

Orosolare S.r.l.

Impianto agrivoltaico denominato "Argenta 2" da 168.461,3 kWp, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta, Comacchio e Portomaggiore (FE)

Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di Utenza

Allegato C.14 - Calcolo campo elettromagnetico



Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n.1220

Rev.0

Ottobre 2023

wood.

Indice

1	Introduzione	3
2	Quadro normativo	4
3	Campo magnetico delle linee in cavo	5
3.1	Risultati	5
3.2	Determinazione delle fasce di rispetto	10
4	Campo magnetico delle cabine di conversione	11
5	Campo magnetico nella Stazione Utente	12
6	Conclusioni	15

Questo documento è di proprietà di Orosolare S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Orosolare S.r.l.

1 Introduzione

Il presente documento riassume i risultati dello studio dei campi elettromagnetici relativo all'impianto agrivoltaico denominato "Argenta 2", secondo la legislazione vigente:

- DPCM 8 luglio 2003, per la protezione della popolazione;
- DLgs 81/08 e s.m.i. (DLgs 159/2016) per la protezione dei lavoratori nelle aree interne dell'impianto.

Lo studio dei campi elettromagnetici si può suddividere secondo le seguenti sorgenti:

Linee in cavo interrato a 30 kV (dette anche dorsali 30 kV), che collegano i vari gruppi di conversione tra loro fino al quadro elettrico posizionato all'interno dell'edificio elettrico e di controllo della Stazione Utente. Le dorsali 30 kV interrate, verranno posate lungo percorsi interni dell'impianto, ad eccezione di due attraversamenti del corpo idrico consorziale "Canaletta 3 Gramigne Sin", che saranno realizzati tramite trivellazione orizzontale controllata (TOC). Pur essendo posati lungo percorsi esclusivamente interni al perimetro dell'impianto, dove è esclusa la presenza della popolazione, si è comunque proceduto al calcolo per verificare che le fasce di rispetto delle dorsali siano interne all'impianto. Le dorsali 30 kV sono di seguito elencate:

- Dorsale 1: comprende le power stations C06, C07, C08, C09 e C10;
- Dorsale 2: comprende le power stations C16, C17, C18, C19 e C20;
- Dorsale 3: comprende le power stations C26, C27, C28, C29, C30;
- Dorsale 4: comprende le power stations C42, C36, C37, C38, C39, C40;
- Dorsale 5: comprende le power stations C01, C02, C03, C04 e C05;
- Dorsale 6 comprende le power stations C11, C12, C13, C14 e C15;
- Dorsale 7: comprende le power stations C21, C22, C23, C24 e C25;
- Dorsale 8: comprende le power stations C31, C32, C33, C34, C35, C41 e C43.

Il tracciato seguito dalle linee è chiaramente identificabile nella Tav. 21 "Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC".

- Linea in cavo interrato a 132 kV per il collegamento della Stazione Utente allo stallo arrivo produttore nella futura Stazione RTN 380/132/36 kV "Portomaggiore". I cavi sono pertanto posati lungo un percorso esterno all'impianto, dove è possibile la presenza della popolazione, per il quale si è verificata la fascia di rispetto dell'obiettivo di qualità ai sensi del DPCM 8 luglio 2003. Il tracciato seguito dalla linea è chiaramente identificabile nelle Tav. 48 "Percorso Linea di collegamento a 132 kV e tipico posa cavo".
- Cabine di conversione (Power Stations), localizzate all'interno dell'Impianto Agrivoltaico, ciascuna composta da un inverter, un trasformatore ed un quadro elettrico 30 kV. L'inverter ha la funzione di convertire la potenza generata in corrente continua dai moduli fotovoltaici alla frequenza di rete, mentre il trasformatore provvede ad innalzare la tensione al livello richiesto.
- Stazione Utente, localizzata in adiacenza all'impianto fotovoltaico. La Stazione Utente è composta da un sistema di sbarre 132kV, dalle apparecchiature elettromeccaniche, trasformatori elevatori, ed un edificio in muratura che ospita il quadro elettrico di raccolta delle dorsali 30 kV. La Stazione si trova all'interno di un'area recintata adiacente al parco fotovoltaico, non accessibile alla popolazione.

2 Quadro normativo

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce i limiti di esposizione ed i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) nonché, per il campo magnetico, anche un obiettivo di qualità ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

I limiti stabiliti dal decreto sono:

- limite di esposizione in 100 microtesla (μT) per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico;
- valore di attenzione di 10 microtesla (μT), a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere;
- obiettivo di qualità pari a 3 μT , da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti ed installazioni elettriche, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiori alle 4 ore giornaliere,

All'interno dell'impianto, luogo inaccessibile alla popolazione, la legislazione di riferimento è quella relativa alla protezione dei lavoratori all'interno dei luoghi di lavoro, in particolare il DLgs 159/2016, che ha recepito la Direttiva 35/2013/UE, con modifiche e integrazioni al DLgs 81/08.

Il decreto stabilisce: valori di azione (VA), applicabili all'ambiente, e valori limite di esposizione (VE), applicabili all'interno del corpo umano, dei campi elettrico e magnetico, da assumere come riferimento per la valutazione del rischio.

Nella pratica il decreto comporta che è sufficiente che all'interno dell'ambiente di lavoro non siano superati i valori di azione VA, per garantire il rispetto dei limiti di esposizione.

I valori di azione VA, 10-20 kV/m e 1000-6000 μT , rispettivamente per il campo elettrico e magnetico, sono significativamente superiori ai limiti validi per la popolazione.

Si sottolinea che nell'impianto fotovoltaico non ci sono condutture aeree e che tutti i componenti (cavi, quadri elettrici, gruppi di conversione e cabine di trasformazione) sono provvisti di schermatura e involucro metallico di protezione collegato a terra che scherma completamente l'emissione del campo elettrico verso l'esterno, per cui è possibile affermare che i limiti di esposizione per il campo elettrico sono automaticamente soddisfatti.

