2,50	0,32	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10
-2,00	0,45	0,28	0,22	0,17	0,14	0,11
-1,50	0,67	0,35	0,26	0,20	0,15	0,12
-1,00	1,01	0,42	0,30	0,22	0,17	0,13
-0,50	1,46	0,48	0,33	0,23	0,18	0,14
0,00	1,71	0,51	0,34	0,24	0,18	0,14
0,50	1,46	0,48	0,33	0,23	0,18	0,14
1,00	1,01	0,42	0,30	0,22	0,17	0,13
1,50	0,67	0,35	0,26	0,20	0,15	0,12
2,00	0,45	0,28	0,22	0,17	0,14	0,11
2,50	0,32	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10
3,00	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09
3,50	0,18	0,14	0,13	0,11	0,09	0,08
4,00	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07
4,50	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
5,00	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06
5,50	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
6,00	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
6,50	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
7,00	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
7,50	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
8,00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
8,50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
9,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
9,50	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
10,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02



Il grafico mostra come nel caso in esame, il valore del Campo di Induzione Elettromagnetica sia abbondantemente inferiore al limite dell'obiettivo qualità, pari a $3 \mu T$, risultando ad una quota dal suolo pari ad 0 m e sull'asse dei conduttori, pari a **$1,71 \mu T$** (v. Tab. A). Ponendoci ad una distanza dal suolo pari a 1m, tale valore scende a **$0,51 \mu T$** . Possiamo anche in questo caso affermare che l'impatto elettromagnetico è ampiamente limitato.

Con ampio margine di sicurezza possiamo definire che la fascia di rispetto che definisce la DPA sia pari a 1 m a destra e 1 m a sinistra dell'asse del cavidotto.

Si prevedono comunque, nelle fasi di esercizio e manutenzione dell'impianto, tempi di permanenza di personale addetto all'interno delle Cabine, inferiori alle 4 ore. Per tempi che dovessero prospettarsi superiori, si prevede comunque la disalimentazione di parte o di tutto l'impianto, a seconda della zona sulla quale si andrà ad operare.

In **fase di esercizio**, pertanto, il funzionamento dei cavidotti elettrici produrrà campi elettromagnetici di entità modesta ed inferiore ai livelli di qualità previsti dal DPCM 8 luglio

2003. Inoltre i cavidotti saranno installati in gran parte al di sotto di strade secondarie in aree agricole dove non vi è presenza di abitazioni, e dove non è prevista la permanenze continuativa di persone.

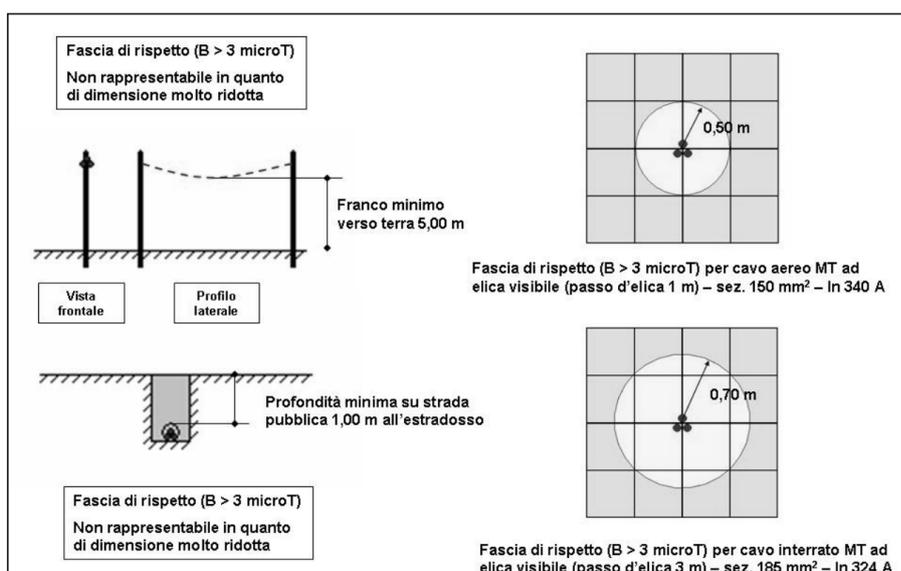
Linea MT esterna aerea

Le linee MT aeree, con cavo cordato ad elica, sigla ARG7H5EXY 12/20 kV, da un certo punto avranno i sostegni (a doppia mensola) in comune:

- Linea aerea MT, cavi 3x1x150 mmq – P = 6.410 kWp - $I_b = 188,8 \text{ A}$;
- Linea aerea MT, cavi 3x1x150 mmq – P = 3.930 kWp - $I_b = 115,7 \text{ A}$;

Tale caso prevede quindi due terne di cavi affiancate e di conseguenza il campo di induzione è dato dalla somma dei campi di induzione generati dalle singole terne.

