

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Provincia di Piacenza
Comune di Podenzano

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE DELLA POTENZA DI PICCO DI 7,98 MW_p ED OPERE CONNESSE, DA REALIZZARE NELLA CONTRADA MAIANO DI SOTTO DEL COMUNE DI PODENZANO

PROPONENTE



GPC SETTE s.r.l.
via Sardegna 69
00187 Roma

ELABORATO

Relazione sugli effetti elettromagnetici

R.13

PROGETTISTA

ing. giuseppe pipitone
via libero grassi, 8
91011 alcamo (tp)
e-mail: ing.giuseppepipitone@gmail.com



GRUPPO DI LAVORO

- **sinergo**

Sinergo Spa - via Ca' Bembo, 152
30030, Maerne di Martellago - Venezia - Italia
www.sinergospa.com - info@sinergospa.com

Ingegnere Filippo Bittante

- Dott. Geol. M. Mannini

00	novembre 2024	Prima emissione	Giuseppe Pipitone		
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
FORMATO ISO A4 - 297 x 210					

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. FINALITÀ	6
4. ANALISI	6
4.1 CABINE DI TRASFORMAZIONE	6
<i>Cabina di trasformazione campo fotovoltaico</i>	7
4.2 CAVIDOTTI MT	9
4.3 LINEA MT IN USCITA DAL TRASFORMATORE	10
4.4 LINEA MT IN USCITA DAL QUADRO DI PARALLELO DEI CAMPI FOTOVOLTAICI	11
5. CONCLUSIONI	13

1. PREMESSA

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 7.980 kWp, di tipo grid-connected in modalità trifase.

L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato su inseguitori monoassiali fissati al terreno attraverso l'infissione di profilati metallici con altezza al mozzo di 1,60 m circa al fine di lasciare uno spazio libero al di sotto dei moduli per la pulizia e sfalcio del terreno al di sotto degli inseguitori.

L'area in oggetto ricade nella Carta Tecnica Regionale n. 264024.

Dal punto di vista catastale, l'impianto di produzione ricade all'interno del seguente foglio di mappa del Comune di Podenzano:

- Foglio 36, p.lle nn° 61-62-335.

L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato su inseguitori monoassiali fissati al terreno attraverso l'infissione di profilati metallici con altezza al mozzo di 1,60 m circa al fine di lasciare uno spazio libero al di sotto dei moduli per la pulizia e sfalcio del terreno al di sotto degli inseguitori.

L'energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai 4 gruppi di conversione (inverter centralizzati) distribuiti all'interno di n. 2 Power Station (PS-1 e PS-2) posizionate in maniera pressoché baricentrica rispetto ai n. 4 sottocampi in cui l'impianto è suddiviso (rif. Elaborato grafico "Tav. 2-2-1 - Suddivisione sottocampi – percorso cavi MT rev00").

Da tali 2 Power Station, infine, tramite collegamenti interrati in MT del Produttore, l'energia verrà adottata fino alla Cabina Utente e quindi alla adiacente Cabina di Consegna ubicata sulla particella 520 del medesimo foglio catastale 36 del Comune di Podenzano, con accesso per il

Distributore dalla viabilità pubblica su specifica servitù di accesso che sarà concessa dal Produttore.

La consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto avverrà conformemente al preventivo di connessione (Soluzione Tecnica Minima Generale) trasmesso da E-distribuzione S.p.A. in data 28/06/2024 ed avente codice di rintracciabilità 424096225. In particolare l'energia prodotta dal nuovo impianto sarà collegata in antenna, tramite cavidotto interrato, da Cabina Primaria esistente AT/MT "GRAZZANO VISCONTI" di e-distribuzione S.p.A.