3 Campo magnetico delle linee in cavo

Il programma di calcolo utilizzato si basa sui metodi standardizzati dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI 211-4, fascicolo 2840: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", Luglio 1996).

Per il calcolo del campo magnetico per i cavi interrati si è utilizzato un modello di tipo bidimensionale, rappresentando l'andamento del campo di alcune sezioni rappresentative dei percorsi. I cavi si sono considerati posati ad una profondità di 1.2 m con formazione a trifoglio, e si sono trascurati gli effetti attenuanti dello schermo metallico dei cavi.

Il valore del campo magnetico viene calcolato al livello del suolo, come previsto dall'art. 5 del DPCM 08/07/03 e dalla guida CEI 211-6. Per le correnti delle linee MT si sono assunti i valori massimi generati da ciascuna power station che danno luogo ai valori massimi delle dorsali.

Le assunzioni fatte appaiono estremamente cautelative, considerando che la corrente dei generatori può ridursi notevolmente in funzione della variabilità delle condizioni meteorologiche nel corso della giornata (secondo il citato DPCM, i limiti del campo sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore giornaliere nelle normali condizioni di esercizio).

Per quanto riguarda la linea in cavo 132kV si è assunto un valore di corrente maggiore di quello dell'impianto, per tener conto della possibile condivisione del cavo con altri eventuali produttori, considerando come possibile carico la potenza massima ammissibile – 200 MW- dello stallo produttore della stazione RTN.

3.1 Risultati

Per fornire una panoramica dei valori attesi di campo magnetico lungo i percorsi delle linee in cavo interrato, si sono considerate le seguenti sezioni (Tabella 1) attraversate dai valori di corrente più elevati e caratterizzate dalla presenza di più dorsali, che quindi sono rappresentative dei casi più gravosi.

Tabella 1 Dati di progetto per la valutazione del campo magnetico

Sezione	Descrizione	Dorsali/tratta	Power stations connesse	Corrente max [A]
Sezione 1	Sezione attraversata da 1 linea 132kV	Linea AT (SU – SE RTN)	43	928
Sezione 2	Sezione attraversata da 4 dorsali 30kV	Dorsale 5 (C05 – TR2)	5	345
		Dorsale 6 (C15 – TR2)	5	350
		Dorsale 7 (C25 – TR2)	5	350
		Dorsale 8 (T01 – TR2)	7	489
Sezione 3	Sezione attraversata da 4 dorsali 30kV	Dorsale 1 (C10 – TR1)	5	360
		Dorsale 2 (C20 – TR1)	5	372
		Dorsale 3 (C30 – TR1)	5	367
		Dorsale 4 (C40 – TR1)	6	450

