

**Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico
avanzato denominato “Carpi_1” di potenza pari a
20,43MWp nel Comune di Carpi (MO) ed opere
connesse alla RTN**

Relazione CEM – Impianto



07/12/2023	00	Emissione per autorizzazione	D. Stangalino	O. Retini	D. Stangalino
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente H16_FV_BER_00025		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 			ID Documento Appaltatore -		

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 2 / 15
		Numero Revisione
		00

Sommarrio

1	Premessa.....	3
2	Normative di riferimento	4
3	Localizzazione dell’impianto	5
4	Descrizione dell’impianto agrivoltaico	7
5	Campi magnetici	8
5.1	Generalità	8
5.2	Componenti del sistema elettrico	8
5.3	Campo magnetico prodotto dagli inverter.....	9
5.4	Campo magnetico prodotto dai trasformatori elevatori	9
5.5	Campo magnetico prodotto dai cavi interni all’impianto.....	10
5.6	Campo magnetico prodotto dalla cabina di raccolta	10
6	Campi elettrici.....	12
7	Considerazioni su possibile esposizione lavoratori (D.Lgs 159/2016).....	13
8	Conclusioni	15

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 3 / 15
		Numero Revisione
		00

1 Premessa

La presente relazione tecnica ha come scopo la valutazione dei campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (trasformatori, quadri elettrici, linee in cavo, inverter) costituenti l'impianto agrivoltaico denominato "Carpi_1" che sarà realizzato nel comune di Carpi, in provincia di Modena.

La valutazione del campo magnetico consiste nella determinazione della distanza di prima approssimazione (nel seguito indicata con DPA) in accordo alle prescrizioni del DPCM del 8 luglio 2003.

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

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) 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 (c.d. luoghi tutelati).

Le DPA si applicano nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità dei luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

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.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico.

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 4 / 15
		Numero Revisione
		00

2 Normative di riferimento

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”.
- ✓ Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- ✓ 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.
- ✓ Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- ✓ Norma CEI 106-11: “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003”.
- ✓ Guida CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”.
- ✓ Guida CEI CLC/TR 50453 “Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza”.
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni”.

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 5 / 15
		Numero Revisione
		00

3 Localizzazione dell'impianto

Le caratteristiche geografiche del sito individuato per la realizzazione dell'impianto sono indicate nella seguente tabella (misurate in posizione baricentrica rispetto all'estensione dell'area):

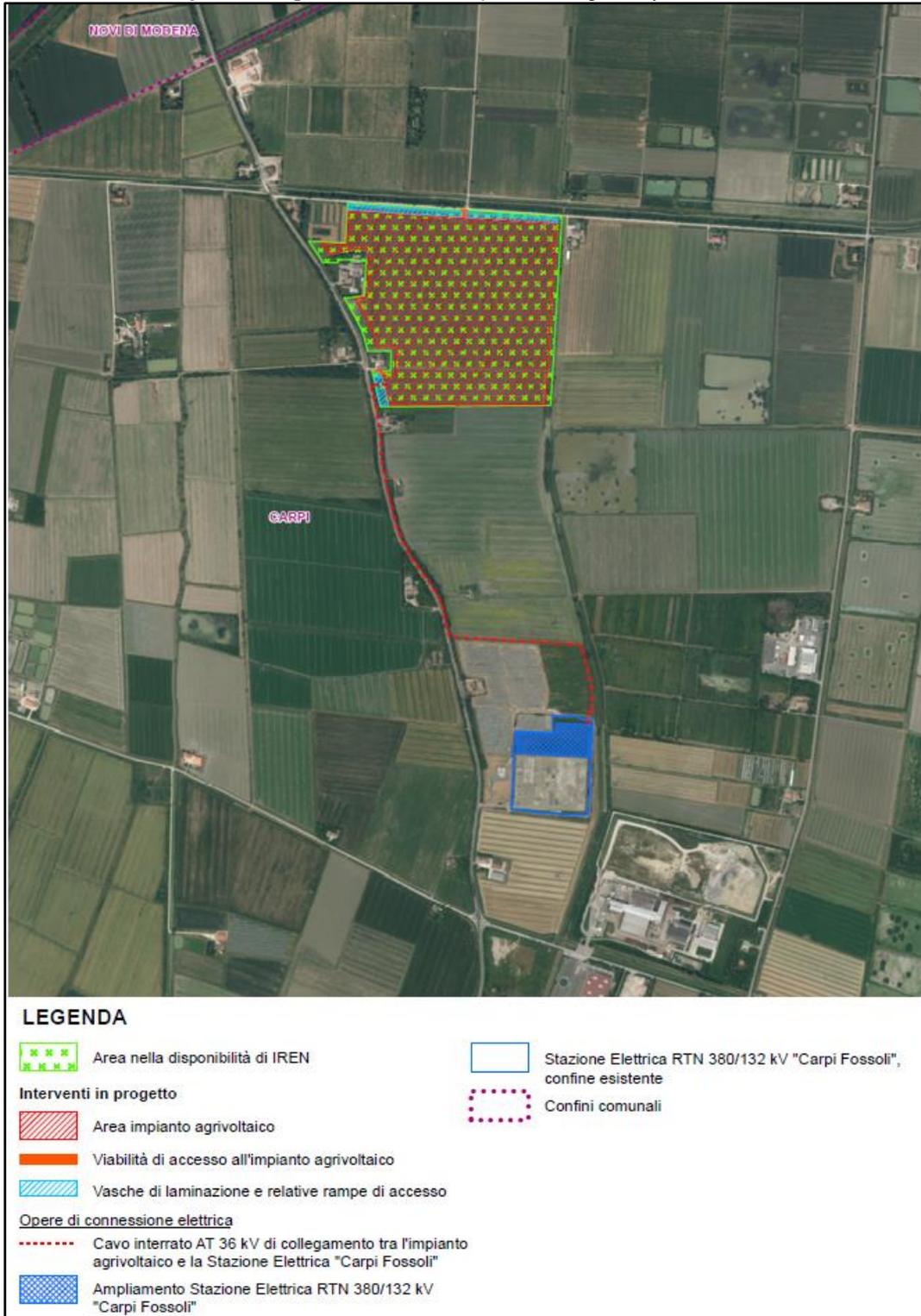
Tabella 1: Caratteristiche geografiche impianto

