




**Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato denominato “Pontedera” di potenza pari a 43,2 MWp nel comune di Pontedera (PI) e opere di connessione alla RTN ricadenti nel Comune di Ponsacco (PI)**

**Relazione sui campi elettromagnetici (DPA)**




<b>02/10/2024</b>	<b>00</b>	<b>Emissione per autorizzazione</b>	<b>D.Stangalino</b>	<b>G. D'Amico/ L. Marabeti/ O. Retini</b>	<b>F. Boni Castagnetti</b>
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente  <b>H060_FV_BER_00074</b>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 			ID Documento Appaltatore  -		

	<p>ID Documento Committente</p> <p><b>H060_FV_BER_00074</b></p>	Pagina 2 / 17
		Numero Revisione
		00

## Sommario

1	Premessa.....	3
2	Normative di riferimento .....	4
3	Descrizione dell'impianto agrivoltaico .....	5
4	Campi magnetici .....	6
4.1	Generalità.....	6
4.2	Componenti del sistema elettrico.....	6
4.3	Campo magnetico prodotto dagli inverter .....	7
4.4	Campo magnetico prodotto dai trasformatori elevatori.....	7
4.5	Campo magnetico prodotto dai cavi MT interni all'impianto .....	8
4.6	Campo magnetico prodotto dalla cabina di raccolta.....	9
4.7	Campo magnetico prodotto dai cavi MT verso la SSE Utente .....	10
4.8	Campo magnetico prodotto dai cavi MT interni alla SSE Utente .....	11
4.9	Campo magnetico prodotto dal trasformatore elevatore MT/AT .....	12
4.10	Campo magnetico prodotto dallo stallo della sottostazione AT .....	13
4.11	Campo magnetico prodotto dal cavo AT .....	13
5	Campi elettrici.....	14
6	Considerazioni su possibile esposizione lavoratori (D.Lgs 159/2016).....	15
7	Conclusioni .....	17

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 3 / 17
		Numero Revisione
		00

## 1 Premessa

La presente relazione tecnica ha come scopo la valutazione dei campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (Sottostazione Elettrica Utente, trasformatori MT/BT, quadri elettrici, linee in cavo, inverter) costituenti l'impianto agrivoltaico di potenza totale installata pari a 43,20 MW<sub>p</sub>, da realizzare nel comune di Pontedera (PI) e relative opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nei comuni di Pontedera e Ponsacco (PI), all'interno dell'esistente Cabina Primaria e-distribuzione "Ponsacco".

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  $\mu$ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu$ 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  $\mu$ T del campo magnetico.

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 4 / 17
		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 <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 5 / 17
		Numero Revisione
		00

### 3 Descrizione dell'impianto agrivoltaico

La presente relazione riguarda il progetto per la realizzazione di un impianto Agrivoltaico avanzato denominato "Pontedera" di potenza pari a 43,2 MWp nel Comune di Pontedera (PI), che la Società Iren Green Generation Tech s.r.l. (di seguito anche indicata come IGGT s.r.l.) prevede di realizzare nel territorio del Comune di Pontedera, Provincia di Pisa, Regione Toscana, con annesse opere di rete da realizzarsi nei Comuni di Pontedera e di Ponsacco (PI).


L'impianto Agrivoltaico occupa una superficie complessiva di circa 63 ha ed è costituito da 65.640 pannelli fotovoltaici, dei quali 12.288 da 650 W e 53.352 da 660 W, montati su strutture ad inseguimento di tipo monoassiale.

Nell'area di impianto saranno installati inverter distribuiti di stringa di potenza nominale pari a 330 kVA che consentiranno la trasformazione della corrente continua a quella alternata. Le linee elettriche in corrente alternata uscenti dagli inverter saranno convogliate in 14 cabine di trasformazione ("Conversion Unit" o CU) BT/MT contenenti quadri BT, trasformatori BT/MT, quadri MT e apparecchiature elettriche ausiliare, le quali consentiranno la trasmissione della potenza generata dai moduli fotovoltaici al cabinato MT di raccolta mediante l'utilizzo di cavi in corrente alternata alla tensione di 30 kV.

Dal cabinato MT di raccolta si deriverà la linea in media tensione interrata, lunga circa 5 km, per la connessione alla Sottostazione Elettrica Utente (SSE) AT/MT che sarà realizzata in un'area in prossimità della Cabina Primaria (CP) di Ponsacco di e-distribuzione. La SSE eleverà la tensione da 30 kV a 132 kV mediante un trasformatore AT/MT.

