



CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO
COMUNE DI MONREALE



REGIONE SICILIA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL
COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC
PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"

PROGETTO DEFINITIVO

PROCEDURA DI AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE di cui all'art. 12 del D.lgs 387/2003 - Linee Guida Decr. MISE 10/09/2010
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PRESSO IL MITE
ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006 ricompreso nell'art. 31, comma 6 del D.Lgs. 77/21.

ELABORATO:		CODICE IDENTIFICATIVO	REV
Relazione sui campi elettromagnetici		A.12	0
Scala	--		

COMMITTENTE:

Firma/timbro committente

X-ELIO+

X-ELIO VALLEFONDI S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II 349 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06.8551726
Capitale interamente versato € 10.000,00
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 16862961006 REA RM-1680337
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.
xeliovallefondisrl@legalmail.it

PROGETTAZIONE DELLE OPERE

Progettazione

**A176
LAB**
Think different project

A176LAB srl

Via Madonna dell'Alto mare n.23
91011 Alcamo (TP)
P.IVA 02812750814

Ing. Giovanni Gabellone



Consulenti specialistici

Studio agronomico – Dott. Agr. Mazzara Vito

Studio Geologico – Dott. Geol. Antonino Cacioppo

Progettista strutturale – Ing. Vincenzo Agosta

Nome file/doc		A.12 – Relazione sui campi elettromagnetici.docx				COD. DOCUMENTO
02						A.12
01						
00	Dicembre 2023	Prima emissione	C.GAGLIO	G.LIPARI	G.GABELLONE	FOGLIO
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO	1 DI 31

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"	
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
		PAGINA
		2

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. FONTI DI EMISSIONE	7
3.1. ELETTRODOTTO AT	7
3.2. PARCO FOTOVOLTAICO	8
4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO.....	10
4.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO	10
4.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO.....	10
5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI INTERRATI	11
5.1. TIPOLOGIE DI POSA.....	11
5.1. CASO A1 – 1 TERNA DI CAVI AT – POSA 1,10 M	12
5.2. CASO A2 – 2 TERNE DI CAVI AT - POSA 1,10 M	17
5.3. CASO B.1 – 1 TERNA DI CAVI AT – POSA 1,20 M.....	23
5.4. RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI INTERRATI	26
6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DA PARCO FOTOVOLTAICO	27
6.1. POWER STATION.....	27
6.2. CABINA DI SMISTAMENTO	28
6.3. NUOVA CABINA UTENTE 36 KV.....	29
7. CONCLUSIONI.....	31

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	3

1. PREMESSA

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, **X-Elio Vallefondi S.r.l.** ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo agrovoltaico, su un sito ricadente nel territorio del Comune di Monreale, in provincia di Palermo, incaricando la società A176LAB di redigere il progetto definitivo ai fini autorizzativi.

L'impianto fotovoltaico e le opere di rete connesse, nel loro complesso, sono ubicati per intero all'interno di una fascia di 25 Km del territorio del Comune di Monreale, località Vallefondi.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione dell'impatto elettromagnetico delle opere in progetto, individuando le potenziali sorgenti di emissione e valutandone i potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

Nel seguito della relazione si darà in particolare descrizione della normativa di riferimento, dei campi generati dalle apparecchiature presenti all'interno del parco fotovoltaico, dalla sottostazione elettrica di collegamento alla rete di trasmissione in alta tensione, ed infine dalle linee elettriche in AT di collegamento fra il parco agrovoltaico e il punto di consegna.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"	
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
		PAGINA
		4

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del progetto si è fatto costante riferimento alla seguente normativa:

Studio di Impatto Ambientale

- Art. 22 del D. Lgs. 152/2006, Norme in materia ambientale, aggiornato dal D. Lgs. 104/2017.

Rumore

- L. 447/95 "Legge Quadro" e successivi decreti attuativi
- DPCM 14/11/1997 sulla "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- DPCM 1/03/1991 sui "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".

Energie rinnovabili

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011

Elettrodotti, linee elettriche, sottostazione e cabina di trasformazione

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 211-4/1996 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6/2001 "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"
- Norma CEI 11-17/2006 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo";
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	5

- Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti i I e II categoria
- CEI 13-4 Sistema di misura dell'energia elettrica – Composizione, precisione e verifica
- CEI 20-19 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 20-20 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi in bassa tensione
- CEI 20-67 Guida per l'uso di cavi 0,6/1 kV
- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI 23-46 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Prescrizioni particolari per sistemi in tubi interrati
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 81-1 Protezione delle strutture contro i fulmini
- CEI 82-1 Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- CEI 82-2 Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizioni per celle solari di riferimento
- CEI 82-3 Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
- CEI 82-4 Protezione contro la sovratensione dei sistemi fotovoltaici per la produzione di energia - Guida
- CEI 82-8 Moduli fotovoltaici in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- CEI 82-9 Sistemi fotovoltaici – Caratteristica dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI 82-15 Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
- CEI 82-16 Schiere di moduli fotovoltaici in silicio cristallino – Misura sul campo

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	6

delle caratteristiche I-V

- CEI 82-17 Sistemi fotovoltaici di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- CEI 82-22 Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
- CEI 82-25 Guida per la realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione
- DM 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche.
- Codice di rete Terna
- Allegato A.68 al codice di rete Terna “Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo”

Opere civili

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"; D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. 17.01.2018: Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni.

