



MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO
VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento

PARCO FOTOVOLTAICO
Relazione Tecnica di Valutazione Campi Elettromagnetici

Livello di Progetto

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO PROGETTUALE A LIVELLO MINIMO DI PROGETTO DI
FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO
PSA	00	MZARZO 2024	N/A	FLR-MPL-PSA-FTV1-005-FV-RT_Rel CEM
				TITOLO RIDOTTO
				Rel CEM

00	02/04/2024	EMMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	SGS	A. Bonciani	L.Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p>ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p>DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p> <p>PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</p>  <p>DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>
<p>POST HOLDER PROGETTAZIONE Ing. Lorenzo Tenerani</p> <p>POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito</p> <p>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini</p>	<p>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze n°4150</p>	<p>SUPPORTO SPECIALISTICO</p> 

SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
2.	LEGGI, NORME E REGOLAMENTI	3
2.1	NORME LEGISLATIVE	4
2.2	NORME TECNICHE.....	5
2.3	GUIDE ENEL.....	5
2.4	ALTRI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	5
2.5	DEFINIZIONI.....	5
3.	CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALL'IMPIANTO	6
3.1	CAMPI EM RELATIVI AI MODULI FOTOVOLTAICI	7
3.2	CAMPI EM RELATIVI AGLI INVERTER	7
3.3	CAMPI EM RELATIVI ALLE CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE DELL'IMPIANTO PV.....	8
3.4	CAMPI EM RELATIVI ALLE CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO	9
3.5	CAMPI EM RELATIVI ALLE LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA	10
3.5.1	CAVI ELETTRICI MT INTERNI PER IMPIANTO PV	10
3.5.2	CAVI ELETTRICI MT INTERNI PER IMPIANTO BESS	14
3.5.3	CAVI ELETTRICI MT ESTERNI.....	17
4.	CONCLUSIONI	19

1. PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di valutare l'impatto elettromagnetico relativo all'impianto fotovoltaico da installarsi presso l'aeroporto di Firenze "Amerigo Vespucci".

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza totale di 14 MW e saranno installati 25.814 moduli fotovoltaici. L'impianto si compone di n. 6 campi fotovoltaici, denominati rispettivamente "Campo FV-1" fino al "Campo FV-6", dislocati all'interno dell'area indicata nelle planimetrie di progetto.

Tale impianto presenterà anche un sistema di accumulo BESS (Battery Energy Storage System) costituito da n.6 container da 40ft di potenza totale 6MW e capacità di accumulo 14,400 MWh.

Oltre l'installazione dei moduli, del sistema di fissaggio e del sistema di accumulo è prevista la posa in opera di sistemi accessori quali cavidotti e cabine elettriche (n.6 per l'impianto fotovoltaico e n.3 per l'impianto di accumulo). Il parco fotovoltaico verrà collegato alla Cabina Primaria AT/MT di futura installazione, mediante un cavidotto interrato.

La relazione, in conformità al procedimento per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del D.M. 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), riporta il calcolo della distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche, e fornisce i valori della DPA per i cavidotti e le cabine elettriche strumentali all'impianto fotovoltaico in questione.

2. LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare, ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

In particolare nel DPCM 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", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

Per il progetto in oggetto si mettono in evidenza i seguenti articoli : "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 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1]; "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. 3, comma 2]; "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, è 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". [art. 4].

Ci fissiamo l'obiettivo quindi di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, questo in riferimento alla potenza massima erogabile dall'impianto fotovoltaico.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

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

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1-3	60	0.2	-
3 – 3000 <input type="checkbox"/>	20	0.05	1
3000 – 300000 <input type="checkbox"/>	40	0.01	4

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

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300)

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

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

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7.

2.1 Norme legislative

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001.
- DPCM 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" - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003.
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).

2.2 Norme tecniche

- CEI 211-6. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- CEI 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.
- CEI 106-11. Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6). Parte 1: linee elettriche aeree e in cavo.
- CEI 106-12. Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

2.3 Guide ENEL

- Enel. Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

2.4 Altri riferimenti bibliografici

- M. Bruni e altri. Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT). ARPA Emilia Romagna.
- G. Licitra, F. Francia, N. Colonna. Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche MT/BT di U.O. Fisica Ambientale Dipartimento ARPAT di Livorno.
- Stefano Cheli, Federica Fratini, Mauro Salvadori. Enel. Aspetti tecnici e autorizzativi per l'installazione di cabine secondarie nel rispetto dei limiti normativi esposizione a campi elettromagnetici. Metodologia di valutazione semplificata della fascia di rispetto (DPA). Padova 19/06/09.

2.5 Definizioni

Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto (Figura 3.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica \geq all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h) giornaliera.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu\text{T}$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17)

Distanza di prima approssimazione (DPA): Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto.

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia).

Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu\text{T}$.

Elettrodotta: insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

Linea: collegamenti con conduttori elettrici, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione;

Tronco: collegamento metallico che permette di unire due impianti (compresi gli allacciamenti);

Tratta: porzione di tronco di linea avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, meccanico e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN;

Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla trasformazione e/o conversione dell'energia elettrica transitante (Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie e Cabine utente).