Il collegamento alla Rete Trasmissione Nazionale (RTN) avverrà tramite l'utilizzo di un cavo in alta tensione 132 kV di lunghezza pari a circa 130 m che conetterà la SSE al nuovo stallo di arrivo linea che sarà realizzato all'interno della CP Ponsacco di e-distribuzione.

Si prevede l'utilizzo di un cavo in alluminio interrato, il cui percorso è dettagliato nei documenti "Tracciato su ortofoto-cavidotto" (H060\_FV\_BGD\_00026) e "Tracciato su catastale – cavidotto" (H060\_FV\_BGD\_00027).

 <b>iren</b> green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 6 / 17
		Numero Revisione
		00

## 4 Campi magnetici

### 4.1 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  $\mu$ 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.

### 4.2 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:

- Cavo AT di connessione alla CP di Ponsacco;
- Stallo AT Sottostazione Elettrica Utente (SSE);
- Trasformatore elevatore AT/MT SSE;
- Cavi MT interni SSE;
- Quadro MT nella cabina di raccolta;
- Cavo MT interrato (30 kV) di collegamento tra impianto e SSE;
- Cavi MT interrati (30 kV) interni all'impianto Agrivoltaico;

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 7 / 17
		Numero Revisione
		00

- Trasformatori BT/MT interni alle cabine di trasformazione;
- Inverter di stringa.

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

#### 4.3 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 della struttura metallica, la gestione del sistema DC isolato da terra consentiranno di evitare i disturbi anche attraverso modalità di accoppiamento di modo comune. Gli inverter saranno installati equipaggiati con appositi filtri.

In sintesi, l'impatto elettromagnetico generato dagli 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.

#### 4.4 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:

$$D_{pa} = 0.40942 * d^{0.5241} * I^{0.5}$$


dove:

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

Nelle cabine di trasformazione dell'impianto sono installati trasformatori ad isolamento in olio aventi le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale 2000-1250 kVA
- Tensione primaria 30 kV
- Tensione secondaria 800V
- Corrente secondaria 1443,42 – 902,14 A
- Dy11
- Isolamento in olio

Il collegamento degli avvolgimenti secondari del trasformatore al relativo quadro di bassa tensione 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 2000 A per il trasformatore da 2000 kVA e una portata di 1000 A per il trasformatore da 1250 kVA.

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 8 / 17
		Numero Revisione
		00

Utilizzando i suddetti valori e la formula precedentemente indicata si ottiene un valore della DpA pari a 10,56 m per il trasformatore da 2000 kVA che sarà arrotondata a 11 m e un valore di 7,47 m che sarà arrotondando a 7,5 m per i trasformatori da 1250 A.

#### 4.5 Campo magnetico prodotto dai cavi MT interni all'impianto

I cavi di media tensione impiegati all'interno dell'impianto, per il collegamento delle cabine di trasformazione al quadro di raccolta installato nella cabina di raccolta saranno di tipo unipolare, conduttore in alluminio e isolante in miscela gomma EPR (G7), aventi sigla ARG7H1RNR 18/30 kV.

Saranno impiegate terne di cavi unipolari aventi sezione 1x240 mm<sup>2</sup>.

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.

Sull'impianto sono previste cinque (5) dorsali di media tensione, composte da una terna di cavi da 1x240 mm<sup>2</sup> che collegano in

In uscita dalla singola cabina di trasformazione le due dorsali corrono parallele.

In ingresso alla cabina di raccolta le cinque dorsali corrono parallele.

Le formazioni per ciascuna linea di media 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).

La formula utilizzata per il calcolo della Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 4.5°) è la seguente:

$$DpA = 0,286 * \sqrt{P * I} [\mu T]$$

dove:

- P è la distanza tra i conduttori [m];
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 4.5°, con h=0), calcolata con la seguente formula:

$$Ro = \sqrt{(0,082P * I - d)}$$

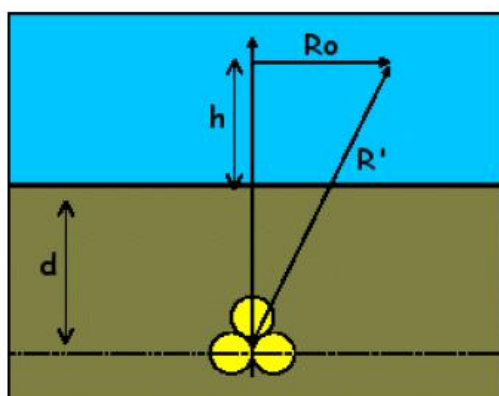
dove:

- P è la distanza tra i conduttori [m];
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro;
- d è la profondità di posa.



Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Portata [A]	Dpa al livello del terreno [m]
3x(1x240)	45	418	1 (valore non arrotondato 0,736)
2 terne adiacenti 3x(1x240)	45	418	2,3 (valore non arrotondato 2,274)
3 terne adiacenti 3x(1x240)	45	418	3,6 (valore non arrotondato 3,589)
5 terne adiacenti 3x(1x240)	45	418	6,2 (valore non arrotondato 6,129)

Figura 4.5a Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)



#### 4.6 Campo magnetico prodotto dalla cabina di raccolta


All'interno della cabina di raccolta è installato il quadro di media tensione a 30 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, ovvero:

$$B \approx 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot P \cdot I / R^2 \quad [\mu T]$$

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 [ $\mu T$ ].

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 10 / 17
		Numero Revisione
		00

Il quadro di media tensione da 30 kV sarà costruito per una portata nominale di 1.600 A, grazie all'installazione di sbarre di rame di dimensioni 100x10 mm, disposte in piano, 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 2 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 media tensione all'interno della cabina stessa.

In conclusione si assume una DpA pari a 2 metri dai muri perimetrali della cabina.

#### 4.7 Campo magnetico prodotto dai cavi MT verso la SSE Utente

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento della cabina di raccolta alla sottostazione utente saranno di tipo unipolare, conduttore in alluminio e isolante in mescola gomma EPR (G7), aventi sigla ARG7H1RNR 18/30 kV.

Saranno impiegate tre (3) terne di cavi unipolari in parallelo aventi sezione 1x400 mm<sup>2</sup>.

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.

La formula utilizzata per il calcolo della Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 4.5a) è la seguente:

$$DpA = 0,286 \cdot \sqrt{P \cdot I} \text{ [\mu T]}$$

dove:


- P è la distanza tra i conduttori [m];
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 4.5a, con h=0), calcolata con la seguente formula:

$$Ro = \sqrt{(0,082 P \cdot I - d)}$$

dove:

- P è la distanza tra i conduttori [m];
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro;
- d è la profondità di posa.

	ID Documento Committente	Pagina 11 / 17
	<b>H060_FV_BER_00074</b>	Numero Revisione
		00

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Portata [A]	Dpa al livello del terreno [m]
3x3x(1x400)	51,1	543	4,5 (valore non arrotondato 4,39)

#### 4.8 Campo magnetico prodotto dai cavi MT interni alla SSE Utente

I cavi di media tensione impiegati all'interno della SSE Utente per il collegamento del quadro MT al trasformatore elevatore, saranno di tipo unipolare, conduttore in rame e isolante in mescola gomma EPR (G7), aventi sigla RG16H1R12 18/30 kV.

Saranno impiegate tre terne di cavi unipolari in parallelo aventi sezione 1x300 mm<sup>2</sup>.

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.

La formula utilizzata per il calcolo della Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 4.5a) è la seguente:

$$DpA = 0,286 \cdot \sqrt{P \cdot I} \text{ [}\mu\text{T]}$$

dove:

- P è la distanza tra i conduttori [m];
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 4.5a, con h=0), calcolata con la seguente formula:


$$Ro = \sqrt{(0,082P \cdot I - d)}$$

dove:

- P è la distanza tra i conduttori [m];
- I è la corrente che attraversa i conduttori [A] pari alla corrente nominale del quadro;
- d è la profondità di posa.

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 <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Portata [A]	Dpa al livello del suolo [m]
3 terne (1x300)	47,8	593	4,5 (valore non arrotondato 4,441)

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 12 / 17
		Numero Revisione
		00

#### 4.9 Campo magnetico prodotto dal trasformatore elevatore MT/AT

Le caratteristiche del trasformatore elevatore sono di seguito indicate:

		TR1
Potenza nominale	MVA	52
Tensione nominale primaria	kV	132
Tensione nominale secondaria	kV	30
Corrente secondaria	A	1007,76
Regolazione		± 10 x 1,25%
Commutatore		Sotto carico
Gruppo vettoriale		YNd11
Impedenza di corto circuito	Vcc	12,5
Sistema di raffreddamento		ONAN/ONAF

La valutazione del campo magnetico è stata effettuata recependo alcune indicazioni del rapporto CLC/TR 50453 e della Guida CEI 211-4, in quanto nel D.M. 29 maggio 2008 “Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto” non viene contemplato questo particolare caso.