Il campo fotovoltaico risulterà suddiviso in 4 sottocampi collegati a 2 Power Station come da tabella di seguito riportata:

SUDDIVISIONE SOTTOCAMPI			
Campo	Power Station	Sottocampi	n. pannelli
FV PODENZANO	PS1	1.1	3 192
		1.2	3 192
	PS2	2.1	3 192
		2.2	3 192
		Totali	12 768

Tabella 1 - Suddivisione impianto in sottocampi

I moduli saranno collegati in serie per formare una stringa, che, a sua volta collegata in parallelo con altre stringhe, andrà a costituire un sottocampo; più sottocampi infine, collegati in parallelo nei quadri di campo, convoglieranno l'energia prodotta in c.c. alle n. 2 power station dislocate all'interno del campo fotovoltaico in maniera pressoché baricentrica.

Tali power station, denominate PS1 e PS2, sono composte ciascuna da n. 2 inverter, che convertiranno l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici da corrente continua in corrente alternata, e da n. 2 trasformatori bt/Mt che eseguiranno la trasformazione in media tensione a 15.000 V dell'energia prodotta. Complessivamente saranno quindi installati all'interno del campo

di produzione **n° 4 trasformatori in resina a bassissime perdite da 1.600 kVA ciascuno.**

L'impianto in oggetto è un impianto di produzione di **categoria II** con connessione in Media Tensione a **15 kV** e **50 Hz** con cabina propria di nuova installazione.

2. Normativa di riferimento

Si riportano di seguito i principali riferimenti Legislativi e Normativi sull'argomento:

DL 81/2008 del 09/04/2008 - Testo Unico in materia di sicurezza sui luoghi del lavoro;

attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n° 123;

Legge N°186 del 1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici;

Legge N°791 del 18/10/1977 Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;

DM N°37 del 22/01/2008 (Nuova Legge 46/90) Norme per la sicurezza degli impianti;

DL 29/05/2008 Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (Supplemento ordinario N°160 alla Gazzetta Ufficiale 5 Luglio 2008 N°156);

DPCM 08/07/2003 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;

DK 5600 – Giugno 2006 Ed. V – Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT di distribuzione (riferimento oramai superato dalla CEI 0-16 ma richiesto da ENEL nella redazione della sua pratica);

CEI 11-1 e sua variante V1 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata (EX SC 11A);

CEI 11-37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;

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 17-13/1 (CEI EN 60439-1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);

EI 44-5 (CEI EN 60204-1) Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine;

EI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 100 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua;

CEI 81-10/1/2/3/4 (CEI EN 62305-1-2-3-4) Protezione contro i fulmini;

CEI 0-14 DPR 22 ottobre 2001, n.462. Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;

CEI 0-15 Manutenzione delle cabine elettriche MT/Bt dei clienti/utenti finali.

3. Finalità

Lo scopo progettuale è quello di fornire una relazione di calcolo previsionale del campo magnetico prodotto da ciascuna cabina BT/MT prevista nell'impianto, in applicazione del DPCM 08/08/2003.

In attuazione della legge 22/02/2001 n.36, con il DPCM 08/08/2003 sono stati stabiliti i seguenti limiti relativi all'induzione magnetica:

- Limiti di esposizione, con riferimento agli effetti acuti: **100 μT** ;
- Valori di attenzione, per prevenire eventuali effetti a lungo termine nei luoghi occupati dalle persone almeno 4h/g: **10 μT** ;
- Obiettivi di qualità, al fine di limitare l'esposizione nei nuovi impianti e costruzioni: **3 μT** .

4. Analisi

4.1 Cabine di trasformazione

Per le cabine presenti è possibile estrapolare le curve isomagnetiche a varie distanze, applicando la seguente formula, valida prendendo come riferimento il centro del trasformatore, ovvero il luogo di una cabina elettrica ove il campo magnetico risulta più elevato.

$$B = 5 \times \frac{U_{cc}}{6} \times \sqrt{\frac{S_r}{630} \times \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}}$$

dove:

- **B** è l'induzione magnetica;
- **U_{cc}** è la tensione percentuale di cortocircuito del trasformatore;
- **S_r** è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- **a** è la distanza dal trasformatore in metri.