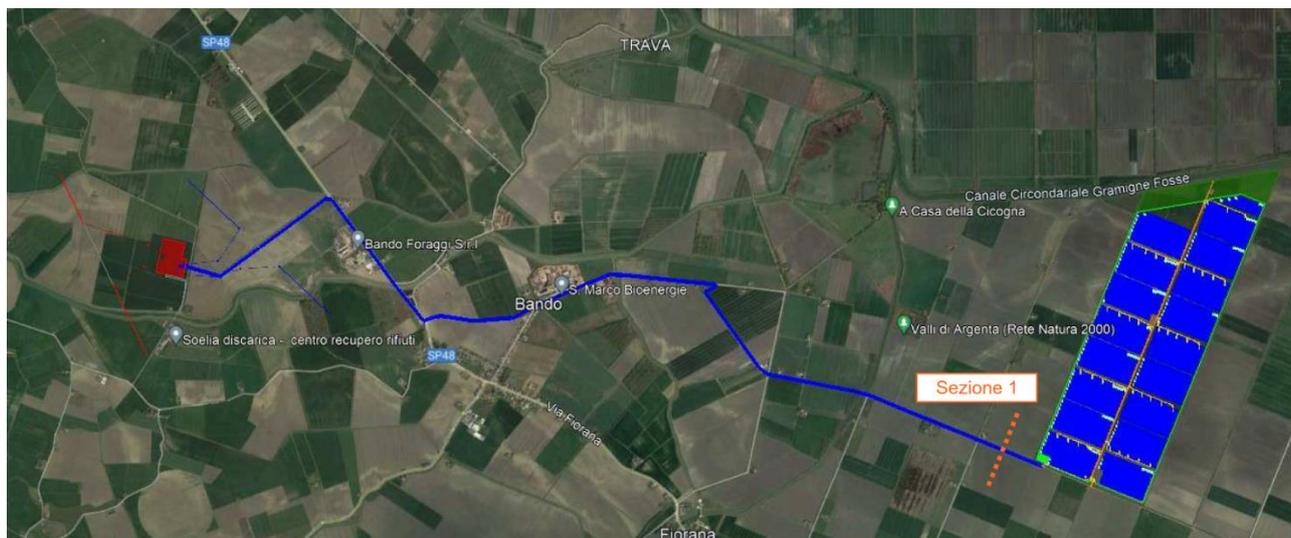


Figura 3-1 Planimetria con Sezione 1 – Linea cavo in alta tensione

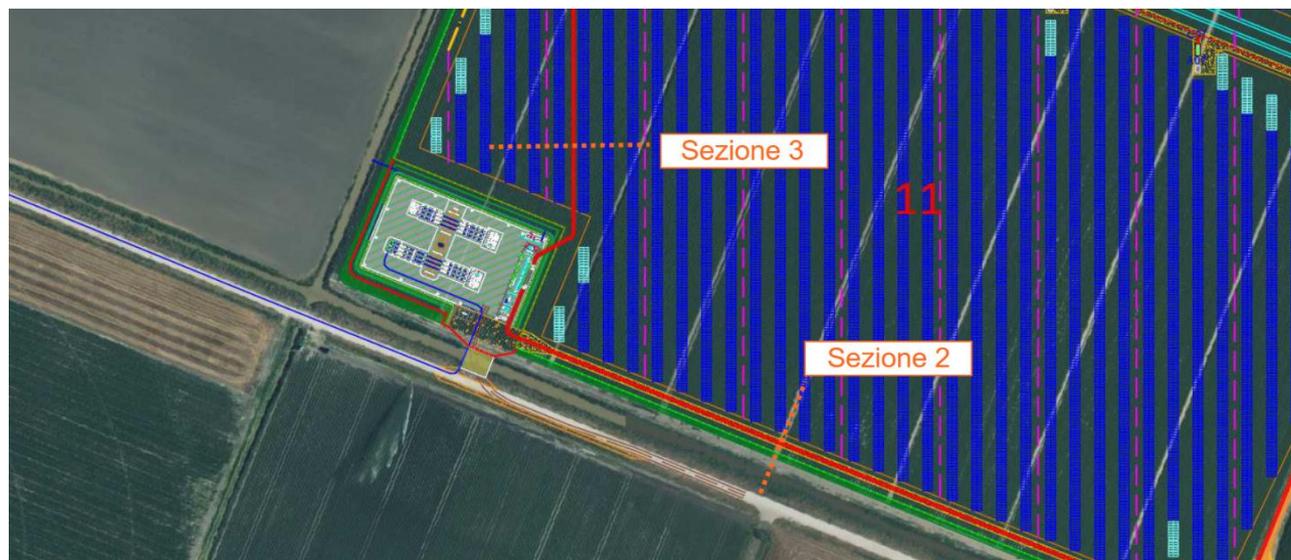


Figura 3-2 Dettaglio Sezione 2 e 3: Linee 30 kV dal Campo Agrivoltaico alla Stazione Utente

Nel seguito è riportato l'andamento del campo magnetico generato dal cavo 132 kV e dai cavi 30 kV, calcolato al livello del suolo, rispetto all'asse dello scavo.

Come rappresentato nelle figure successive, in tutte le sezioni considerate il campo magnetico non supera mai il limite di esposizione (100 μ T) e scende al di sotto dell'obiettivo di qualità (3 μ T) ad una distanza inferiore ai 3 m dall'asse dello scavo.

Risultano ovviamente ampiamente verificati anche i limiti di esposizione previsti dal DLgs 159/2016 per i lavoratori per le aree interne all'impianto.