Il DM 29.05.08 fornisce quindi le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, 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 in corrente continua**);
- 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.

3. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALL'IMPIANTO

Per quanto riguarda l'assoggettamento al D.M. 29.05.08 delle opere da realizzare nell'impianto fotovoltaico in questione, esso è suddivisibile nelle seguenti sezioni:

1. sezione impianto di generazione realizzata con moduli fotovoltaici e distribuzione elettrica in corrente continua, a tensione minore di 1500V c.c., tramite conduttori isolati;
2. sezione di conversione tramite inverter per passaggio da corrente continua a corrente alternata trifase in bassa tensione, 400 V-50Hz;
3. sezione di elevazione della tensione per raggiungere il valore di Media Tensione 15kV-50Hz nelle cabine di trasformazione (tramite trasformatore MT/BT) e loro successivo collegamento in MT con conduttori interrati.

4. Sezione di distribuzione dell'energia tra la cabina di interfaccia interna all'impianto realizzata mediante cavo interrato MT esercito a 15kV, fino al punto di consegna situato nella Cabina Primaria interna all'aeroporto.

Tenuto conto di quanto espresso precedentemente, la progettazione dell'impianto fotovoltaico in esame prevede quindi la realizzazione delle seguenti opere assoggettabili al DM 29.05.08:

- cabine di trasformazione MT/BT;
- cabina di interfaccia MT alla Sottostazione AT/MT;
- cavidotti interrati MT per la interconnessione delle cabine MT interne all'impianto con percorso interrato;
- cavidotti interrati MT per la interconnessione al punto di consegna.

3.1 Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici

Nei moduli fotovoltaico i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono quindi irrilevanti.

3.2 Campi EM relativi agli inverter

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

Gli inverter selezionati rispettano tutta la normativa vigente che prevede tra le varie cose l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, e ridottissime emissioni per evitare interferenze con altre apparecchiature o con la rete elettrica.

Tali normative di compatibilità elettromagnetica sono:

- CEI EN 50273 (CEI 95-9);
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65);
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10);
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31);
- CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28);
- CEI EN 55022 (CEI 110-5);
- CEI EN 55011 (CEI 110-6)

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

3.3 Campi EM relativi alle cabine elettriche di trasformazione dell'impianto PV

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali considerazioni riguardano le cabine elettriche di trasformazione. La principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT e quindi nel nostro caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori collocati all'interno delle stesse.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione, le cabine sono posizionate all'aperto a grandi distanze dai confini dell'impianto e normalmente non sono presidiate e accessibili solo da personale tecnico formato tramite chiavi.

L'impianto fotovoltaico afferisce a n. 6 cabine MT/BT (Power Station) dislocate nell'area del campo fotovoltaico.

Ciascuna cabina di conversione è quindi equipaggiata con n. 1 trasformatore di taglia 2000kVA oppure 2200kVA e n.1 UPS da 10 kVA, ed i quadri MT e BT.

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

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

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

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che il cavo scelto con sezione maggiore sul lato BT del trasformatore è $3 \times [(6 \times 300)] \text{ mm}^2$, con diametro esterno equivalente pari a circa 198 mm viene sotto riportata una tabella riassuntiva delle DPA da soddisfare per ogni PS che costituisce l'impianto fotovoltaico

	x [m]	I [A]	DPA [m]
PS1	0,198	2887	9,412486
PS2	0,198	3175	9,87081
PS3	0,198	2887	9,412486
PS4	0,198	3175	9,87081
PS5	0,198	2887	9,412486
PS6	0,198	3175	9,87081

3.4 Campi EM relativi alle cabine elettriche di trasformazione dell'impianto di Accumulo

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali considerazioni riguardano sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione. La principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT e quindi nel nostro caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori collocati nelle cabine di trasformazione stesse.

L'impianto di accumulo afferisce a n. 3 cabine BT/MT.

Ciascuna cabina di conversione è quindi equipaggiata con n. 1 trasformatore da 2500 kVA e n.1 UPS da 10 kVA, ed i quadri MT e BT.

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

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

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

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che il cavo scelto con sezione maggiore sul lato BT del trasformatore è $3 \times [(5 \times 300)] \text{ mm}^2$, con diametro esterno equivalente pari a circa 165 mm^2 viene sotto riportata una tabella riassuntiva delle DPA da soddisfare per ogni PS che costituisce l'impianto fotovoltaico

	x [m]	I [A]	DPA [m]
PS1	0,165	2220	7,501543
PS2	0,165	2220	7,501543
PS3	0,165	2220	7,501543

3.5 Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata

Come anticipato, per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è considerato il limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a $3 \mu\text{T}$.

Per gli elettrodotti è possibile valutare l'impatto elettromagnetico facendo riferimento al **metodo semplificato 2D** di calcolo proposto dalla norma CEI 106-11 per conduttori orizzontali paralleli *non elicordati*.