Sicurezza

- D.LGS 9 aprile 2008 "Testo unico sulla sicurezza”

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	7

3. FONTI DI EMISSIONE

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- tutte le linee elettriche a servizio del parco:
 - elettrodotto AT di interconnessione fra le cabine di campo presenti all'interno del parco fotovoltaico, verso la cabina generale di impianto "Cabina di smistamento";
 - elettrodotto AT di vettoriamento dell'energia prodotta dalla cabina di smistamento sino alla cabina di sezionamento, denominata "Nuova cabina utente 36kV", con tensioni di esercizio pari a 36 kV;
 - elettrodotto AT del distributore dalla Nuova cabina utente 36kV sino alla cabina Terna denominata "Monreale 3".
- le cabine elettriche (Power Station) presenti all'interno del parco fotovoltaico.

3.1. Elettrodotto AT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo saranno a norma CEI 20-13, HD 620. Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio lungo la tratta interrata, mentre in formazione piana lungo le brevi tratte di posa in passerella e/o canale metallico.

Ai fini del dimensionamento, si è tenuto conto di cavi di tipologia ARG7H1R 26/45 kV o equivalente. Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da mescola in G7 di qualità DIH2 e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di mescola semiconduttrice. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con fili di rame rosso. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 36kV.

I cavi verranno interrati ad una profondità variabile, pari a 1,10 m ed 1,20 m per tutte le tratte di collegamento a seconda delle esigenze da noi individuate, tenendo conto dello sviluppo futuro al fine di non arrecare danno ai cavidotti di nostra pertinenza.

La tensione di esercizio dei cavi è pari a 36 kV.

Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza vettoriata e del numero di campi collegati a valle di tale linea.

Ciascun campo ha una potenza nominale variabile, come da tabella di seguito.



Considerata la potenza dei campi e l'energia vettoriata sulle linee di media tensione si avranno correnti massime pari a circa 268,83 A alla tensione di 36kV

La tabella che segue riporta il dimensionamento dei cavi e la verifica delle sezioni, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-17. Tutte le linee in cavo soddisfano la verifica termica prevista dalla citata normativa, sia per quanto concerne le correnti di cortocircuito che per la tenuta termica dei cavi.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo (mm ²)	Lunghezza cavo (m)	Potenza attiva (MW)	Corrente nominale (A)	Portata cavo nominale (A)	N. circuiti nella sez. di cavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta (A)	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo (Ω)	Reattanza cavo (Ω)	Potenza reattiva (MVar)	ΔV %	ΔV % cumulato	Potenza persa (kW)	Ap %	Ap kW			
RAMO A	PS1	PS2	3x1x240	990	6,65	134,92	428	2	0,802	342,76	39%	0,0974	0,065	2,186	0,09%	0,38%	5,316	0,08%	5,316			
	PS2	MTR	3x1x400	1405	13,30	269,83	557	2	0,802	446,06	60%	0,1475	0,155	4,373	0,23%	0,29%	32,223	0,24%	32,223			
RAMO B	PS3	PS4	3x1x240	965	6,65	134,92	428	2	0,802	342,76	39%	0,0602	0,040	2,186	0,05%	0,23%	3,289	0,05%	3,289			
	PS4	MTR	3x1x400	855	13,30	269,83	557	2	0,802	446,06	60%	0,0898	0,094	4,373	0,18%	0,18%	19,609	0,15%	19,609			
RAMO C	PS7	PS5	3x1x240	420	3,33	67,46	428	2	0,802	342,76	20%	0,0693	0,046	1,093	0,03%	0,13%	0,946	0,03%	0,946			
	PS5	PS6	3x1x400	965	9,98	202,37	557	2	0,802	446,06	45%	0,0383	0,040	3,280	0,06%	0,09%	4,709	0,05%	4,709			
	PS6	MTR	3x1x500	215	13,30	269,83	636	2	0,802	509,33	53%	0,0277	0,022	4,373	0,04%	0,04%	3,874	0,03%	3,874			
LINEA SSE	MTR	SSE	3x1x500	16150	13,30	269,83	636	3	0,726	461,95	58%	1,3324	1,615	4,373	2,75%	2,75%	291,025	2,19%	291,025			
	MTR	SSE	3x1x500	16150	13,30	269,83	636	3	0,726	461,95	58%	1,3324	1,615	4,373	2,75%	2,75%	291,025	2,19%	291,025			
	MTR	SSE	3x1x500	16150	13,30	269,83	636	3	0,726	461,95	58%	1,3324	1,615	4,373	2,75%	2,75%	291,025	2,19%	291,025			
			POTENZA COMPLESSIVA			39,912														943,041	PERDITE TOTALI RETE (kW)	
																				2,36%	PERDITE TOTALI RETE (%)	

3.2. Parco fotovoltaico

Relativamente alla sola componentistica elettrica, il parco fotovoltaico nel suo complesso risulta composto da:

- Moduli fotovoltaici, raccolti in stringhe da 28 moduli;
- String box per il parallelo delle stringhe a gruppi di 12/14/16;
- Inverter centralizzati di potenza pari a 3326 kVA, in numero complessivo di 9
- N.7 Power station (cabine di campo), contenenti quadri di parallelo BT, trasformatori AT/bt si prevede l'utilizzo di un trasformatore di potenza pari a 3,824 MVA (per le PS7, PS1, PS4, PS5, PS6) e 7,648 MVA (per le altre PS);
- N.1 Control Room, contenente i quadri dei servizi di monitoraggio e comunicazione;
- N.1 Cabina di sezionamento, contenete quadri di sezionamento delle linee in arrivo dalle power station.
- Sistema di monitoraggio e telecontrollo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento del parco fotovoltaico e le eventuali anomalie.
- Cavi di collegamento CC dalle stringhe agli string box;
- Cavi di collegamento CC dagli string box alle Power station;
- Cavi di collegamento AT fra le power station, suddivisi in 3 distinti rami (ramo A, ramo

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9

B e ramo C).