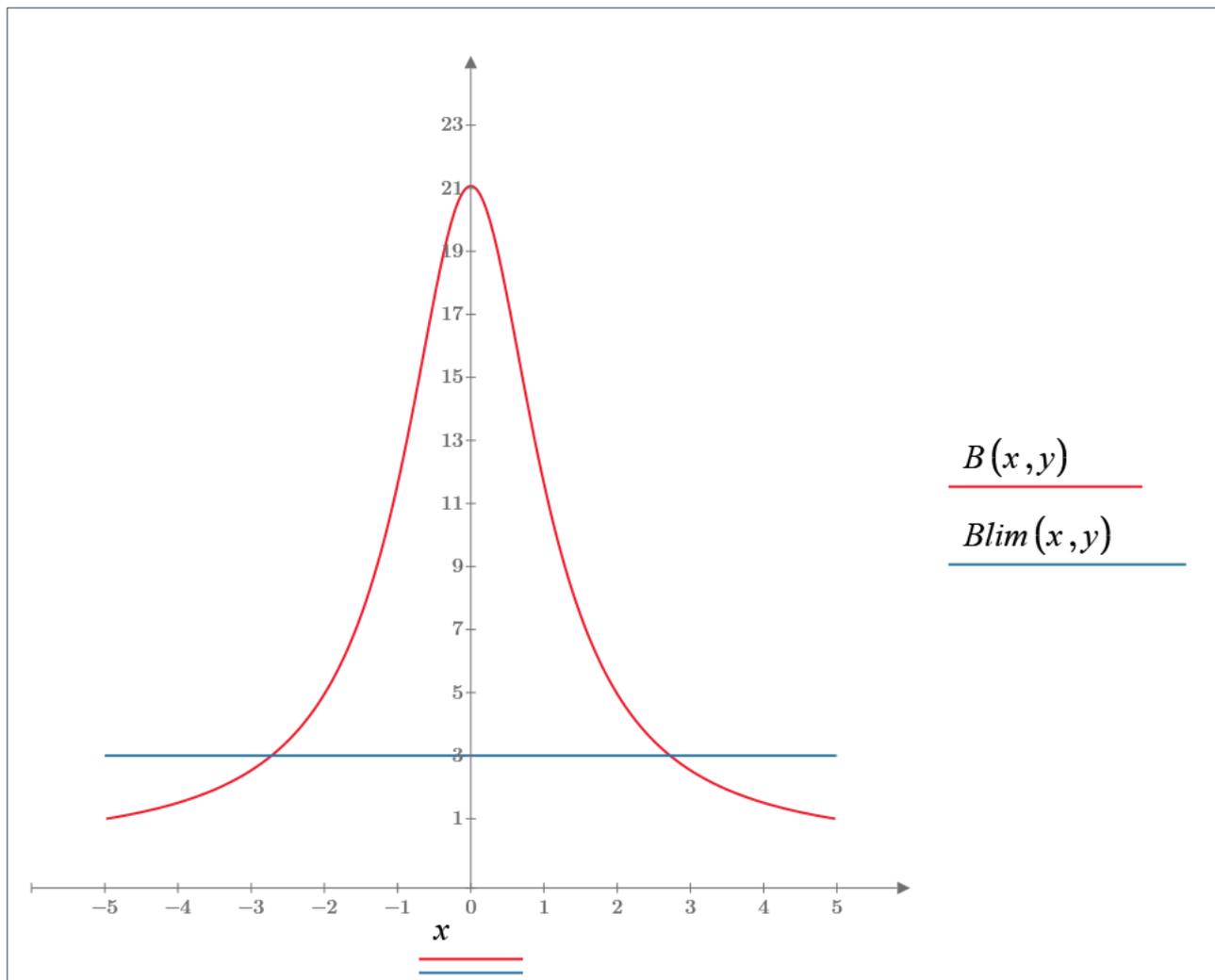


Figura 3-3 andamento del campo magnetico sezione 1: linea in cavo 132kV

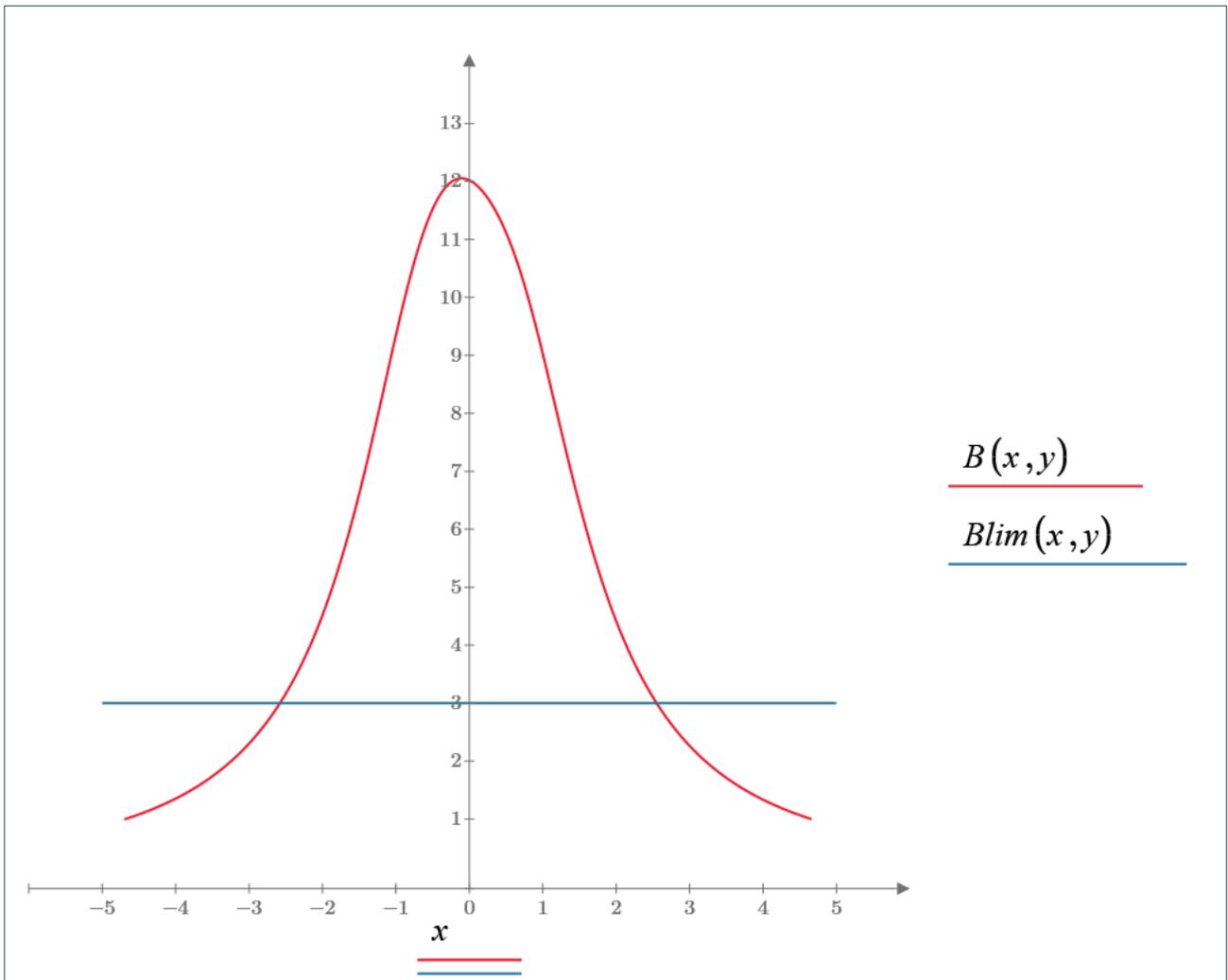


Figura 3-4 andamento del campo magnetico sezione 2: n. 4 dorsali 30 kV

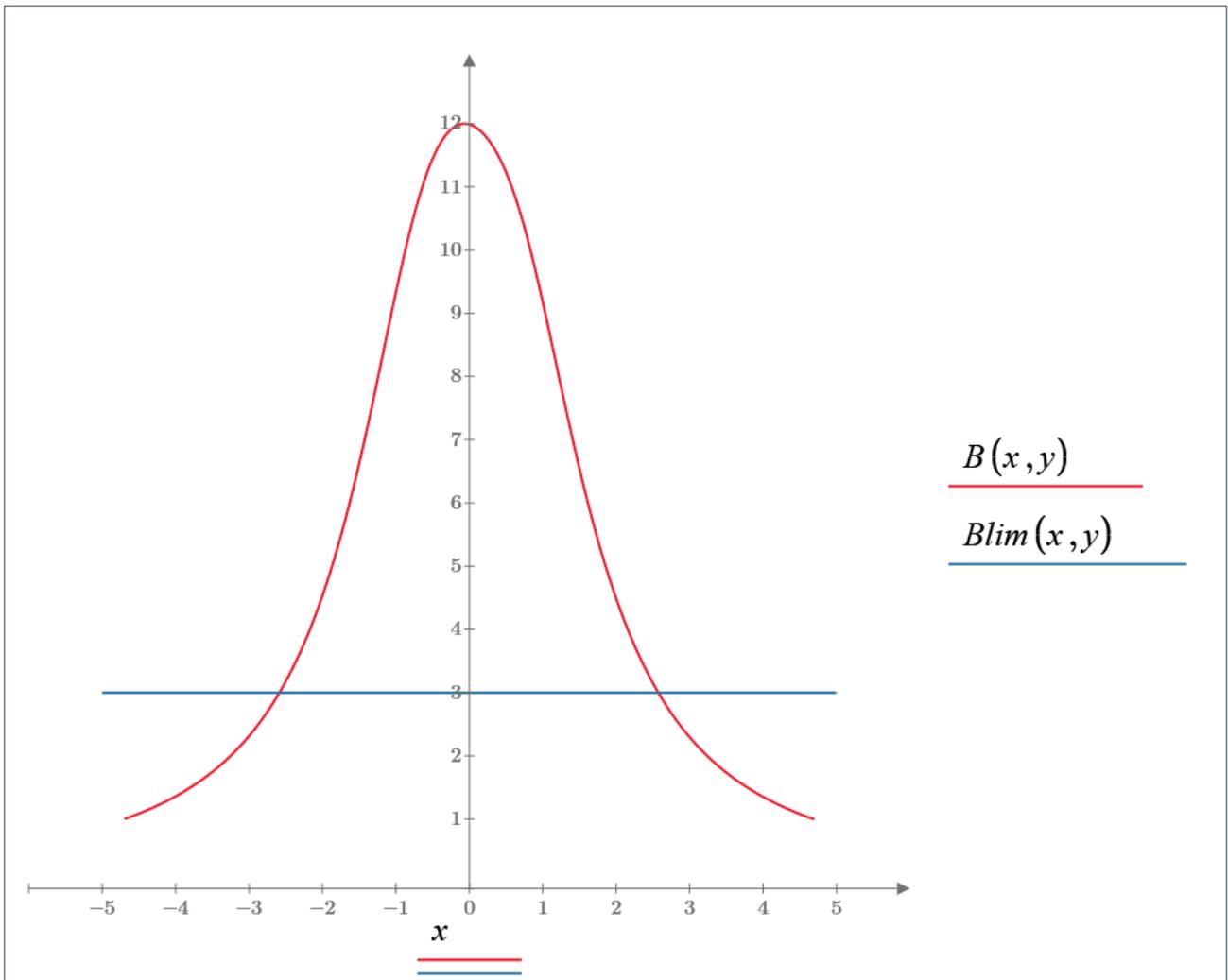


Figura 3-5 andamento del campo magnetico sezione 3: n.4 dorsali 30 kV

3.2 Determinazione delle fasce di rispetto

Nella tabella seguente viene mostrato il valore massimo del campo magnetico calcolato al livello del suolo per le diverse sezioni considerate e l'ampiezza delle fasce di rispetto dell'obiettivo di qualità di $3\mu\text{T}$.

Tabella 5-1 : Fasce di rispetto per l'obiettivo di qualità

Sezione	Descrizione	Massimo valore di campo magnetico [μT]	Larghezza fascia [m]
Sezione 1	Sezione attraversata da 1 linea AT	21,07	2,75
Sezione 2	Sezione attraversata da 4 dorsali MT	12,05	2,57
Sezione 3	Sezione attraversata da 4 dorsali MT	12,00	2,57

Per le dorsali 30 kV si riporta in cartografia la fascia di rispetto (per semplicità approssimata a 2,6 m dall'asse dello scavo) nella Tav. 51 a "Identificazione su catastale fasce di rispetto interne all'impianto agrivoltaico" da cui, come volevasi dimostrare, si evince che le fasce di rispetto non interessano zone esterne all'impianto (si segnala per altro che nelle adiacenze dell'impianto non sono presenti luoghi sensibili ai fini del DPCM 8/7/03 e quindi a maggior ragione vengono rispettati i limiti di legge).