Cabina di trasformazione campo fotovoltaico (Power Station)

Ogni campo fotovoltaico è dotato di 2 cabine di trasformazione BT/MT (Power Station) contenenti ciascuna n. 2 trasformatori da 1.600 kVA ciascuno, aventi quindi le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE TRASFORMATORI		
Potenza nominale	kVA	3.200
Frequenza nominale	Hz	50
Tensione nominale primaria	kV	15
Tensione nominale secondaria a vuoto	V	590
Tensione di isolamento primario	kV	17,5/50/95
Tensione di isolamento secondario	kV	1,1 – 3
Tensione di cortocircuito $V_{cc}\%$	%	6
Perdite a vuoto P_0	W	540
Perdite in cortocircuito P_{cc} (120°)	W	3.140
Corrente a vuoto I_0	%	2,50
Simbolo di collegamento		Dyn11

Tabella 1. Caratteristiche del trasformatore di campo

Applicando l'espressione matematica al nostro caso in esame è possibile ottenere quanto segue:

DISTANZA a [m]	INDUZIONE MAGNETICA B [μT]
1	242,32
1,25	129,73
1,5	77,86
1,75	50,57
2	34,79
2,25	25,02
2,5	18,63
2,75	14,26
3	11,18
3,25	8,94
3,5	7,26
3,75	5,99
4	5,00
4,25	4,22
4,5	3,59
4,75	3,09
5	2,67