Trattandosi di cavo cordato ad elica, la determinazione del campo di induzione magnetica associato a questo tipo di collegamento elettrico **non risulta necessario**. Questo è in linea con quanto descritto nel paragrafo 3.2 dell'allegato al DM 29/5/2008: "le linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) costituiscono uno dei casi di esclusione di applicazione di detta metodologia poiché in questo caso le fasce associabili hanno ampiezza ridotta inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n° 449/88 e dal decreto del Ministro dei lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991". Quanto riportato è coerente con il risultato rappresentato all'interno del documento di **Enel Distribuzione Spa** denominato "Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.5.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", come riportato nella figura seguente:



Curve di livello dell'induzione magnetica generata dai cavi cordati ad elica

3.2 Gruppo di trasformazione

Nel caso delle Cabine di Campo e Trasformazione, determiniamo direttamente il valore della **DPA**.

La **DPA**, Distanza di **P**rima **A**pprossimazione, per le cabine e la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa, che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del perimetro di cabina più di DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Per fascia di rispetto s'intende, in questo caso, lo spazio circostante la cabina che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica d'intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (**3μT**). Il calcolo della DPA, deve essere effettuato anche per le *Cabine di Campo*, all'interno delle quali avviene la trasformazione da BT in MT a mezzo di un Trasformatore BT/MT. All'interno dell'impianto avremo 5 trasformatori della stessa taglia di potenza pari a 2.500 kVA.

Ai sensi del *DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1*, la **DPA** si determina applicando la formula di seguito riportata.

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

Quindi i dati necessari per il calcolo delle **DPA** sono:

- corrente nominale di bassa tensione del trasformatore;
- diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0.40942 * x^{0.5241}$$

Dove: **I** è la corrente nominale di bassa del trasformatore in (A);

x il diametro dei cavi in (m).

Nel caso in esame i dati di ingresso saranno assegnati considerando il "worst-case" del nostro progetto:

- **I = 1.774 A** (valore massimo della corrente di bassa all'interno dell'impianto in ingresso al trasformatore).
- **x = diametro esterno massimo del cavo pari a 28 mm** trattandosi un *FG16R16 4x(1x300 mmq)*.

Dal calcolo si ottiene:

DPA pari a 2,64 m

che arrotonda per eccesso all'intero superiore fissa il valore della **Distanza di Prima Approssimazione pari a 3 m.**

Quindi la fascia di rispetto, rientra nei confini dell'aerea di pertinenza dell'impianto stesso, essendo le cabine sempre ubicate oltre il margine interno delle strade perimetrali, cioè ad una distanza dalla recinzione sempre superiore ai 3,5 m. Inoltre cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

3.3 Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA)

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti del Parco Fotovoltaico in oggetto ed in particolare alla SSE, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione a fascio delle linee trifase

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Per quanto concerne il sistema di linee di connessione trafo AT/MT e apparecchiature elettromeccaniche all'interno della SSE, abbiamo visto che la D.p.a. calcolata, ricade all'interno della SSE stessa e quindi non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici dal momento che si tratta di *Officina Elettrica* a cui è consentito l'accesso di personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo (per tempi non superiori alle 4 ore).

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 “*Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno*”.

In definitiva volendo riassumere si sono assunte le seguenti Distanze di Prima Approssimazione:

3.3.1 Impianto Fotovoltaico

<u>Cabine di Trasformazione:</u>	3 m in tutto il loro intorno;
<u>Cabina di Smistamento Utente e Consegna ENEL</u>	3 m in tutto l’intorno;
<u>Cavidotto MT interni al all’impianto</u>	1 m in tutto l’intorno;
<u>Cavidotto MT esterno interrato</u>	1 m dall’asse degli stessi (larghezza fascia 2 m).

3.3.1.1 Cabine di Smistamento Utente e Cabina di Trasformazione

Come riportato nel paragrafo ad esse dedicato, per le cabine di trasformazione è stata considerata una fascia di rispetto pari a 3 m, oltre la quale il valore del Campo di induzione magnetica risulta inferiore a 3 μ T (valore di qualità).

Per la **Cabina di Consegna** e la **Cabina di Consegna ENEL**, si considereranno i medesimi lavori.

3.3.1.2 Cavidotti MT interni e cavidotto MT esterno interrato

Pure essendo i valori del campo di induzione elettromagnetica ben al di sotto dei limiti di qualità, assumeremo come larghezza della fascia di rispetto 1,00 m, cioè 2,00 metri dall’asse da entrambi i lati.