3.5.1 Cavi elettrici MT interni per impianto PV

Per le linee MT in questa fase progettuale sono stati considerati esclusivamente la seguente tipologia di cavi in rame per la rete di distribuzione interna al parco:

- Tensione di esercizio (U_e): 15 kV;
- Tipo di Cavo MT: unipolare
- Sigla di identificazione: RG7H1R 12/20 kV
- Sezione conduttori utilizzate: $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2)$ e $3 \times (2 \times 240 \text{ mm}^2)$

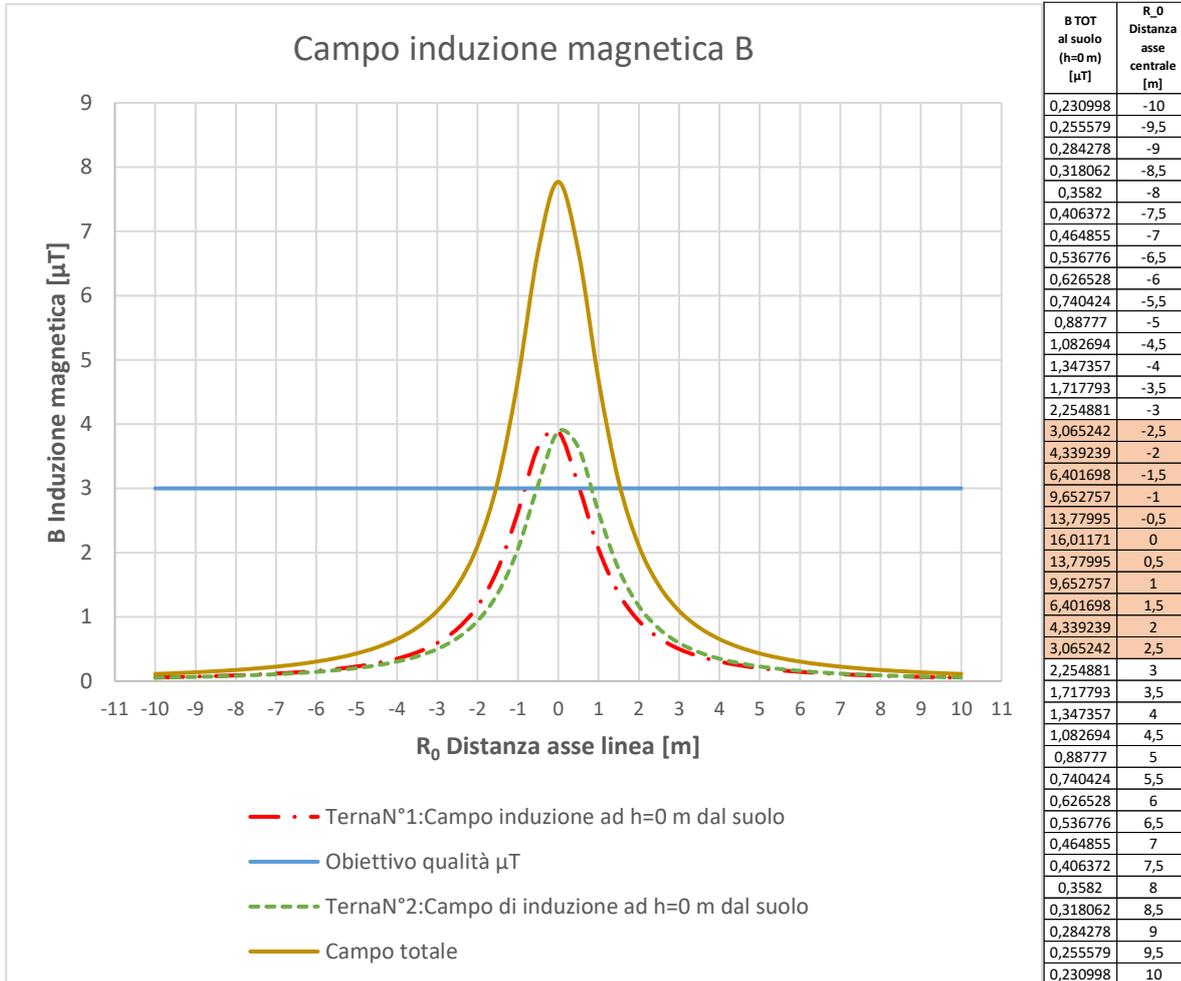
In questa fase progettuale le linee sono state dimensionate considerando esclusivamente cavi unipolari con le terne di cavi disposte a trifoglio.

Ai fini della simulazione, è stato preso come riferimento la corrente d'impiego del cavo.

È stata considerata solo una posa a trifoglio dei cavi, una distanza mutua tra i cavi pari 0,1 metri, e una profondità di interrimento pari a 1,2 metro.

I calcoli sono stati eseguiti utilizzando le relazioni previste dalla normativa CEI 106-11.