Tabella 2. Variazione dell'induzione magnetica con la distanza

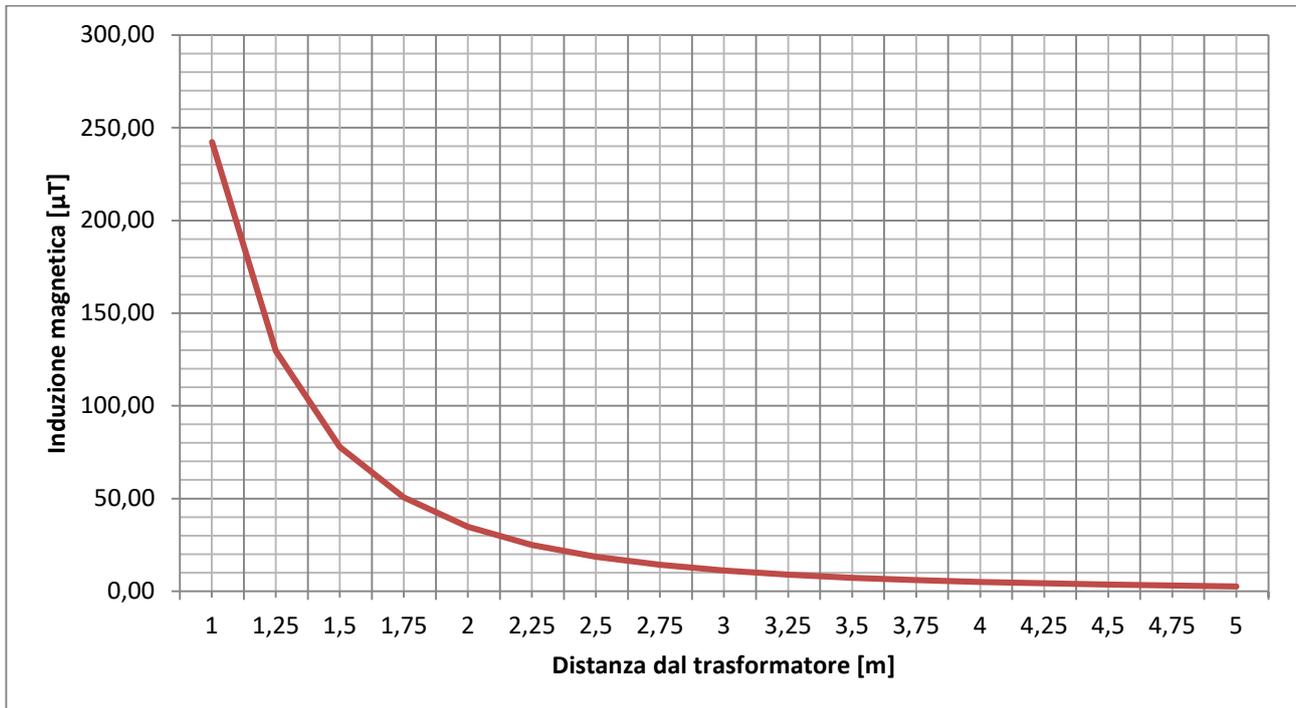


Figura 1. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal trasformatore

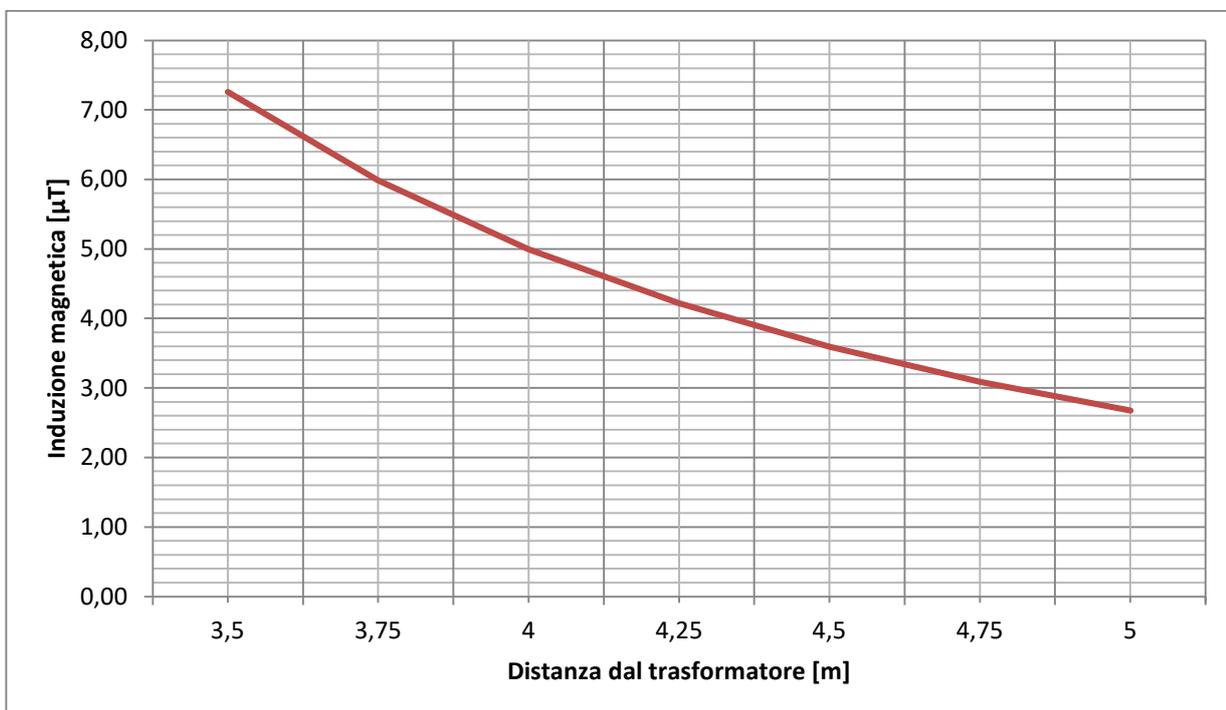


Figura 2. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal trasformatore

Tale analisi mostra che in riferimento alla cabina ed al trasformatore previsto, l'induzione magnetica scende sotto il valore di $3 \mu\text{T}$ ad una distanza di **4,80**

m circa. Tale valore sarà arrotondato per eccesso a **5,00 m** in via cautelativa.

L'impianto fotovoltaico, per la sua stessa natura, non è presidiato continuamente da personale anche perché dotato di sistemi di telecontrollo e di gestione remota, ed inoltre i valori considerati si riferiscono ad una situazione che è possibile verificarsi per qualche ora al giorno e per qualche periodo dell'anno.