La potenza del generatore fotovoltaico viene resa ad un livello di tensione pari a circa 1500 V, che viene dapprima convertita in alternata trifase a 600 V negli inverter centralizzati, per poi essere successivamente innalzata attraverso il trasformatore AT/bt presente nelle power station alla tensione di esercizio della rete, pari a 36 kV. La potenza così prodotta, con un livello di tensione compatibile con la rete, viene immessa nella rete di vettoriamento tramite un collegamento in entra-esce, realizzato attraverso gli scomparti AT installati nelle power station.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"	
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
		PAGINA
		10

4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici e sul contenimento del rischio di elettrocuzione è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti. Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

4.1. Valori limite del campo magnetico

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003.

L'art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell'induzione magnetica mostrati in tabella.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 μT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

4.2. Valori limite del campo elettrico

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite di tale campo pari a 5kV/m, inteso come valore efficace.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	11

5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI INTERRATI

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti interrati, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto interrato occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l'utilizzo di cavi unipolari del tipo in alluminio schermati in posa a trifoglio per tutte le sezioni di cavo.

La tabella che segue mostra le differenti tipologie di cavi da utilizzare e le caratteristiche di posa.

	Cavi con isolamento in EPR		
Tensione	36 kV		
Sezione (mm²)	120 (cavidotti produttore)	300 (cavidotti produttore)	630 (cavidotti produttore)
Tipo posa	Trifoglio		
Profondità posa (m)	1,10m - 1,20m		

5.1. Tipologie di posa

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco fotovoltaico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

CASO	N. TERNE	TIPO POSA	PROFONDITA' POSA
CASO A1	1	trifoglio	1,10m
CASO A2	2	trifoglio	1,10m
CASO B1	1	trifoglio	1,20m

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo saranno a norma CEI 20-13, HD 620. Si tratta di cavi unipolari da

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	12

posare in formazione a trifoglio lungo la tratta interrata, mentre in formazione piana lungo le brevi tratte di posa in passerella e/o canale metallico.

Ai fini del dimensionamento, si è tenuto conto di cavi di tipologia ARG7H1R 26/45 kV o equivalente. Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da mescola in G7 di qualità DIH2 e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di mescola semiconduttrice. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con fili di rame rosso. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 36kV

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei in posa a trifoglio, posati ad una profondità di pari a 1,10 m nelle tratte interne al parco, mentre per le tratte esterne al parco la profondità di posa risulta pari a 1,20 m (ad esempio attraversamento viabilità di piano).

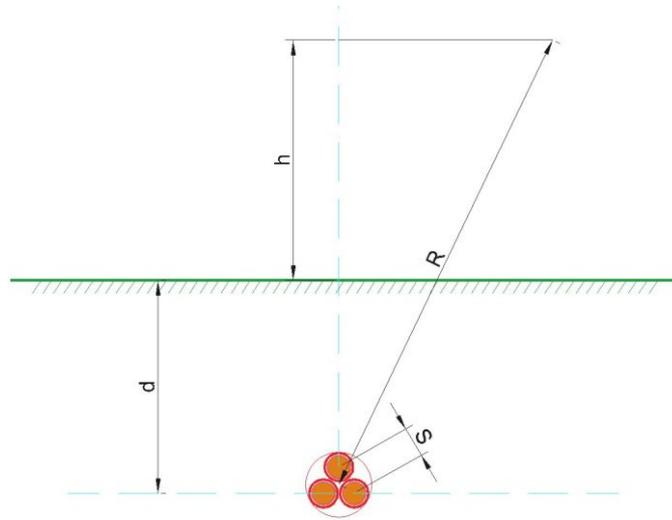
Si procederà adesso, per ognuno dei casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

5.1. Caso A1 – 1 terna di cavi AT – posa 1,10 m

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di media tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 1,10 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μ T.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-1,10 m
distanza terna dall'asse y	0 m
Sezione terna	3x1x630 mm ²
Portata cavo nominale	725 A
Portata cavo corretta	580 A

Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso di una terna di cavi della sezione di 630 mm², ossia il caso peggiore presente in progetto. Per semplicità di calcolo, si assumerà anche per i cavi di sezione inferiore la medesima fascia di rispetto.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della eventuale compresenza di più cavi nello stesso scavo.