Nome impianto	Comune	Provincia	Coordinate UTM32-WGS84	Altitudine media (m s.l.m.m.)
Carpi_1	Carpi	Modena	649.971 E 4.969.547 N	17,8

L'area dove verrà realizzato l'impianto ha accesso dalla viabilità esistente: si prevede di realizzare la viabilità di accesso principale sul lato Ovest dell'impianto dalla SP413 Strada Statale Romana Nord e una viabilità secondaria sul perimetro Nord dell'impianto da Via Gruppo (strada comunale).

La planimetria dell'impianto e delle relative opere di connessione alla RTN è riportata nella seguente figura:

Figura 2 – Inquadramento su ortofoto dell'impianto fotovoltaico



	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 7 / 15
		Numero Revisione
		00

4 Descrizione dell'impianto agrivoltaico

L'impianto Agrivoltaico occupa una superficie complessiva di circa 30,55 ha ed è costituito da 32.956 pannelli fotovoltaici della potenza di 620 W cad. montati su strutture ad inseguimento di tipo monoassiale e da 6 cabine di campo (Power Station). All'interno di ciascuna cabina di campo è presente l'inverter di campo a 600V ed il trasformatore BT/AT oltre ad ulteriori apparecchiature elettriche.

Le cabine di campo saranno connesse con linee dedicate di alta tensione a 36 kV mediante due linee radiali alla cabina di raccolta.

Dalla cabina di raccolta partirà un cavidotto AT a 36 kV da collegare in antenna con nuova sezione a 36kV della esistente stazione elettrica di 380/132 kV della RTN di Carpi-Fossoli.

Il layout dell'impianto è riportato nell'elaborato H16_FV_BGD_00013_Layout quotato.

 iren green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 8 / 15
		Numero Revisione
		00

5 Campi magnetici

5.1 Generalità

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3 μ T da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la DPA (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori. A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

Pertanto, stando a quanto sopra precisato, la valutazione dei campi elettromagnetici si applicherà solo alle parti di alta tensione presenti in impianto, descritte nei paragrafi che seguono.

5.2 Componenti del sistema elettrico

In base alla composizione del sistema elettrico previsto per l'installazione dell'impianto Agrivoltaico gli elementi che generano il campo magnetico sono:

- Cabina di raccolta;
- Cavi AT interrati (36 kV) interni all'impianto Agrivoltaico;

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 9 / 15
		Numero Revisione
		00

- Trasformatori BT/AT;
- Inverter.

Di seguito si riporta la valutazione del campo elettromagnetico di ogni singolo elemento.