4.2 Cavidotti MT

Con riferimento ai cavi MT interrati e per un sistema trifase bilanciato (corrente nulla al centro stella) come nel nostro caso, il campo di induzione magnetica **B** ad una certa distanza **r** può essere calcolato con la formula:

$$B = 0,346 \times \frac{(I \times D)}{r^2}$$

e quindi

$$r = \sqrt{0,346 \times \frac{(I \times D)}{B}}$$

dove:

- **B** è l'induzione magnetica espressa in [μT];
- **I** è la corrente che percorre il cavo in [A];
- **D** è la distanza tra i conduttori espressa in [m];
- **r** è la dalla conduttura espressa in [m].

Nel nostro caso ponendo **B = 3 μT** , che indica il valore dell'induzione magnetica per il quale è rispettato il limite normativo di qualità.

Gli impianti, nel loro complesso, avranno due tipo di cavidotti MT:

1. in uscita dai trasformatori BT/MT da **3.200 kVA** a **15 kV** realizzati con linee in cavo da **2x95 mm²**;

2. in uscita dal quadro di parallelo MT dei campi fotovoltaici realizzate con linea in cavo da **240 mm²**.

Quest'ultima sarà percorsa da una corrente quadrupla rispetto a quella circolante nei conduttori delle linee MT in uscita dai singoli trasformatori. Per semplicità si farà riferimento, in maniera cautelativa, alla corrente nominale del trasformatore sul lato secondario a 15 kV.

La corrente nominale I del trasformatore si calcola con la seguente formula:

$$I = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U_r}$$

dove:

- S_r è la potenza apparente nominale del trasformatore espresso in [VA];
- U_r è la tensione nominale di riferimento (**15.000 V** lato MT).

Questa sarà la corrente che attraverserà i conduttori MT in uscita dal trasformatore di ogni singolo campo (valore massimo ipotizzato in via cautelativa), pari a **121,24 A**.

4.3 Linea MT in uscita dal trasformatore

Per quanto riguarda la linea MT in cavo interrata in uscita dal trasformatore, ipotizzando una distanza D tra i conduttori di circa **0,05 m (5 cm)**, avendo calcolato una corrente I pari a **121,24 A**, la distanza minima r dovrà essere pari a **0,83 m**.

In considerazione della profondità di posa dei cavi MT prevista in fase progettuale e pari a **0,90 m** circa, sulla superficie calpestabile avremo un valore di induzione magnetica inferiore al valore di **3 μT**.