Le indicazioni delle suddette pubblicazioni permettono di poter effettuare le seguenti considerazioni:

- I valori più significativi del campo magnetico a frequenza di rete sono dovuti alla corrente che circola nei terminali a bassa tensione;
- Il campo magnetico del trasformatore, prodotto dalle correnti che circolano negli avvolgimenti può essere trascurato.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si può ritenere che i valori più significativi sono quelli prodotti dai cavi elettrici di media tensione collegati all'avvolgimento secondario.

L'avvolgimento secondario del trasformatore sarà collegato al relativo quadro di media tensione di raccolta con 3 terne di cavi (1x300) mm<sup>2</sup>.

In corrispondenza dei terminali di media tensione i cavi di ogni fase sono tutti raggruppati insieme e collegati allo stesso terminale. La distanza tra i terminali di media tensione è di 350 mm.

La formula utilizzata per il calcolo della DpA è la seguente:


$$R=0,34*\sqrt{(P*I)}$$

dove:

- P è la distanza tra i terminali [m];
- I è la corrente nominale del trasformatore [A].

Considerando come valore di corrente, quella nominale lato secondario del trasformatore AT/MT (1007,75 A), si ottiene per la configurazione descritta un valore della distanza di prima approssimazione pari a 6,385 m.

La distanza di prima approssimazione (Dpa) del trasformatore AT/MT viene arrotondata a 6,5 m, che si sviluppano in tutte le direzioni.

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 13 / 17
		Numero Revisione
		00

#### 4.10 Campo magnetico prodotto dallo stallo della sottostazione AT

Per il collegamento dell'impianto AGV alla RTN sarà realizzata una nuova sottostazione ad isolamento in aria a 132 kV composta da stallo trasformatore, sbarre comuni, stallo arrivo linea.

Considerando le sbarre con una distanza tra le fasi di 2,2 m (valore unificato dal codice di rete di Terna per le stazioni a 132 kV), con una corrente nominale delle sbarre di 870 A, si ottiene una fascia di rispetto di 13,83 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla e quindi nei limiti di legge imposti dalla normativa nazionale (obiettivo di qualità del DPCM 8/7/03).

La Dpa (distanza di prima approssimazione) sarà arrotondata al valore di 14 m e sarà calcolata dal baricentro dei conduttori e quindi dalla fase centrale delle sbarre in aria.

La proiezione al suolo di tale fascia di rispetto determina la distanza di prima approssimazione Dpa che risulta essere quindi di 14 m.

#### 4.11 Campo magnetico prodotto dal cavo AT

Le caratteristiche del cavo di alta tensione utilizzato per il collegamento della sottostazione utente alla CP Ponsacco sono di seguito riportate:


Tipo di cavo:	ARE4H5E
Formazione:	3x(1x630) mm <sup>2</sup>
Tipo di isolamento:	XLPE (polietilene reticolato)
Materiale:	alluminio
Schermo:	rame
Sezione schermo:	95 mm <sup>2</sup>
Guaina esterna:	polietilene
Tensione nominale d'isolamento:	87/132 kV
Tensione massima permanente di esercizio:	145 kV
Frequenza:	50 Hz
Portata:	695 A
Diametro esterno:	79 mm

Il calcolo delle fasce di rispetto è stato eseguito in accordo con quanto previsto dal Decreto 29 Maggio 2008 del ministero dell'Ambiente e relativo allegato, valutando:

- la distanza di prima approssimazione (DPA) generata dal cavo in oggetto,
- la fascia di rispetto calcolata ad 1m dal suolo.

Considerando una posa interrata a trifoglio alla profondità di 1,5 m si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa di 2 m.

Il valore dell'induzione a 1 m dal suolo risulta di 2,15 µT.

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 14 / 17
		Numero Revisione
		00


## 5 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 la linea 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 <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 15 / 17
		Numero Revisione
		00

## 6 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

	ID Documento Committente <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 16 / 17
		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 <b>H060_FV_BER_00074</b>	Pagina 17 / 17
		Numero Revisione
		00

## 7 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati e per quanto indicato nell'elaborato H060\_FV\_BED\_00075 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.