



NOME PROGETTO:

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"

RICHIEDENTE:

VESPERA DEVELOPMENT 05 SRL

società di



Sede legale: Via Diaz, 74/A

74023 Grottaglie (TA)

P.IVA: 03328830736

pec: vesperadevelopment05@legalmail.it

TITOLO ELABORATO:

2.19-PDRT Campi elettromagnetici

SCALA:

-



PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO

Arato Srl
Dott. Ing. Giada Stella Maria Bolignano
Ordine degli Ingegneri,
Prov. di Reggio Calabria, n. A 2508
Via Diaz, 74 - 74023 Grottaglie (TA)
info@aratosrl.com

Dott. Ing. Giada Stella BOLIGNANO
Iscrizione all'Albo n° A 2508
alla Sezione degli Ingegneri (Sez. A)

- Settore civile e ambientale
- Settore industriale
- Settore dell'informazione



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

N. REV.	DATA	REVISIONE	ELABORATO	VERIFICATO	VALIDATO
0	09-2024	Prima emissione	Rizzo	Ing. Bolignano	Ing. Bolignano

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE.....	3
3	NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3.1	Definizioni.....	4
3.1.1	Corrente.....	4
3.1.2	Portata in corrente in servizio normale	4
3.1.3	Portata in regime permanente	4
3.1.4	Fascia di rispetto.....	5
3.1.5	Distanza di prima approssimazione	5
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO	6
5	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	9
5.1	Cabine di trasformazione	9
5.2	Cabina utente.....	9
5.3	Linee di distribuzione in AT	9
6	VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE COMPONENTI DELL'IMPIANTO	11
6.1	Cenni teorici	11
6.2	Metodo di calcolo	12
6.3	Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione.....	13
6.4	Sezione in corrente continua.....	13
6.5	Sezione in corrente alternata.....	13
6.5.1	Sbarre quadri BT.....	14
6.5.2	Trasformatore AT/BT	15
6.5.3	Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti AT	16
6.5.4	Distanze di prima approssimazione cavidotti AT	17
6.5.5	Cabina utente.....	18
7	CONCLUSIONI.....	19

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Schematizzazione delle sbarre installate all'interno di un quadro elettrico	14
Figura 2: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa al CASO 1	17

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro	6
Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.....	7
Tabella 3: Valori limite di esposizione, secondo il D.Lgs 19.11.2007 n.257 e D.Lgs 09.04.2008 n. 81 ss.mm.ii	8
Tabella 4: Valori limite di azione, secondo il D.Lgs 19.11.2007 n.257 e D.Lgs 09.04.2008 n. 81 ss.mm.ii	8
Tabella 5: Caratteristiche dimensionali delle linee AT in progetto considerate.....	10
Tabella 6: Valori d'induzione magnetica espressi in μT contenuti all'interno di un quadro elettrico BT	14
Tabella 7: D.P.A. di un trasformatore MT/BT da 5.000kVA e tensione di corto-circuito pari al 6%.....	15
Tabella 8: Distanza di prima approssimazione per cavidotti AT	17

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

1 PREMESSA

La società **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl intende realizzare nel Comune di Copparo (FE) un impianto agrivoltaico avanzato - denominato Copparo - avente potenza installata pari a 21864,96kWp e potenza in immissione pari a 17600,00kW.

La soluzione di connessione – **codice pratica 202301606** - prevede che l'impianto venga connesso in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ravenna Canala – Porto Tolle" e alle linee RTN 132 kV afferenti alla Cabina Primaria Codigoro ricollegata in doppia antenna alla suddetta Stazione Elettrica.

Il presente studio è finalizzato al calcolo preventivo delle emissioni elettromagnetiche non ionizzanti determinate dalle installazioni elettriche previste dal progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico in oggetto.

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.19-PDRT

Pag. 2 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

2 GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF si identificano nei campi a frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza (proporzionale alla tensione della sorgente). Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (μ T).

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza (proporzionale alla corrente della sorgente). Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto fotovoltaico (tensioni fino a 150.000 V e frequenze di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente in quanto sono disaccoppiati.

Come già accennato il campo elettrico, a differenza del campo magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato. Pertanto le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti installati in ambiente esterno, rappresentando le schermature dei cavi, la presenza di opere civili e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura. Inoltre la distanza tra le apparecchiature e le recinzioni sono tali da contenere i valori di campo elettrico entro i valori limite da eventuali ricettori sensibili. Ai fini del presente studio si valuteranno, quindi, i soli campi magnetici.

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto **“COPPARO”**



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

3 NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- CEI 11-60, “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV”,
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287).
- 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 I: linee elettriche aeree e in cavo”.