Per il cavo 132kV la fascia di rispetto (per semplicità arrotondata a 3m dall'asse dello scavo) è stata riportata nella Tav. 51 b "Identificazione su catastale fasce di rispetto Linea di collegamento a 132 kV", in base alla quale si può concludere che nessun dei luoghi sensibili ai sensi del DPCM 8 luglio 2003 ricade all'interno delle fasce di rispetto e quindi l'impianto è pienamente conforme ai limiti di legge.

4 Campo magnetico delle cabine di conversione

Le cabine di conversione si trovano tutte all'interno dell'area del parco fotovoltaico, in aree accessibili ai soli lavoratori che svolgono prestazioni professionali a cui, come lo stesso DPCM 8/7/03 prevede all'art.1, non si applicano i limiti di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità, fissati per la protezione della popolazione.

Sulla base di una valutazione condotta secondo la metodologia del DPCM 29/05/08 (punto 5.2.1) e considerando la formula ivi riportata, la DPA corrispondente all'obiettivo di qualità di $3\mu\text{T}$ può essere stimata nell'ordine di pochi metri (inferiori a 10 m) dalla cabina di conversione (assimilabile ad una cabina box prefabbricata conforme agli standard nazionali del tipo considerato nel DPCM). Nel progetto in esame le cabine distano, nel caso più sfavorevole, almeno 20 m dalle aree esterne, per cui la fascia di rispetto interessa un'area nell'intorno della cabina ricadente dentro la superficie di pertinenza dell'impianto (si segnala per altro che nelle adiacenze dell'impianto non sono presenti luoghi sensibili ai fini del DPCM 8/7/03 e quindi a maggior ragione vengono rispettati i limiti di legge).