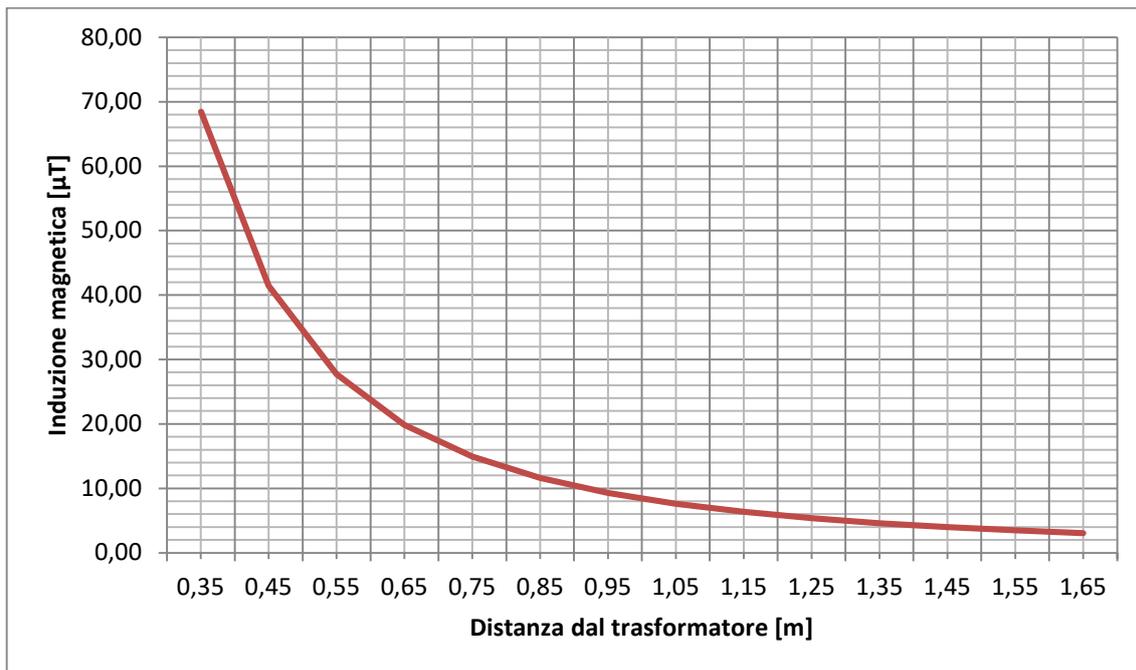


Figura 3. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

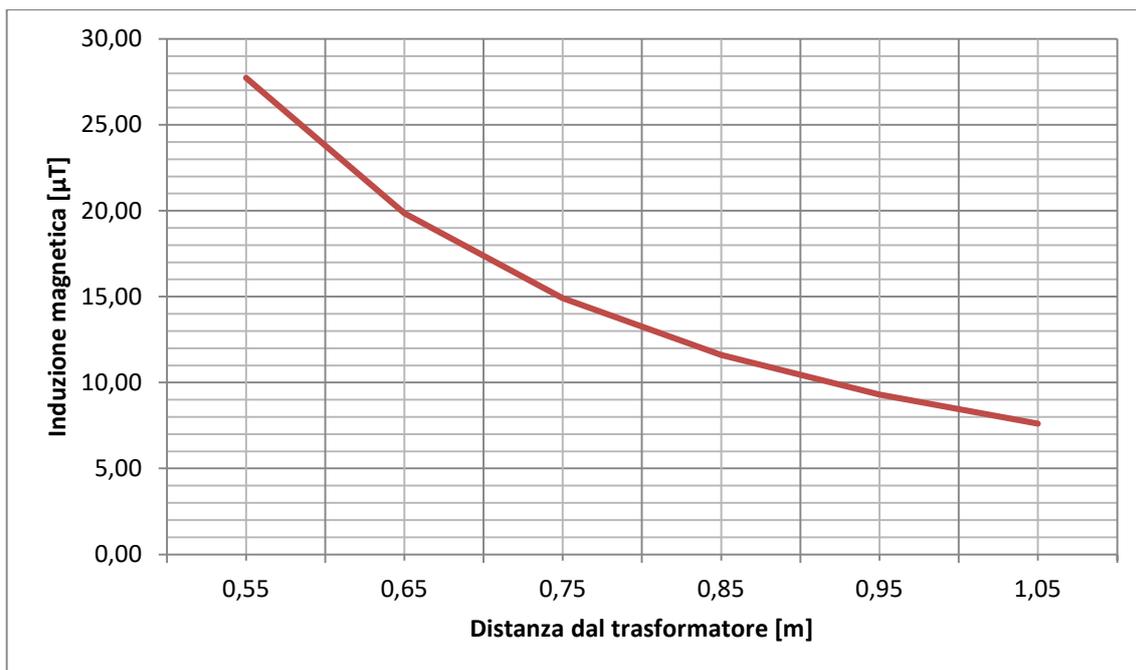


Figura 4. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

4.4 Linea MT in uscita dal quadro di parallelo dei campi fotovoltaici

Per quanto riguarda la linea MT in cavo interrata in uscita dal quadro di parallelo MT, ipotizzando una distanza D tra i conduttori di circa **0,1 m (10**

cm), essendo la corrente I in valore doppio rispetto al caso precedente e dunque pari a **242,48 A**, la distanza minima r dovrà essere pari a **1,67 m**.

In considerazione della profondità di posa dei cavi MT prevista in fase progettuale e pari a **0,90 m** circa, sulla superficie calpestabile avremo una distanza minima di rispetto pari a circa **1,45 m** per ottenere un valore di induzione magnetica inferiore al valore di **3 μT** .