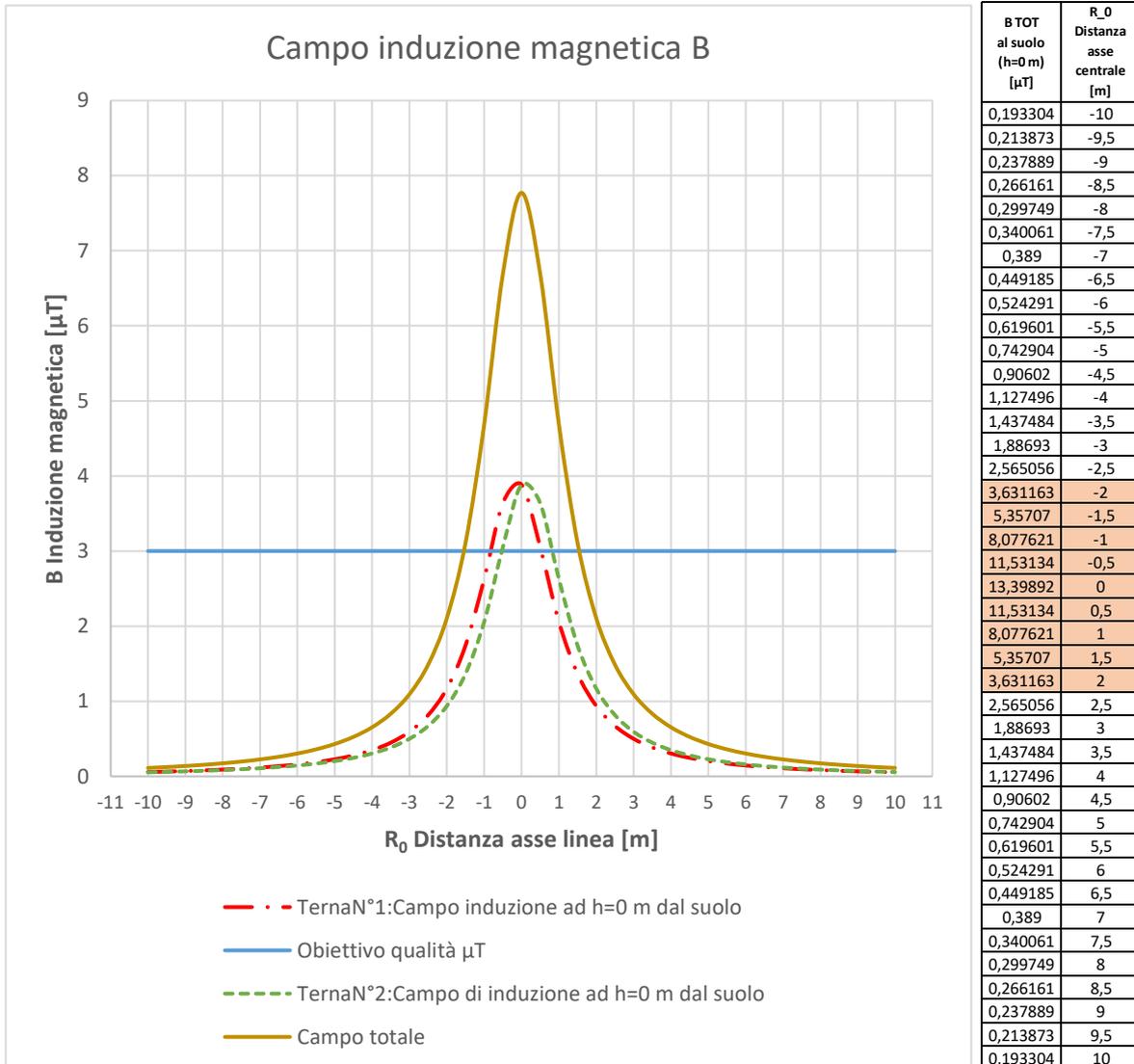
Nel caso del cavo di collegamento tra la cabina di consegna e PS1 viene utilizzata una doppia terna RG7H1R $3 \times (2 \times 240 \text{ mm}^2)$ con una corrente d'impiego $I = 478 \text{ [A]}$



La distanza di prima approssimazione (Dpa) risulta compresa tra i 2,5 e i 3 m.

Tenendo conto della larghezza della strada, il rispetto della distanza di prima approssimazione potrà essere garantito ampiamente centrando in fase costruttiva l'asse del cavidotto rispetto alla strada.