5 Campo magnetico nella Stazione Utente

La Stazione Utente è un'area recintata, non accessibile alla popolazione, al cui interno sono posizionate le seguenti apparecchiature elettromeccaniche:

- N.1 sistema di sbarre 132 kV;
- N.1 stallo arrivo linea in cavo;
- N. 2 stalli 132 kV di collegamento del trasformatore elevatore alle sbarre;
- N. 2 trasformatori elevatori 132/30 kV;
- N.1 stallo reattore di compensazione (eventuale);

Sono inoltre presenti due quadri elettrici 30 kV, all'interno di un edificio, a cui si collegano le dorsali 30 kV provenienti dal parco fotovoltaico e le linee in cavo di connessione ai trasformatori 132/30 kV. Ciascun quadro è costituito da un sistema di sbarre, interruttori e sezionatori elettrici interamente segregati all'interno di un involucro metallico messo a terra che scherma completamente il campo elettrico verso l'esterno.

La Stazione Utente è per la maggior parte del tempo non presidiata; la presenza continuativa di personale è normalmente richiesta per operazioni di manutenzione, per le quali tuttavia deve essere messa fuori servizio.

All'interno della stazione, luogo inaccessibile alla popolazione, la legislazione di riferimento è quella relativa alla protezione dei lavoratori nei luoghi di lavoro, in particolare il DLgs 159/2016, che ha recepito la Direttiva 35/2013/UE, con modifiche e integrazioni al DLgs 81/08.

Nella stazione il rispetto dei limiti di azione indicati del DLgs 159/2016 è garantito dalle guide della Commissione Europea¹¹ ed alla norma CEI EN 50449 12 (Appendice F), in cui è chiaramente indicato che:

- tutti i circuiti aerei con conduttori nudi sono conformi ai limiti di azione dei campi magnetici senza ulteriore considerazione
- le linee aeree funzionanti fino a 250 kV o sistemi di sbarre funzionanti fino a 200 kV, non producono campi elettrici al livello del suolo di ampiezze tali da superare il valore di azione².

Verificato quindi il rispetto della legislazione relativa alla protezione dei lavoratori, si è deciso comunque di valutare il campo magnetico prodotto all'interno della stazione per determinare eventuali fasce di rispetto da applicare all'esterno del perimetro della stazione.

A questo scopo le sorgenti principali considerate sono riconducibili alle correnti nei cavi 30 kV, nelle sbarre e nel cavo 132kV, e nelle sbarre del quadro 30 kV all'interno dell'edificio.

È stato quindi calcolato il valore del campo magnetico ad 1 m dal suolo per ciascuna delle seguenti sezioni rappresentate nella Figura 5-1, attraversate sia da linee in cavo (posate a -1,4 m dal piano della stazione), sia da montanti che collegano le apparecchiature elettromeccaniche (posizionati ad una quota di +4,5 m).

² Secondo le "Linee Guida per l'applicazione del punto 5.1.3 dell'allegato al DM 29/05/2008" elaborate da Enel, a valle di misure e valutazioni effettuate sulle proprie linee elettriche, "il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV non supera mai il limite di esposizione per la popolazione pari a 5 kV/m" quindi inferiore anche al limite per la popolazione.

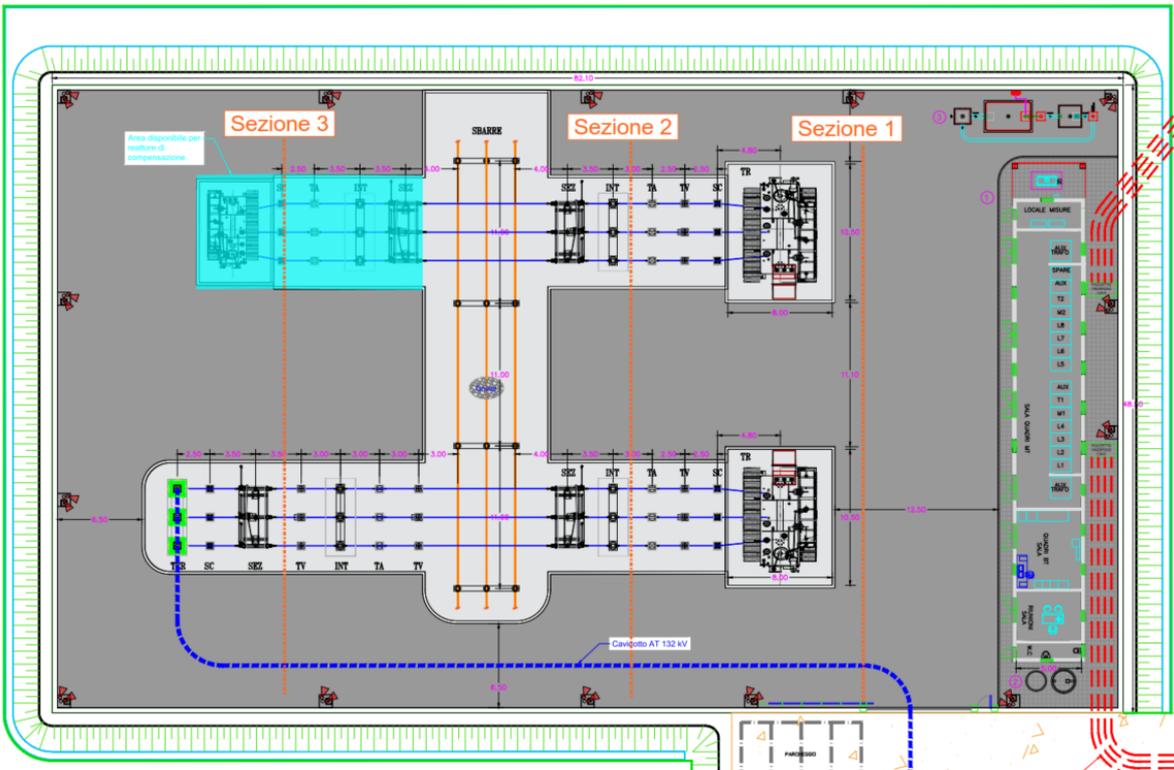


Figura 5-1 Individuazione grafica delle Sezioni analizzate per lo studio dei campi elettromagnetici