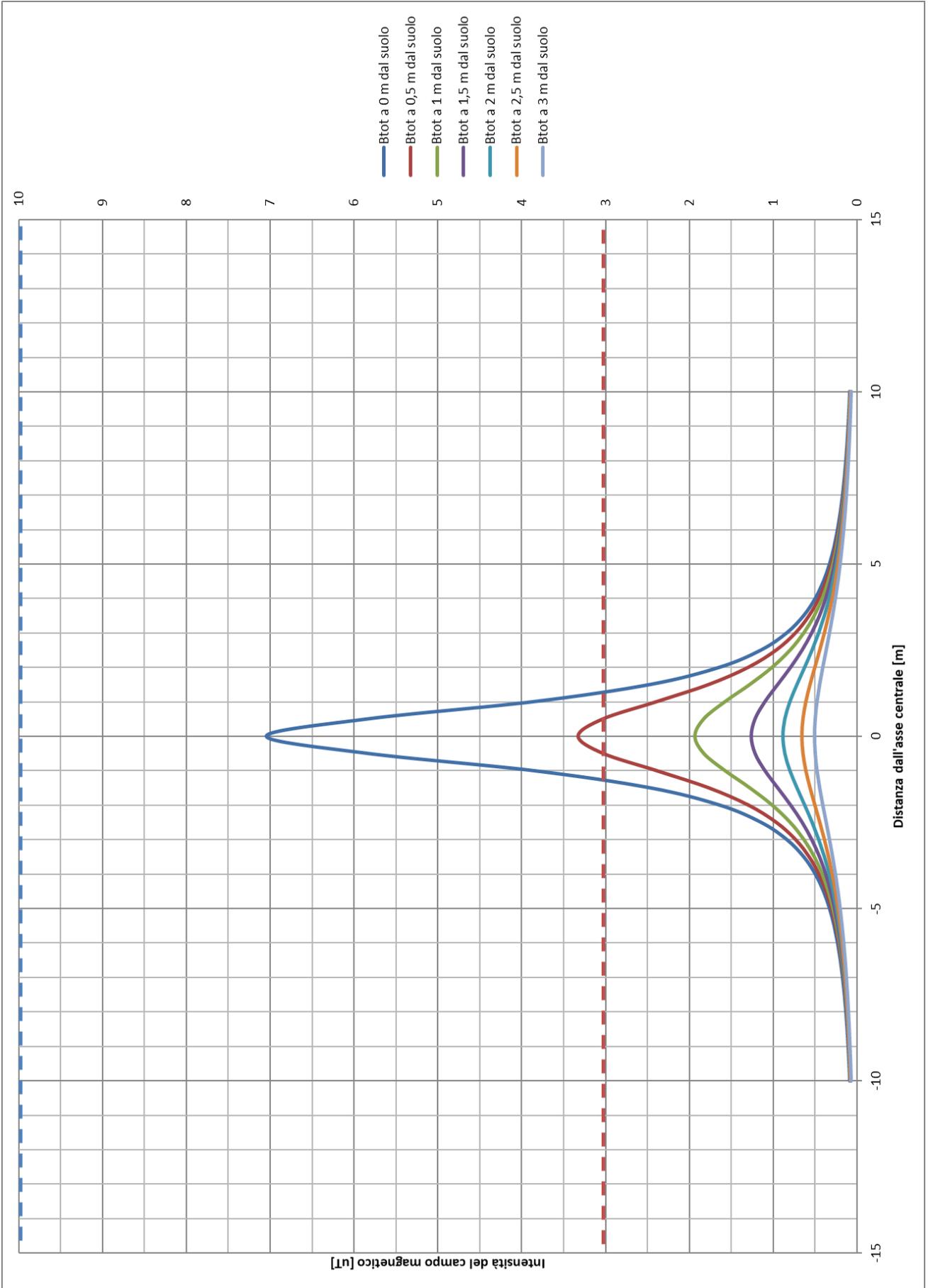
La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,082	0,080	0,078	0,075	0,073
-9,50	0,090	0,088	0,085	0,083	0,080
-9,00	0,100	0,097	0,094	0,091	0,087
-8,50	0,111	0,108	0,104	0,100	0,096
-8,00	0,125	0,120	0,116	0,111	0,105
-7,50	0,141	0,135	0,129	0,123	0,117
-7,00	0,160	0,153	0,145	0,138	0,130
-6,50	0,183	0,174	0,164	0,154	0,144
-6,00	0,211	0,199	0,187	0,174	0,161
-5,50	0,246	0,230	0,214	0,197	0,181
-5,00	0,290	0,268	0,246	0,225	0,204
-4,50	0,346	0,316	0,285	0,257	0,230
-4,00	0,418	0,375	0,333	0,294	0,260
-3,50	0,512	0,448	0,390	0,338	0,293
-3,00	0,636	0,541	0,458	0,388	0,330
-2,50	0,800	0,655	0,537	0,444	0,370
-2,00	1,014	0,792	0,626	0,503	0,410
-1,50	1,280	0,946	0,719	0,560	0,447
-1,00	1,576	1,098	0,803	0,611	0,479
-0,50	1,829	1,216	0,865	0,645	0,500
0,00	1,933	1,261	0,887	0,658	0,507
0,50	1,829	1,216	0,865	0,645	0,500
1,00	1,576	1,098	0,803	0,611	0,479
1,50	1,280	0,946	0,719	0,560	0,447
2,00	1,014	0,792	0,626	0,503	0,410
2,50	0,800	0,655	0,537	0,444	0,370
3,00	0,636	0,541	0,458	0,388	0,330
3,50	0,512	0,448	0,390	0,338	0,293
4,00	0,418	0,375	0,333	0,294	0,260
4,50	0,346	0,316	0,285	0,257	0,230
5,00	0,290	0,268	0,246	0,225	0,204
5,50	0,246	0,230	0,214	0,197	0,181
6,00	0,211	0,199	0,187	0,174	0,161
6,50	0,183	0,174	0,164	0,154	0,144
7,00	0,160	0,153	0,145	0,138	0,130
7,50	0,141	0,135	0,129	0,123	0,117
8,00	0,125	0,120	0,116	0,111	0,105
8,50	0,111	0,108	0,104	0,100	0,096
9,00	0,100	0,097	0,094	0,091	0,087
9,50	0,090	0,088	0,085	0,083	0,080
10,00	0,082	0,080	0,078	0,075	0,073

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	15

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	16



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $1,93 \mu\text{T}$, inferiore all'obiettivo di qualità.

Per il caso A1 in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a $100 \mu\text{T}$ lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$, e non risulta necessario apporre alcuna fascia di rispetto (DPA).