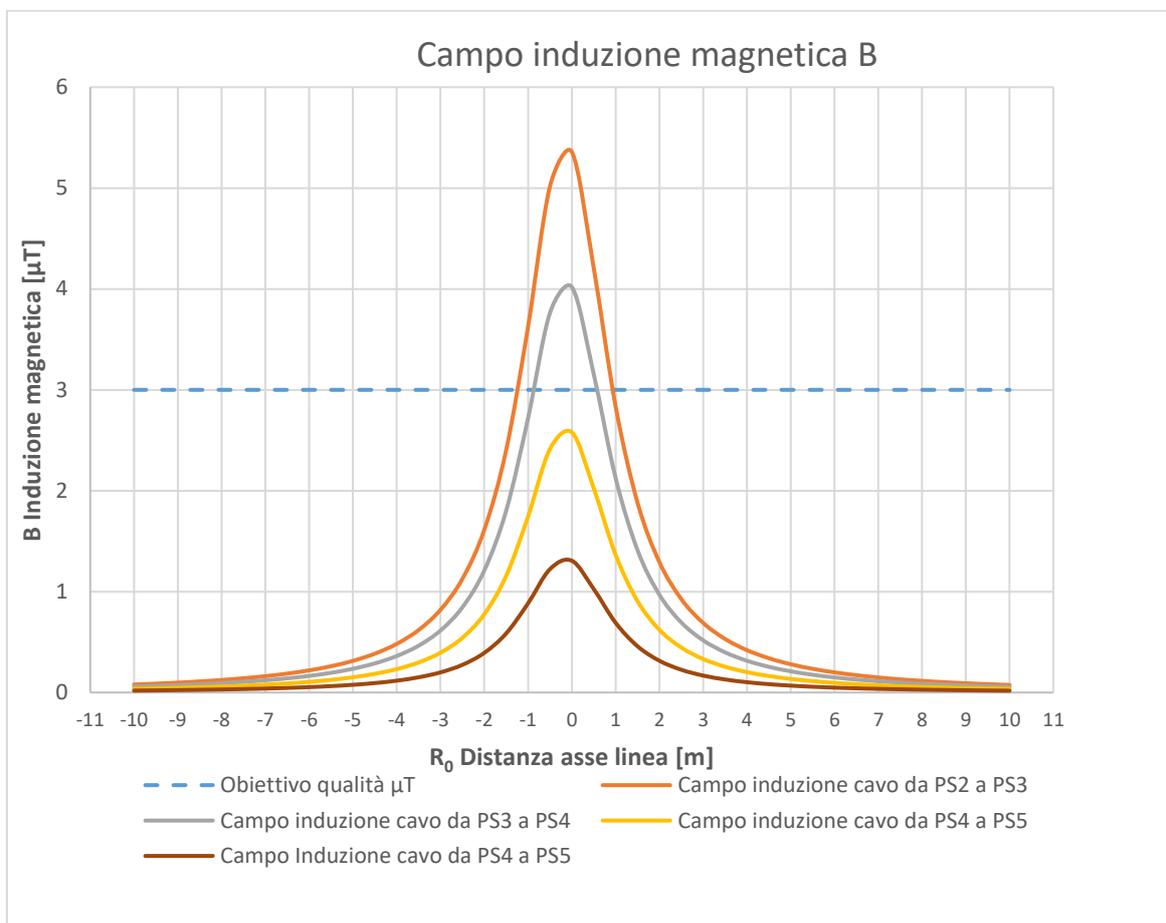
Nel caso del cavo di collegamento tra le cabine PS1 e PS2 dell'impianto fotovoltaico viene utilizzata una doppia terna RG7H1R 12/20kV 3x (2x240 mm²) con una corrente d'impiego I = 400 [A]



La distanza di prima approssimazione (Dpa) risulta compresa tra i 2 e i 2,5 m.

Tenendo conto della larghezza della strada, il rispetto della distanza di prima approssimazione potrà essere garantito ampiamente centrando in fase costruttiva l'asse del cavidotto rispetto alla strada.

Nel caso del cavo di collegamento tra la PS2 e PS3, tra la PS3 e PS4, tra la PS4 e PS5 e tra la PS5 e PS6 viene utilizzato una singola terna RG7H1R 12/20kV 3x (1x240 mm²)



CAMPO DI INDUZIONE B [μT] h=0m				
R₀ Distanza asse centrale [m]	B [μT] cavo da PS2 a PS3	B [μT] cavo da PS3 a PS4	B [μT] cavo da PS4 a PS5	B [μT] cavo da PS5 a PS6
-2,5	1,125797799	0,844348349	0,541790191	0,274413214
-2	1,612003533	1,209002649	0,7757767	0,392925861
-1,5	2,402564652	1,801923489	1,156234239	0,585625134
-1	3,624678463	2,718508847	1,74437651	0,883515375
-0,5	5,016554993	3,762416245	2,41421709	1,22278528
0	5,3595673	4,019675475	2,579291763	1,306394529
0,5	4,20851929	3,156389467	2,025349908	1,025826577
1	2,837417983	2,128063487	1,365507404	0,691620633
1,5	1,883091214	1,41231841	0,906237647	0,459003483
2	1,292926545	0,969694908	0,6222209	0,315150845
2,5	0,926247229	0,694685422	0,445756479	0,225772762

La distanza di prima approssimazione (Dpa) risulta compresa tra i 0 e i 1,5 m.

Tenendo conto della larghezza della strada, il rispetto della distanza di prima approssimazione potrà essere garantito ampiamente centrando in fase costruttiva l'asse del cavidotto rispetto alla strada.