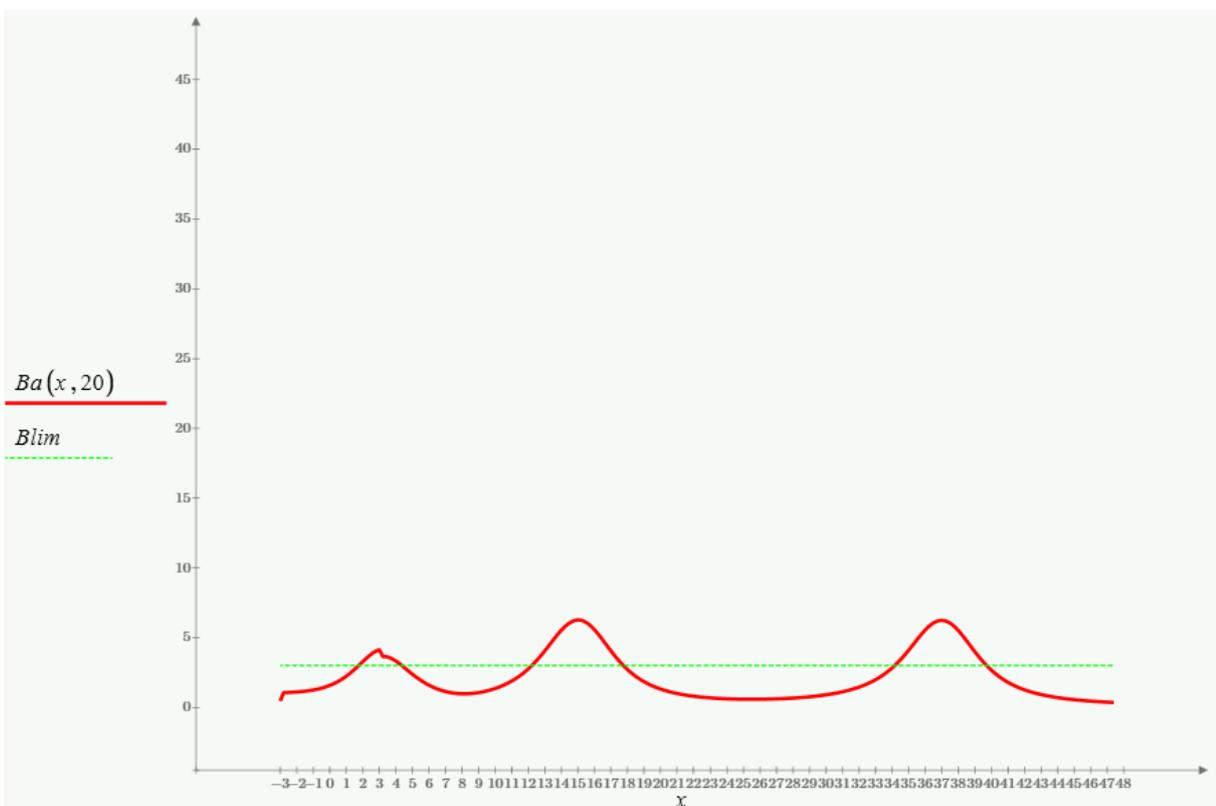


Figura 5-2 Sezione 1: cavo a 132 kV e dorsali 30 kV

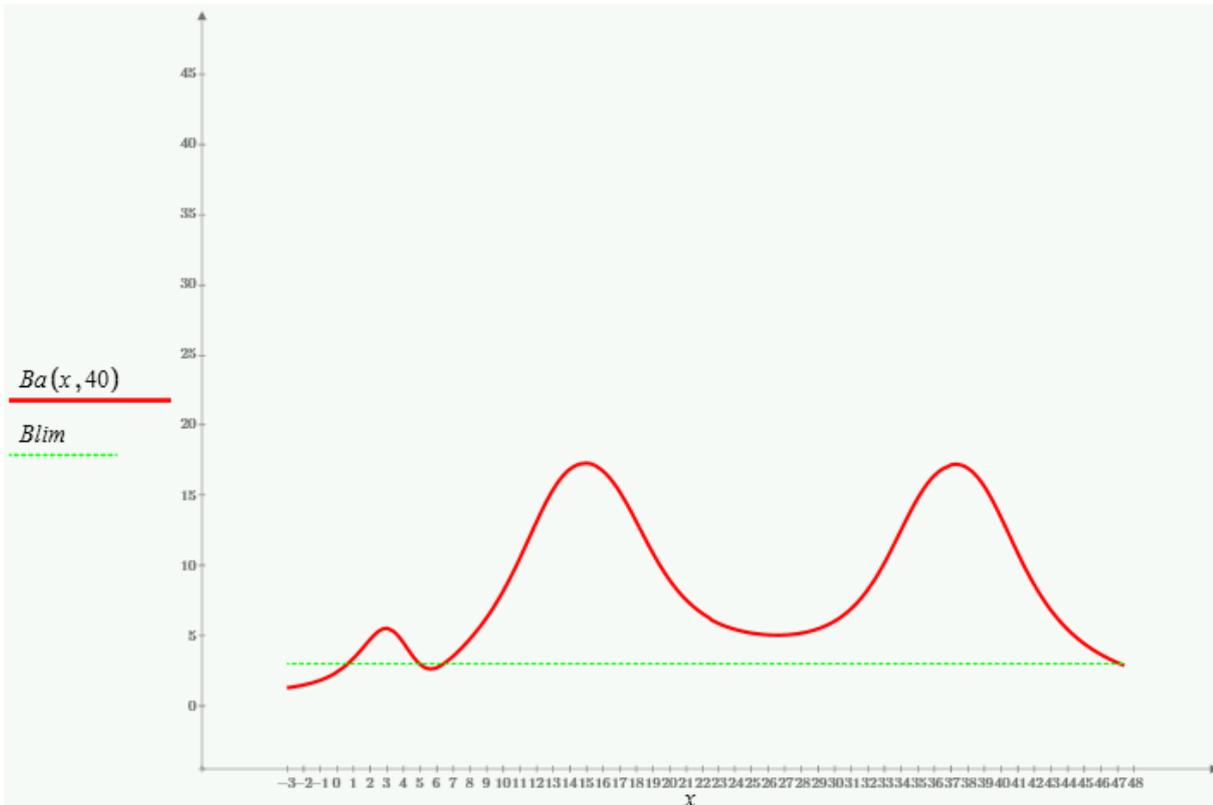


Figura 5-3 Sezione 2: cavo a 132 kV e montanti (dai trasformatori alle sbarre)