5.3 Campo magnetico prodotto dagli inverter

La progettazione dell'impianto Agrivoltaico è tale da garantire il rispetto degli obiettivi di qualità fissati dalla legislazione e dalle norme tecniche di riferimento vigenti in materia di campi elettromagnetici. Ogni modulo inverter risponderà ai requisiti della normativa vigente (IEC 61000) per quanto riguarda l'emissione elettromagnetica. Ogni modulo sarà equipaggiato con un set di opportuni filtri, che saranno in grado di evitare la trasmissione di disturbi a frequenze elevate attraverso i conduttori di potenza. La messa a terra dei containers, la gestione del sistema DC isolato da terra, la presenza del trasformatore BT/AT che assicurerà un isolamento galvanico della sezione di conversione rispetto al punto di connessione AT, consentiranno di evitare i disturbi anche attraverso modalità di accoppiamento di modo comune. L'emissione irradiata sarà schermata attraverso l'installazione dei componenti in container metallici.

In sintesi, l'impatto elettromagnetico generato dai moduli PCS (inverter) è nullo in quanto la Distanza di Prima Approssimazione calcolata per 3 µT (obiettivo di qualità) ad esse associata, nell'assetto di progetto, ricadrà interamente nell'intorno delle apparecchiature.

5.4 Campo magnetico prodotto dai trasformatori elevatori

Per i trasformatori elevatori la distanza di prima approssimazione viene valutata utilizzando la formula indicata dall'articolo 5.2.1 del DM 29-5-2008:

$$Dpa = 0.40942 * d^{0.5241} * I^{0.5}$$

dove:

- d = distanza tra le fasi
- I = corrente nominale lato bassa tensione del trasformatore

Per le cabine di campo sono installati trasformatori ad isolamento in olio aventi le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale 4000 kVA
- Tensione primaria 36 kV
- Tensione secondaria 660 V
- Corrente secondaria 3499,2 A

Per il collegamento del trasformatore all'inverter sarà realizzato in blindosbarra con connessione ai terminali di bassa tensione del trasformatore che sono separati di 350 mm. Si ipotizza una portata della blindosbarra di 4000 A.

Utilizzando i suddetti valori e la formula precedentemente indicata si ottiene un valore della

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 10 / 15
		Numero Revisione
		00

DpA pari a 15 m.

5.5 Campo magnetico prodotto dai cavi interni all'impianto

I cavi di alta tensione impiegati all'interno dell'impianto, per il collegamento delle cabine di campo al quadro di raccolta installato nella cabina di raccolta saranno di tipo unipolare, conduttore in rame e isolante in mescola etilenpropilenica (XLPE), aventi sigla RE4H5E 20,8/36 kV.

Saranno impiegate terne di cavi unipolari aventi sezione 1x300 mm².

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Cavi posati a trifoglio
- Cavi direttamente interrati alla profondità di 1,0 m.

Le formazioni per ciascuna linea di alta tensione e i valori della fascia di rispetto e quindi della Dpa (distanza di prima approssimazione) sono indicati nella tabella seguente (valori arrotondati all'intero superiore più vicino).

Formazione [mm ²]	Diametro esterno [mm]	Portata [A]	Dpa [m]
3x(1x300)	44,8	535	2 (valore non arrotondato 1,4)

5.6 Campo magnetico prodotto dalla cabina di raccolta

All'interno della cabina di raccolta è installato il quadro di alta tensione a 36 kV di raccolta delle linee elettriche provenienti dalle cabine di campo, che viene considerato come principale fonte di emissione di campi magnetici.

Per il calcolo dell'intensità del campo magnetico è stata utilizzata la formula approssimata indicata dalla Guida CEI 106-11 per conduttori disposti a triangolo.

La formula utilizzata è la seguente:

$$B = P \cdot I \cdot 0,1 \cdot \sqrt{6} / R^2 \text{ } [\mu\text{T}]$$

dove:

- P è la distanza tra i conduttori [m]
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro
- R è la distanza dal baricentro dei conduttori [m] alla quale calcolare l'induzione
- B è l'induzione [μT]

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 11 / 15
		Numero Revisione
		00

Il quadro di alta tensione da 36 kV sarà costruito per una portata nominale di 1.250 A, grazie all'installazione di sbarre di rame di dimensioni 100x10 mm, disposte a triangolo, con una distanza di 330 mm.

Trascurando l'effetto schermante dell'involucro metallico del quadro, in quanto di difficile determinazione, la distanza di prima approssimazione del quadro viene valutata con una estensione di 3 metri a partire dal muro perimetrale della cabina stessa.

Tale assunzione viene fatta ai fini della sicurezza in quanto non è definita in modo univoco la posizione del quadro di alta tensione all'interno della cabina stessa.

In conclusione si assume una DpA pari a 3 metri dai muri perimetrali della cabina.

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 12 / 15
		Numero Revisione
		00

6 Campi elettrici

Tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, per cui i campi elettrici risultanti all'esterno sono del tutto trascurabili o nulli.

Tutti gli schermi o le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, ovvero zero, agli stessi, col risultato di schermare completamente i campi elettrici.