3.5.2 Cavi elettrici MT interni per impianto BESS

Per le linee MT in questa fase progettuale sono stati considerati esclusivamente la seguente tipologia di cavi in rame per la rete di distribuzione interna al parco:

- Tensione di esercizio (U_e): 15 kV;
- Tipo di Cavo MT: unipolare
- Sigla di identificazione: RG7H1R 12/20 kV
- Sezione conduttori utilizzate: $3 \times (1 \times 95 \text{ mm}^2)$ e $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2)$

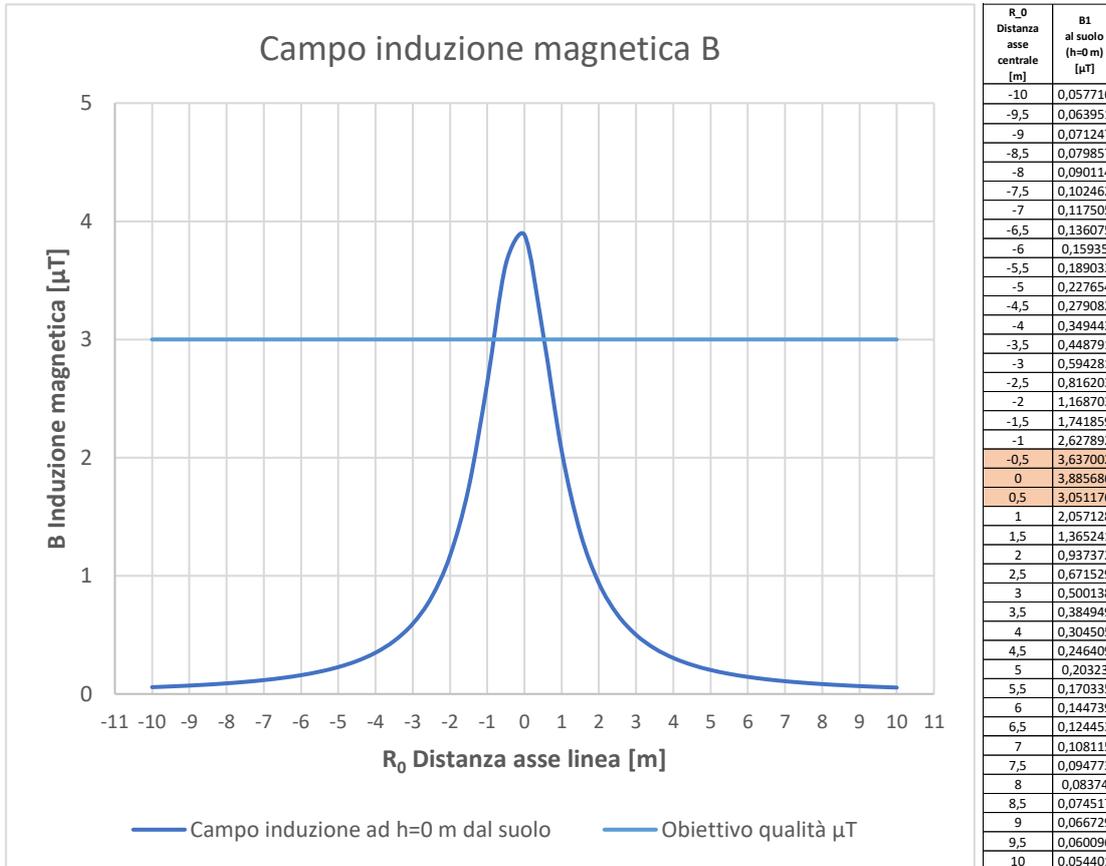
In questa fase progettuale le linee sono state dimensionate considerando esclusivamente cavi unipolari con le terne di cavi disposte a trifoglio.

Ai fini della simulazione, è stato preso come riferimento la corrente d'impiego del cavo.

È stata considerata solo una posa a trifoglio dei cavi, una distanza mutua tra i cavi pari 0,1 metri, e una profondità di interrimento pari a 1,2 metro.