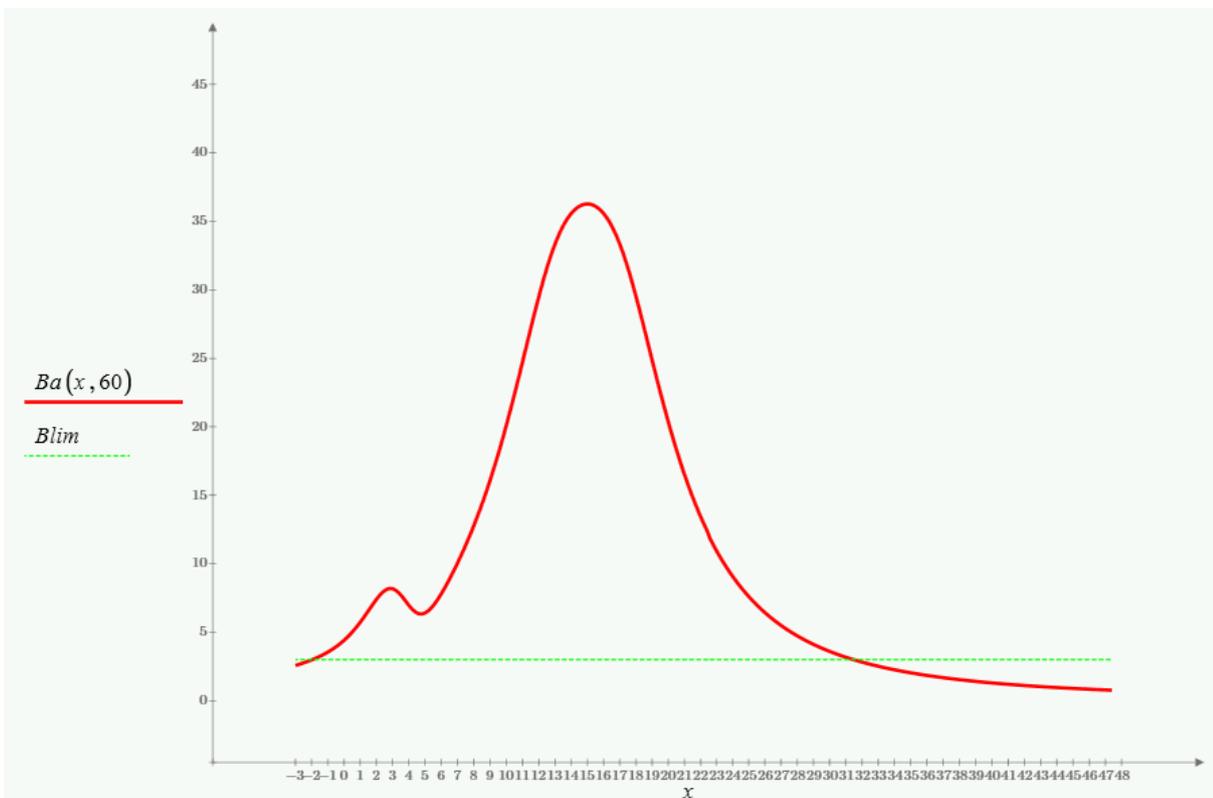


Figura 5-4 Sezione 3: cavo a 132 kV e montante (dalle sbarre ai terminali) e cavo AT

Nella Figura 5-2, Figura 5-3 e Figura 5-4 sono rappresentati i campi magnetici nelle 3 sezioni della stazione utente.

Come rappresentato nelle figure, in tutte le sezioni considerate il campo magnetico non supera mai il limite di esposizione ($100 \mu\text{T}$) e scende al di sotto dell'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$) entro il limite perimetrale della stazione (0-48 m), tranne che nel caso della Figura 5-4 in cui il campo magnetico è superiore al valore obiettivo fino a circa 2 m dalla recinzione sinistra.

Quindi, visto che quasi tutta l'area della stazione ricade nella fascia di rispetto, e considerato che nelle vicinanze del terminale e del cavo AT il campo magnetico calcolato si supera il limite di $3 \mu\text{T}$ anche all'esterno della stazione (2 m nel caso peggiore) è stato cautelativamente deciso di applicare una fascia di 2 metri attorno al perimetro.

Risultano ovviamente ampiamente verificati anche i limiti di esposizione previsti dal DLgs 159/2016 per i lavoratori per le aree interne all'impianto.

La fascia di rispetto è rappresentata nella Tav. 45 "Planimetria Stazione Utente con identificazione fasce di rispetto dei campi elettromagnetici", da cui si evince che all'interno della fascia non sono presenti potenziali recettori ai sensi DPCM 8 luglio 2003 .

6 Conclusioni

Lo studio ha evidenziato che all'interno delle fasce di rispetto generate dalle opere elettriche dell'impianto fotovoltaico "Argenta 2" è esclusa la presenza di recettori sensibili ai sensi del DPCM 8 luglio 2003 e quindi l'impianto è pienamente conforme ai limiti di legge.