Anche nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero essere totali, sicuramente le fasce di rispetto dovute ai campi elettrici saranno ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici.

Per le linee in cavo di alta tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo o comunque inferiore al valore di 5 kV/m imposto dalla Norma.

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 13 / 15
		Numero Revisione
		00

7 Considerazioni su possibile esposizione lavoratori (D.Lgs 159/2016)

Il Lgs. 159/2016 riguarda l'attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettro-magnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. In particolare, il decreto arreca modifiche ad alcuni articoli del D.Lgs 81/2008, che già prevedeva le disposizioni di salute e sicurezza dei lavoratori anche in relazione all'esposizione ai campi elettromagnetici.

Come stabilito dall'art. 206 del D.Lgs. 81/2008, così come modificato dal D.Lgs. 159/2016, il campo di applicazione è riferito alla determinazione dei "requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz) , come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro. Le disposizioni riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti e agli effetti indiretti noti provocati dai campi elettromagnetici."

Il decreto definisce tra gli altri parametri:

- *"Valori Limite di Esposizione (VLE), valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare sulla base degli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti";*
- *"Valori di azione (VA)", livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate" (n.d.a. sempre nel medesimo capo del D.Lgs.)".*

Come riportato all' Art. 208 (Valori Limite di esposizione e valori di azione):

"1. Le grandezze fisiche relative all'esposizione ai campi elettromagnetici sono indicate nell'allegato XXXVI, parte I. I VLE relativi agli effetti sanitari, i VLE relativi agli effetti sensoriali e i VA sono riportati nell'allegato XXXVI, parti II e III.

2. Il datore di lavoro assicura che l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici non superi i VLE relativi agli effetti sanitari e i VLE relativi agli effetti sensoriali, di cui all'allegato XXXVI, parte II per gli effetti non termici e di cui all'allegato XXXVI, parte III per gli effetti termici. Il rispetto dei VLE relativi agli effetti sanitari e dei VLE relativi agli effetti sensoriali deve essere dimostrato ricorrendo alle procedure di valutazione dell'esposizione di cui all'articolo 209. Qualora l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici superi uno qualsiasi dei VLE, il datore di lavoro adotta misure immediate in conformità dell'articolo 210, comma 7. [...]"

L'articolo prosegue indicando le condizioni in cui si considera che i VLE sono rispettati e le condizioni in cui è possibile superare i valori di esposizione (adottando specifiche misure/condizioni operative).

In ogni caso tutti i rischi per i lavoratori derivanti da campi elettromagnetici sul luogo di lavoro dovranno essere opportunamente valutati dal datore di lavoro nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'art.181 del D.Lgs. 81/2008, ed in caso si rendesse necessario il datore di lavoro dovrà provvedere alla misura o al calcolo dei livelli dei campi elettromagnetici a cui i lavoratori sono esposti, tenendo conto (come indicato nell'art. 209 del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii.) anche delle guide pratiche della Commissione europea, delle norme tecniche europee e di quelle del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), nonché delle buone prassi individuate o emanate dalla Commissione

	<p>ID Documento Committente</p> <p>H16_FV_BER_00025</p>	Pagina 14 / 15
		Numero Revisione
		00

consultiva permanente di cui all'art. 6 del D.Lgs.81/2008, delle informazioni reperibili presso le banche dati INAIL o delle Regioni.

In generale, sia per la fase di cantiere relativa alla costruzione dell'impianto, sia per la fase di esercizio e dunque per le operazioni di gestione, controllo e manutenzione dell'impianto e delle opere connesse, dovranno essere rispettati i disposti del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii. (pertato anche relativamente alle modifiche sull'esposizione ai campi elettromagnetici introdotte con il D.Lgs. 159/2016) ed i rischi di esposizione per i lavoratori, nonché le relative misure di prevenzione e protezione, dovranno essere attentamente valutate nell'ambito della valutazione dei rischi e riportati nel Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) e nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenziali (DUVRI).

	ID Documento Committente H16_FV_BER_00025	Pagina 15 / 15
		Numero Revisione
		00

8 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati e per quanto indicato nell'elaborato H16_FV_BED_00026 in cui si riportano le distanze di prima approssimazione calcolate, si può concludere che i valori di induzione magnetica calcolati sono compatibili con i vincoli previsti dalla normativa vigente. Infatti le aree di prima approssimazione individuate non includono in nessun punto luoghi con permanenza abituale di persone superiore a 4 ore.

Inoltre, poiché tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, i campi elettrici risultanti sono del tutto trascurabili (le relative fasce di rispetto sono ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle per i campi magnetici sopra dette) o nulli.