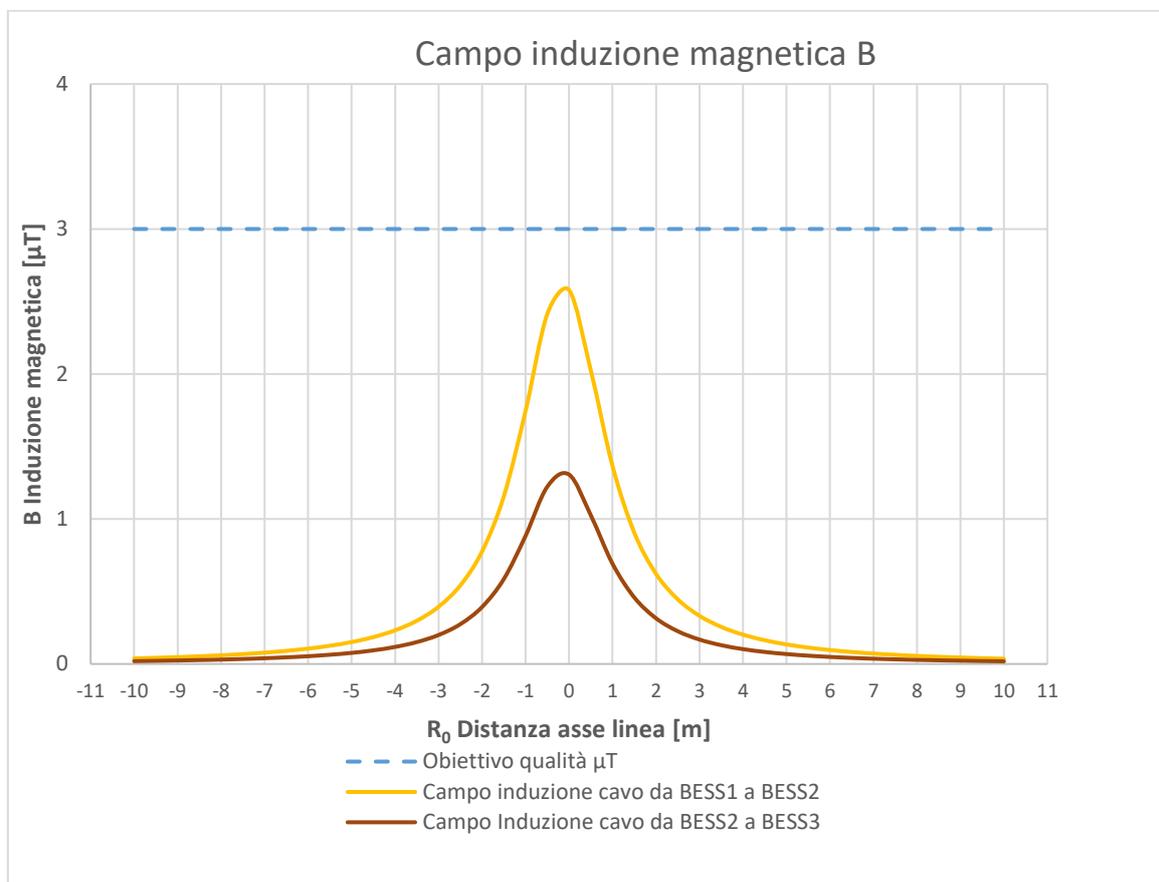
I calcoli sono stati eseguiti utilizzando le relazioni previste dalla normativa CEI 106-11.

Nel caso del cavo di collegamento tra la cabina di consegna e PS1 del Bess viene utilizzata una singola terna RG7H1R 12/20kV $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2)$ con una corrente d'impiego $I = 232 \text{ [A]}$



La distanza di prima approssimazione (Dpa) risulta compresa tra i 0,5 e i 1 m.

Nel caso del cavo di collegamento tra le ulteriori cabine che costituiscono l'impianto di accumulo viene utilizzata una singola terna RG7H1R 12/20kV 3x (1x95 mm²)



R ₀ Distanza asse centrale [m]	CAMPO DI INDUZIONE B [µT] h=0m	
	B [µT] cavo da BESS1 a BESS2	B [µT] cavo da BESS2 a BESS3
-2,5	0,541790191	0,274413214
-2	0,7757767	0,392925861
-1,5	1,156234239	0,585625134
-1	1,74437651	0,883515375
-0,5	2,41421709	1,22278528
0	2,579291763	1,306394529
0,5	2,025349908	1,025826577
1	1,365507404	0,691620633
1,5	0,906237647	0,459003483
2	0,6222209	0,315150845
2,5	0,445756479	0,225772762

In questo caso l'induzione è sempre minore del valore limite, non si dovrà dunque rispettare alcuna DPA.

3.5.3 Cavi elettrici MT esterni

Per le linee MT in questa fase progettuale sono stati considerati esclusivamente la seguente tipologia di cavi in rame per il collegamento tra la cabina di consegna e la cabina primaria:

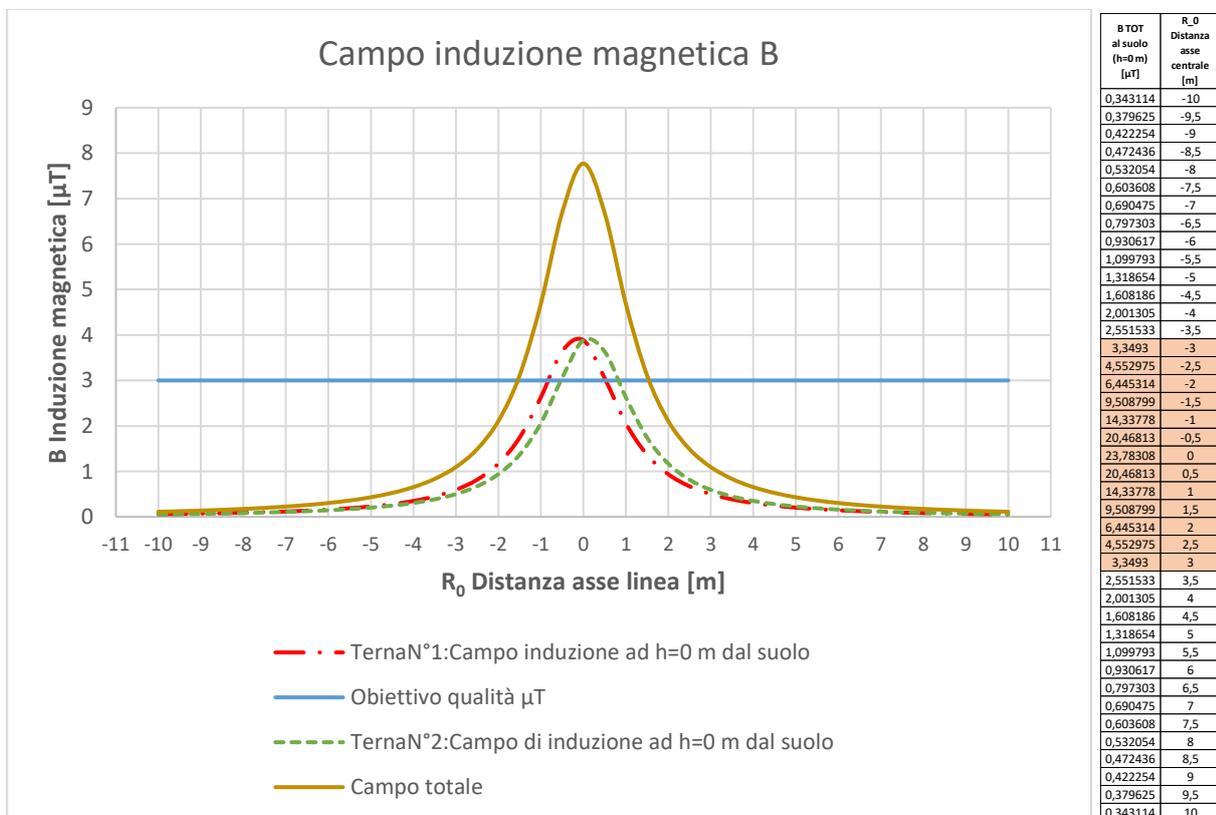
- Tensione di esercizio (Ue): 15 kV;
- Tipo di cavo Cavo MT: unipolare
- Sigla di identificazione: RG7H1R 12/20 kV
- Sezione conduttori utilizzate: 3x(2x300 mm²)

In questa fase progettuale le linee sono state dimensionate considerando esclusivamente cavi unipolari con le terne di cavi disposte a trifoglio.

Ai fini della simulazione, è stato preso come riferimento corrente d'impiego del cavo.

È stata considerata solo una posa a trifoglio dei cavi, una distanza mutua tra i cavi pari 0,1 metri, e una profondità di interrimento pari a 1,2 metro.

I calcoli sono stati eseguiti utilizzando le relazioni previste dalla normativa CEI 106-11.



La distanza di prima approssimazione (Dpa) risulta compresa tra i 3 e i 3,5 m.

Tenendo conto della larghezza della strada, il rispetto della distanza di prima approssimazione potrà essere garantito ampiamente centrando in fase costruttiva l'asse del cavidotto rispetto alla strada.

4. CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi dell'impianto fotovoltaico in progetto.

L'impianto fotovoltaico presenta sezioni funzionanti in corrente continua o a frequenza industriale 50 Hz, con tensioni limitate ad impianti di I categoria (circuiti alimentati a tensione nominale non superiore a 1000 V c.a. e 1500 V c.c), con l'eccezione dello stadio finale di elevazione alla Media Tensione a 15kV.

La parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- cabine di trasformazione MT/BT;
- cabina MT di consegna di impianto;
- cavidotti interrati MT per la interconnessione delle cabine MT interne all'impianto con percorso interrato;
- cavidotti interrati MT per la interconnessione della cabina di consegna interna all'impianto con in punto di allaccio di e-distribuzione.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto dalle opere assoggettabili al DM 29.05.08 si può concludere che:

1. Per le linee MT relative alle connessioni tra le cabine di trasformazione MT/BT dell'impianto fotovoltaico e la cabina di consegna la DPA si può assumere al massimo pari a 3 m
2. Nel caso delle cabine elettriche di trasformazione BT/MT dei sottocampi dell'impianto fotovoltaico, la DPA si può assumere al massimo pari a 9,8 m;
3. Per le linee MT relative alle connessioni interne tra le cabine di trasformazione MT/BT dell'impianto di accumulo includendo la connessione alla cabina di consegna, la DPA si può assumere al massimo pari a 1 m
4. Nel caso delle cabine elettriche di trasformazione BT/MT dell'impianto di accumulo, la DPA si può assumere pari a 7,5 m;
5. All'interno delle succitate DPA, ricadenti all'interno di aree entro la quale non è consentito l'accesso al pubblico, non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

Si esclude quindi la presenza di recettori sensibili entro le fasce descritte sopra.

Si soddisfa quindi l'obiettivo qualità fissato dal DPCM 8/08/2003.

Invece per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo e conforme agli standard per quanto concerne questo tipo di opere.