5.2. Caso A2 – 2 terne di cavi AT - posa 1,10 m

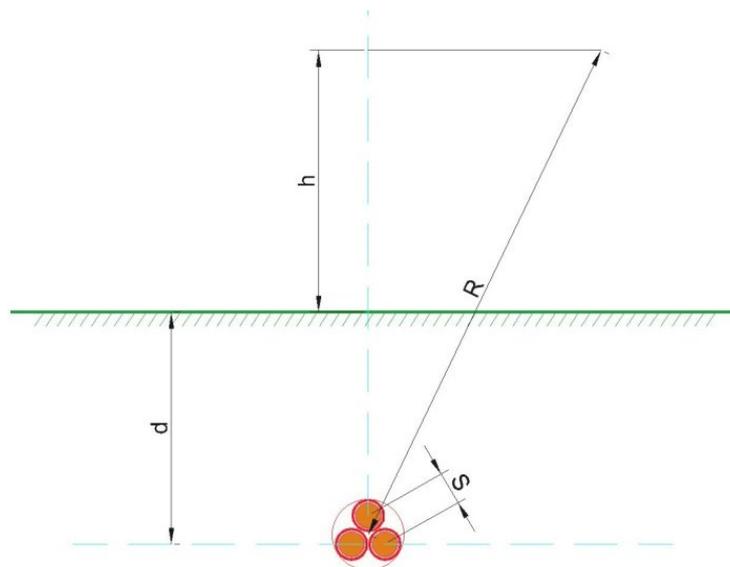
Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

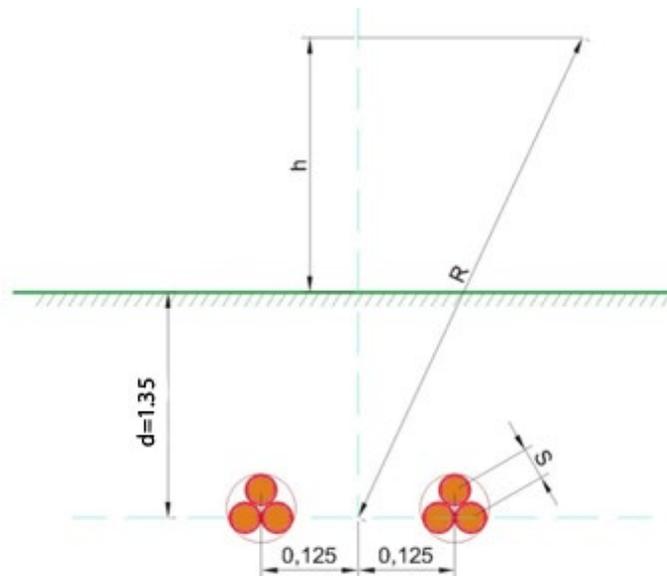
$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne, e fissando l'**asse centrale** del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2}$$



dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a Ii [A] (specificata della terna i-esima).

Per quanto riguarda la corrente I, il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11-

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	19

60, la quale regola la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in alta tensione (36 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI 11-17.

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, è stato preso in esame il caso più gravoso presente in progetto, corrispondente alla tratta di cavidotto di collegamento in prossimità dell'ingresso alla cabina utente.

In tale tratta si verifica la compresenza di due cavidotti di media tensione interrati posti nello stesso scavo, entrambi di sezione pari a 630 mm².

Pertanto, le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-1,10 m
distanza terna 1 dall'asse y	-0,125 m
distanza terna 2 dall'asse y	0,125 m
Sezione terna 1-2	3x1x630 mm ²
Portata cavo nominale 1-2	725 A
Portata cavo corretta 1-2	580 A

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B_{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B_{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B_{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B_{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B_{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,163	0,160	0,156	0,151	0,146
-9,50	0,180	0,176	0,171	0,165	0,159
-9,00	0,200	0,194	0,188	0,182	0,174
-8,50	0,223	0,216	0,208	0,200	0,192
-8,00	0,249	0,241	0,232	0,222	0,211
-7,50	0,281	0,271	0,259	0,246	0,233
-7,00	0,319	0,306	0,291	0,275	0,259
-6,50	0,366	0,348	0,329	0,309	0,289
-6,00	0,422	0,399	0,374	0,348	0,323

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μ T]
-5,50	0,492	0,461	0,428	0,395	0,362
-5,00	0,580	0,537	0,493	0,449	0,408
-4,50	0,692	0,632	0,571	0,514	0,460
-4,00	0,837	0,750	0,666	0,589	0,520
-3,50	1,025	0,898	0,781	0,677	0,587
-3,00	1,274	1,083	0,917	0,777	0,661
-2,50	1,602	1,312	1,076	0,888	0,739
-2,00	2,031	1,586	1,253	1,005	0,819
-1,50	2,562	1,892	1,437	1,120	0,894
-1,00	3,149	2,195	1,605	1,220	0,957
-0,50	3,649	2,427	1,727	1,289	0,998
0,00	3,852	2,516	1,771	1,314	1,013
0,50	3,649	2,427	1,727	1,289	0,998
1,00	3,149	2,195	1,605	1,220	0,957
1,50	2,562	1,892	1,437	1,120	0,894
2,00	2,031	1,586	1,253	1,005	0,819
2,50	1,602	1,312	1,076	0,888	0,739
3,00	1,274	1,083	0,917	0,777	0,661
3,50	1,025	0,898	0,781	0,677	0,587
4,00	0,837	0,750	0,666	0,589	0,520
4,50	0,692	0,632	0,571	0,514	0,460
5,00	0,580	0,537	0,493	0,449	0,408
5,50	0,492	0,461	0,428	0,395	0,362
6,00	0,422	0,399	0,374	0,348	0,323
6,50	0,366	0,348	0,329	0,309	0,289
7,00	0,319	0,306	0,291	0,275	0,259
7,50	0,281	0,271	0,259	0,246	0,233
8,00	0,249	0,241	0,232	0,222	0,211
8,50	0,223	0,216	0,208	0,200	0,192
9,00	0,200	0,194	0,188	0,182	0,174
9,50	0,180	0,176	0,171	0,165	0,159
10,00	0,163	0,160	0,156	0,151	0,146

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μ T,

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	21

si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 3,85 μT .