3.1 Definizioni

Si introducono le seguenti definizioni anche in riferimento a quanto indicato nell'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto”:

3.1.1 Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

3.1.2 Portata in corrente in servizio normale

Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 e sue successive modifiche e integrazioni.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la “portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata”:

- per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- per gli elettrodotti aerei con tensione < 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 come portata in regime permanente;

3.1.3 Portata in regime permanente

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)




Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.19-PDRT

Pag. 4 di 19


Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"	
Proponente: Vespera Development 05 Srl – a company of Vespera Energy Srl	

3.1.4 *Fascia di rispetto*

Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

3.1.5 *Distanza di prima approssimazione*

È la distanza in pianta dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della D.P.A., si trovi all'esterno della fascia di rispetto. Per le cabine è la distanza da tutte le facce del parallelepipedo della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.19-PDRT	Pag. 5 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti;
- effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).


Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.20-PDRT	Pag. 6 di 19


Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto “COPPARO”	
Proponente: Vespera Development 05 Srl – a company of Vespera Energy Srl	

Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10 μT si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μT per lunghe esposizioni e di 1000 μT per brevi esposizioni.


Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, “La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: “Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio” (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di media tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.20-PDRT	Pag. 7 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

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..

Per quanto riguarda l'esposizione dei lavoratori vanno seguite le disposizioni del D.lgs. 81/08 (D.Lgs. 19.11.2007 n.257) che devono essere applicate a qualunque tipo di esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici durante il lavoro, senza alcun riferimento al carattere professionale o meno delle esposizioni.

A seguito della valutazione dei livelli dei campi elettromagnetici effettuata in conformità alla normativa, qualora risulti che siano superati i valori di azione di cui al D.lgs. 81/08 (D.Lgs. 19.11.2007 n.257), il datore di lavoro valuta e, quando necessario, calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati.

I luoghi di lavoro dove i lavoratori, in base alla valutazione del rischio di cui al D.lgs. 81/08 (D.Lgs. 19.11.2007 n.257) possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i valori di azione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Tale obbligo non sussiste nel caso che dalla valutazione effettuata a norma, il datore di lavoro dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista il rischio di un superamento dei valori limite di esposizione.

In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione del presente titolo i valori limite di esposizione risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

Il datore di lavoro adatta le misure alle esigenze dei lavoratori esposti particolarmente sensibili al rischio.

Tabella 3: Valori limite di esposizione, secondo il D.Lgs 19.11.2007 n.257 e D.Lgs 09.04.2008 n. 81 ss.mm.ii

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (corpo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 - 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 - 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz - 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz- 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 - 300 GHz	/	/	/	/	50

Tabella 4: Valori limite di azione, secondo il D.Lgs 19.11.2007 n.257 e D.Lgs 09.04.2008 n. 81 ss.mm.ii

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana S _{av} (W/m ²)	Corrente di contatto I _c (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti I _L (mA)
0 - 1 Hz	/	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	1,63 x 10 ⁵ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	/	1,0	/
8 - 25 Hz	20000	2 x 10 ⁴ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4/f	/
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	40	/
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10-110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 - 2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	0,01f ^{1/2}	f/40	/	/
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto “COPPARO”



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

5 DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO

L’impianto è realizzato con strutture di supporto prodotte da Alphatracker. Si tratta di strutture di tipo tracker idonee per impianti agrivoltaici avanzati che si adattano all’andamento del terreno e delle coltivazioni. La configurazione elettrica dell’impianto consiste nell’installazione di:

- n° 30.368 moduli fotovoltaici bifacciali della potenza di 720Wp;
- n° 55 inverter di stringa Sungrow SG350HX;
- n° 8 cabine di trasformazione;
- n° 5 locali magazzino;
- n° 1 cabina utente ubica in apposita area.
- elettrodotti interrati di vettoriamento alla tensione nominale di 36kV;

5.1 Cabine di trasformazione

Le cabine di trasformazione avranno dimensioni pari a 9,5 x 2,40m, saranno prefabbricate, realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.) e posate su un magrone di sottofondazione in cemento. Le stesse saranno internamente suddivise nei seguenti vani:

- il vano BT, in cui è ubicato il quadro di parallelo inverter e il trasformatore 0,8/0,4kV per i servizi ausiliari della cabina;
- il vano di trasformazione in cui è alloggiato il trasformatore elevatore AT/BT;
- il vano quadri di alta tensione, in cui sono installati i quadri elettrici di alta tensione.

Le cabine saranno dotate di idonei dispositivi atti a sezionare e proteggere le condutture sia lato BT che lato AT.