Figura 5. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

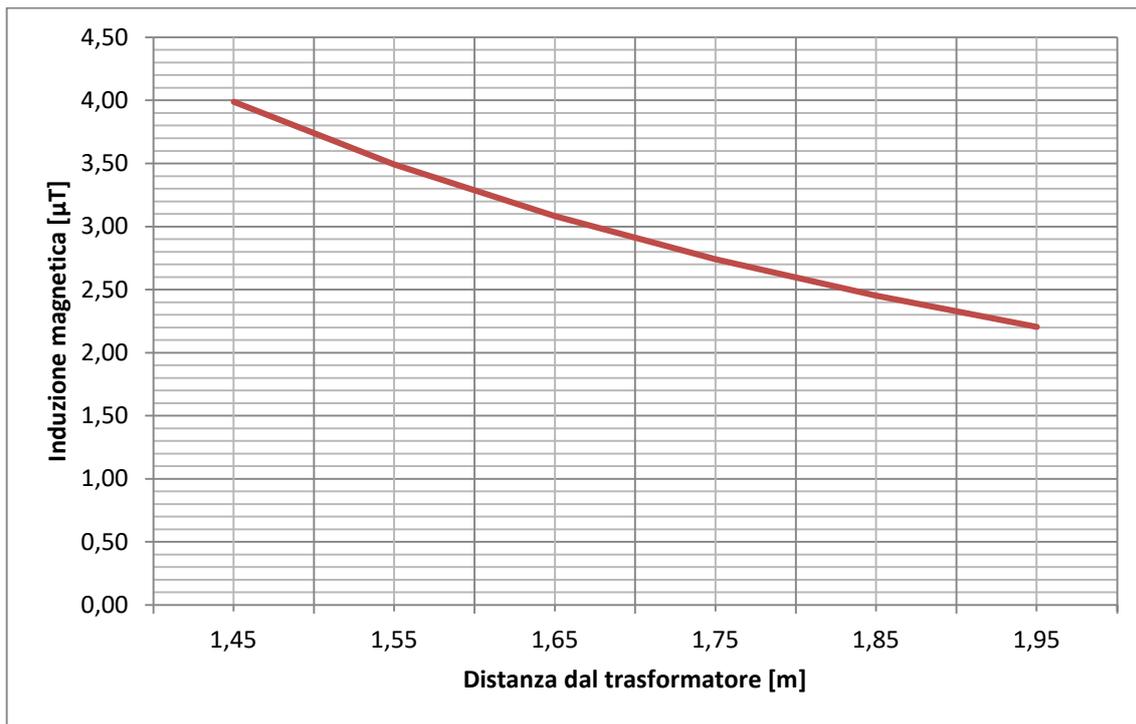


Figura 6. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

5. Conclusioni

Secondo quanto esplicitato nei paragrafi precedenti, si precisano i seguenti aspetti prima di formulare le conclusioni:

1. Le cabine che saranno realizzate a servizio dell'impianto fotovoltaico costituiscono un'attività ritenuta non affine con le attività non ammesse dalla Legge Quadro n° 36 del 22 Febbraio 2001 in cui si dice: "(art. 4 - comma 1 - lettera h) all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore";
2. La parte di fascia di Dpa in cui ricadono le cabine ed i cavidotti, sicuramente non saranno sede di attività con permanenze superiori alle 4 ore;

3. Tutti gli impianti elettrici e le apparecchiature di progetto per le cabine, saranno conformi alle Norme e ai Decreti e Leggi vigenti in materia;
4. Le installazioni delle apparecchiature elettriche delle cabine sono state previste secondo le indicazioni della Guida CEI 106-12.

Pertanto nelle fasce attorno alla cabina ed ai cavidotti MT avente distanza pari a **Dpa** i valori di induzione magnetica sono sicuramente inferiori ai valori stabiliti nell'obiettivo qualità di 3 μ T.