Per il caso A2 in esame, risulta pertanto rispettato il valore limite di esposizione pari a 100 μT lungo tutto il percorso dei cavi, ma per rispettare l'obiettivo di qualità pari a 3 μT , risulta necessario apporre un afascia di rispetto (DPA) pari a 1,2m.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	23

5.3. Caso B.1 – 1 terna di cavi AT – posa 1,20 m

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da una terna di cavi. Si rimanda al paragrafo 5.1 per i dettagli del calcolo. Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso più gravoso presente in progetto.

In tale tratta si verifica la presenza di una terna di cavi di alta tensione interrati di sezione pari a 120 mm².

Pertanto, le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-1,20 m
distanza terna 1 dall'asse y	0 m
Sezione terna	3x1x120 mm ²
Portata cavo nominale	288 A
Portata cavo corretta	230 A

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

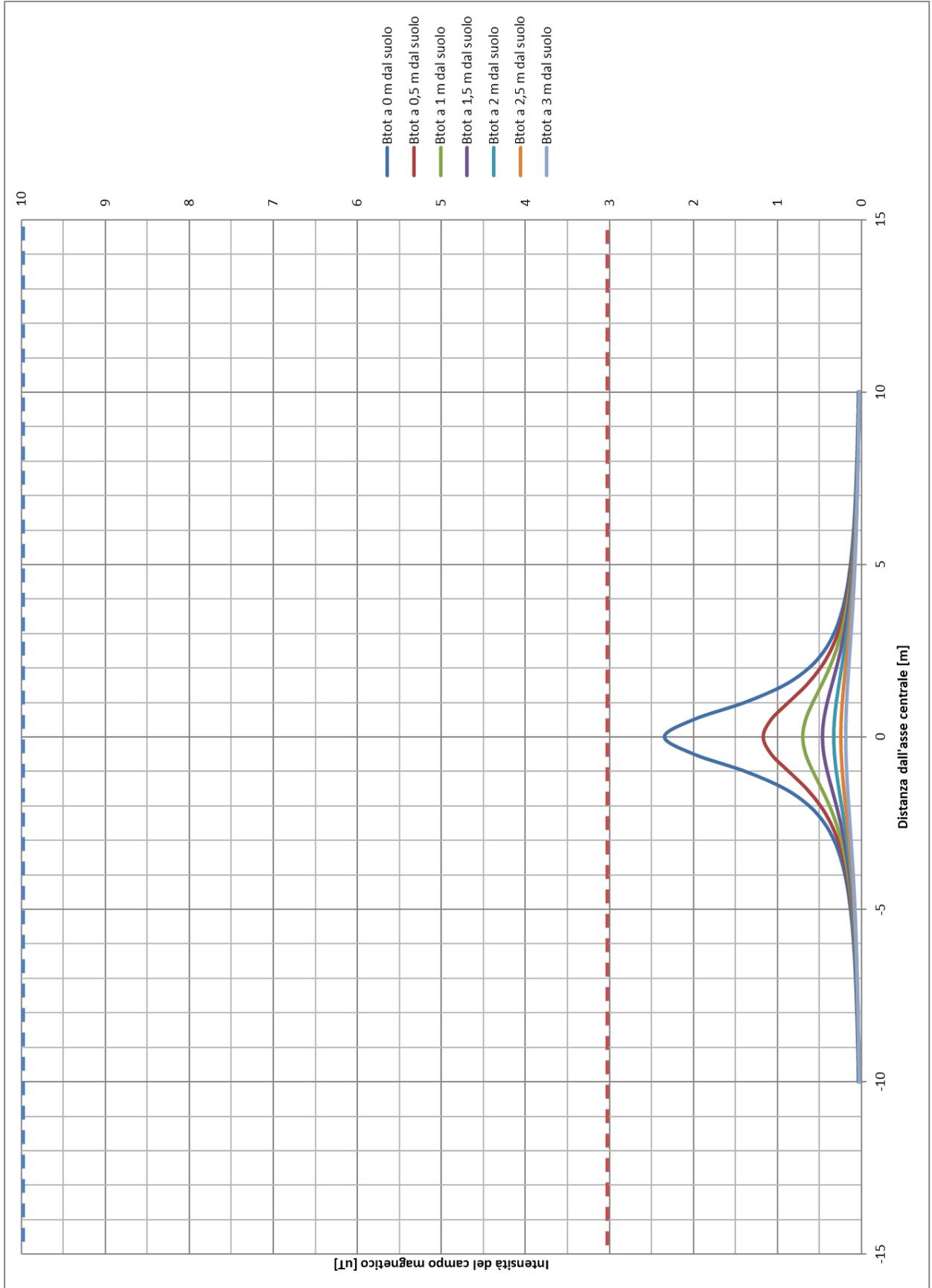
La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

istanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10	0,032	0,032	0,031	0,030	0,029
-9,5	0,036	0,035	0,034	0,033	0,031
-9	0,039	0,038	0,037	0,036	0,034
-8,5	0,044	0,042	0,041	0,039	0,038
-8	0,049	0,047	0,046	0,044	0,041
-7,5	0,055	0,053	0,051	0,048	0,046
-7	0,063	0,060	0,057	0,054	0,051
-6,5	0,072	0,068	0,064	0,060	0,056
-6,00	0,083	0,078	0,073	0,068	0,063
-5,50	0,096	0,090	0,083	0,077	0,071
-5,00	0,113	0,105	0,096	0,087	0,079
-4,50	0,135	0,123	0,111	0,100	0,089
-4,00	0,162	0,145	0,129	0,114	0,100
-3,50	0,198	0,173	0,150	0,130	0,113
-3,00	0,244	0,208	0,176	0,149	0,127
-2,50	0,305	0,250	0,205	0,170	0,141
-2,00	0,382	0,299	0,237	0,191	0,156
-1,50	0,477	0,354	0,271	0,212	0,170

istanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-1,00	0,579	0,408	0,301	0,230	0,181
-0,50	0,664	0,448	0,322	0,242	0,189
0,00	0,698	0,464	0,330	0,247	0,192
0,50	0,664	0,448	0,322	0,242	0,189
1,00	0,579	0,408	0,301	0,230	0,181
1,50	0,477	0,354	0,271	0,212	0,170
2,00	0,382	0,299	0,237	0,191	0,156
2,50	0,305	0,250	0,205	0,170	0,141
3,00	0,244	0,208	0,176	0,149	0,127
3,50	0,198	0,173	0,150	0,130	0,113
4,00	0,162	0,145	0,129	0,114	0,100
4,50	0,135	0,123	0,111	0,100	0,089
5,00	0,113	0,105	0,096	0,087	0,079
5,50	0,096	0,090	0,083	0,077	0,071
6,00	0,083	0,078	0,073	0,068	0,063
6,50	0,072	0,068	0,064	0,060	0,056
7,00	0,063	0,060	0,057	0,054	0,051
7,50	0,055	0,053	0,051	0,048	0,046
8,00	0,049	0,047	0,046	0,044	0,041
8,50	0,044	0,042	0,041	0,039	0,038
9,00	0,039	0,038	0,037	0,036	0,034
9,50	0,036	0,035	0,034	0,033	0,031
10,00	0,032	0,032	0,031	0,030	0,029

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	25



	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	26

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a **$0.7 \mu\text{T}$** , superiore all'obiettivo di qualità.

Per il caso B in esame, non risulta necessario apporre una fascia di rispetto (DPA) .

5.4. Riepilogo DPA elettrodotti interrati

La tabella che segue mostra un riepilogo delle DPA dagli elettrodotti interrati di media tensione, calcolate come meglio specificato nei paragrafi precedenti.

CASO	TENSIONE	TIPOLOGIA	Sezione cavi	DPA
A1	36 kV - AT	1 terna AT 1,10 m	630 mm ²	0,00 m
A2	36 kV - AT	2 terne AT 1,10 m	630 mm ²	1,20 m
B1	36 kV - AT	1 terna AT 1,20 m	120 mm ²	0,00 m

Si ricorda che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 40-60%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-60 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"	
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
		PAGINA
		27

6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DA PARCO FOTOVOLTAICO

Le principali componenti del parco fotovoltaico che risultano essere fonte di campi elettromagnetici sono le Power Station, al cui interno è presente un trasformatore AT/BT, i quadri di parallelo BT e AT e gli inverter.

Le sorgenti operano con correnti e tensioni di esercizio tali che i campi elettromagnetici prodotti risultano estinti nell'arco di pochi metri dalle sorgenti. Considerata inoltre il sito di installazione, all'interno del parco fotovoltaico e molto distanti dal perimetro dello stesso, ne consegue che ai fini della verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità su possibili recettori, si possa considerare nullo l'effetto di tali sorgenti.

Per quanto riguarda gli inverter, il progetto prevede l'utilizzo di prodotti conformi alla normativa CEM, ed in particolare alle norme EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, EN 62103, EN 50178, FCC Part15, AS 3100.

Si noti che gli inverter sono ubicati presso le Power Station, pertanto a notevole distanza rispetto al perimetro di impianto, senza alcuna possibile interferenza con recettori sensibili.

Per quanto riguarda la power station, la struttura metallica entro la sono collocate le apparecchiature funge da ulteriore schermatura per i campi elettrici, attenuandone ulteriormente l'intensità.

A maggior tutela, si ricorda le Power Station sono poste, rispetto alle abitazioni e agli edifici civili in cui vi sia una permanenza prolungata, ad una distanza tale da poter considerare l'entità dei campi elettromagnetici generati assolutamente insignificante.

6.1. Power Station

Relativamente alle Power Station, assimilabili a cabine secondarie di trasformazione, sono state individuate le distanze di prima approssimazione secondo quanto indicato dalle linee guida ENEL già citate, ed in particolare all'allegato B10 della guida e alle formule di calcolo contenute nel par. 5.2.1 dell'allegato al DM 29/05/2008.

In particolare, la DPA è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti della cabina secondaria, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (x), ossia conduttore più isolante.

La relazione da applicare è la seguente:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Considerando il trasformatore in progetto

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"	
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
		PAGINA
		28

a singolo secondario a 36/0,6 kV, di potenza pari a 3,824 kVA, ad alta efficienza, in numero di uno per ciascuna PS.

A doppio secondario a 36/06 kV di potenza pari a 7,648kVA, ad alta efficienza. con rapporto di trasformazione 36/0,60 kV.

Supponendo per i cavi in uscita dal trasformatore la sezione 300 mm², con più conduttori in parallelo, tipologia cavi FG16M16, 0.6/1 kV, il valore del diametro esterno x risulta essere pari a 33 mm.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a:

- circa 4.27 m. per le power station di potenza pari a 3,824 kVA
- circa 6.03 m. per le power station di potenza pari a 7.648 kVA

Pertanto, relativamente alle Power Station, viene individuata intorno ad esse una fascia di rispetto pari a 6.03 m dalle pareti della cabina, al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

6.2. Cabina di smistamento

Relativamente alla cabina, denominata cabina di smistamento, si fa notare come tale cabina secondaria consista sia in una cabina di smistamento che di trasformazione, seppur con una potenza limitata all'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto, pari a 315 kVA.

Si considererà quindi, quale DPA da apporre, la peggiorativa fra le due condizioni, ossia quella dell'elettrodotto entrante presso la cabina utente, e quella relativa al trasformatore AT/bt.

Relativamente ai campi generati dall'elettrodotto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la DPA (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea AT entrante/uscente. Le linee AT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei capitoli precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

In particolare, relativamente alla cabina di smistamento, si considererà quale fascia di rispetto quella pari a quella derivante dalla presenza del trasformatore AT/bt, , che prevede una DPA pari a 1,5 m.

In particolare, la DPA è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti della cabina secondaria, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale de cavo (x), ossia conduttore più isolante.

La relazione da applicare è la seguente:

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	29

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Considerando il trasformatore in progetto della taglia di 315 kVA con rapporto di trasformazione 36/0,4 kV, il valore di I da prendere in considerazione è pari a circa 455 A alla tensione di 400 V.

Supponendo per i cavi in uscita dal trasformatore la sezione 300 mm², con più conduttori in parallelo, tipologia cavi FG16M16, 0.6/1 kV, il valore del diametro esterno x risulta essere pari a 33 mm.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,50 m.

Pertanto, relativamente alle cabina utente, viene individuata intorno ad esse una fascia di rispetto pari a 1,50 m dalle pareti del cabinato, al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si noti che tale valore è cautelativo, in quanto il reale campo magnetico generato dal trasformatore AT/bt è più intenso in prossimità della porzione ovest del fabbricato, dove è installato lo stesso trasformatore, e può considerarsi nulla all'altro estremo dell'edificio, le cui dimensioni sono di un ordine di grandezza superiore rispetto alla dimensione delle DPA.

6.3. Nuova cabina utente 36 KV

Relativamente alla cabina, denominata cabina utente 36kV, si fa notare come tale cabina secondaria consista sia in una cabina di smistamento che di trasformazione, seppur con una potenza limitata all'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto, pari a 315 kVA.

Si considererà quindi, quale DPA da apporre, la peggiorativa fra le due condizioni, ossia quella dell'elettrodotto entrante presso la cabina utente, e quella relativa al trasformatore AT/bt.

Relativamente ai campi generati dall'elettrodotto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la DPA (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea AT entrante/uscente. Le linee AT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei capitoli precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

In particolare, relativamente alla cabina utente 36kV, si considererà quale fascia di rispetto quella

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	30

pari a quella derivante dalla presenza del trasformatore AT/bt, , che prevede una DPA pari a 1,5 m.

In particolare, la DPA è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti della cabina secondaria, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale de cavo (x), ossia conduttore più isolante.

La relazione da applicare è la seguente:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Considerando il trasformatore in progetto della taglia di 315 kVA con rapporto di trasformazione 36/0,4 kV, il valore di I da prendere in considerazione è pari a circa 455 A alla tensione di 400 V.

Supponendo per i cavi in uscita dal trasformatore la sezione 300 mm², con più conduttori in parallelo, tipologia cavi FG16M16, 0.6/1 kV, il valore del diametro esterno x risulta essere pari a 33 mm.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,50 m.

Pertanto, relativamente alle cabina utente, viene individuata intorno ad esse una fascia di rispetto pari a 1,50 m dalle pareti del cabinato, al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si noti che tale valore è cautelativo, in quanto il reale campo magnetico generato dal trasformatore AT/bt è più intenso in prossimità della porzione ovest del fabbricato, dove è installato lo stesso trasformatore, e può considerarsi nulla all'altro estremo dell'edificio, le cui dimensioni sono di un ordine di grandezza superiore rispetto alla dimensione delle DPA.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE AT, SITO NEL COMUNE DI MONREALE (PA), LOCALITA' VALLEFONDI, AVENTE POTENZA DI PICCO DC PARI A 33,2 MWp (potenza in immissione pari a 28 MWac) - DENOMINAZIONE IMPIANTO "VALLEFONDI"		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	A.12	RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	31

7. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l'eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

- **Elettrodotti interrati:**

Sono state individuate differenti casistiche, in funzione del numero di terne parallele posate all'interno della stessa sezione di scavo, della profondità di posa e della tensione di esercizio, e per ciascuna di esse è stata determinata la DPA corrispondente.

- **Cabina sezionamento:**

Sono stati calcolati i campi elettromagnetici legati alla presenza delle cabine di consegna e di sezionamento, per le quali sono state determinate le relative DPA. L'entità delle DPA è pari a 0,00 m, e non risulta necessario apporre alcuna fascia di rispetto intorno a tali cabine.

- **Cabine interne al parco fotovoltaico:**

Sono stati calcolati i campi elettromagnetici legati alla presenza delle Power Station, per le quali sono state determinate le relative DPA. L'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno dell'area di parco FV, senza interferenze con luoghi da tutelare.

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere al di sotto dei limiti imposti dalla vigente normativa.