5.2 Cabina utente

La cabina utente, è il punto di raccolta dei cavi provenienti dal campo fotovoltaico per consentire il trasporto dell’energia prodotta fino al punto di consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale. All’interno dell’area recintata della cabina utente sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell’utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, i servizi igienici, ecc. Inoltre, è prevista un’area dedicata all’installazione di eventuali reattanze shunt, necessarie a garantire il rifasamento delle correnti capacitive originate dai cavi interrati. Metodo di calcolo campo magnetico

5.3 Linee di distribuzione in AT

Al fine di convogliare l’energia prodotta dall’impianto direttamente nella Rete di Trasmissione Nazionale, sarà necessario realizzare degli elettrodotti interrati a 36kV, che si comporranno delle seguenti sezioni fondamentali:

- una dorsale andrà a collegare in entra-esce le cabine di trasformazione e sarà attestata alla cabina utente;
- da quest’ultima l’energia elettrica raccolta, sarà trasferita mediante elettrodotto interrato al punto di consegna previsto e indicato nella soluzione tecnica minima generale elaborata da Terna.

Gli elettrodotti saranno realizzati mediante terne di cavi disposti a trifoglio direttamente interrati. Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a $U_0/U=26/45$ kV. Lo schermo metallico è

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.20-PDRT

Pag. 9 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

dimensionato per sopportare la corrente di corto-circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando le correnti di impiego e le portate dei cavi per la tipologia di posa, senza trascurare il contenimento delle perdite.

I tratti di cavidotti presi in considerazione sono descritti di seguito con le relative caratteristiche dimensionali:

Tabella 5: Caratteristiche dimensionali delle linee AT in progetto considerate

Caso	Linea	Origine	Destinazione	Lunghezza	Potenza	$\cos \varphi$	Tensione	N. di terre	Corrente d'impiego Ib	Sezione	Formazione	Diametro conduttore	Diametro cavo	Portata al limite termico del conduttore (1)
				[m]	[kVA]	[-]	[V]	[n°]	[A]	[mmq]		[mm]	[mm]	[A]
1	Ln. CU-SE	CU	SE	24 297	17 600	0,95	36 000	1	297,5	1600	3x1x1600 mmq	48,5	84	838,2

(1) posa interrata a trifoglio con profondità di posa 1,5m; temperatura ambiente 25°C; resistività termica del terreno 1,5 K*m/W

Ai fini della valutazione dei campi magnetici, di seguito descritta, è stato considerato il tratto interessato dalle massime correnti di esercizio generate dall'impianto agrivoltaico. Vale la pena sottolineare che tali valori di corrente si otterranno solo nelle condizioni di massima producibilità, funzione di diversi parametri quali per esempio irraggiamento, condizioni atmosferiche e rendimento delle apparecchiature.

Progettazione:

Arato Srl
Via Diaz, 74
74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

6 VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE COMPONENTI DELL'IMPIANTO

6.1 Cenni teorici

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a $(NR-1)$, può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito. Si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_C \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei, i la corrente, C_k il conduttore generico, $d\vec{l}$ un suo tratto elementare, r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la sezione normale, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

Per il calcolo del campo elettrico, invece, si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

λ = densità lineare di carica sul conduttore;

ϵ_0 = permittività del vuoto;

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;

u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.20-PDRT

Pag. 11 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

6.2 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basata sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (D.p.a.).

Come già accennato il campo elettrico, a differenza del campo magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato risultando nella totalità dei casi inferiore ai limiti imposti dalla norma.

Ai fini del presente studio si valuteranno i soli campi magnetici per tutte le apparecchiature elettriche costituenti l'impianto.

Progettazione:

Arato Srl
Via Diaz, 74
74023 - Grottaglie (TA)




Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.20-PDRT

Pag. 12 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"	
Proponente: Vespera Development 05 Srl – a company of Vespera Energy Srl	

6.3 Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione

Per tutto ciò che attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto, essendo l'accesso ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Invece per le aree esterne a ridosso dell'impianto e nelle vicinanze delle opere di rete per la connessione vanno verificati i limiti di esposizione, secondo gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

Rimane comunque inteso che i limiti esposti dal DPCM si applicano esclusivamente alla parte esterna dell'impianto e relativamente ai campi magnetici prodotti da correnti di frequenza 50 Hz.

6.4 Sezione in corrente continua

Al contrario delle linee elettriche, per le quali è ormai consolidato un metodo di calcolo preventivo dei campi magnetici ed elettrici, per le cabine elettriche e per tutti i sistemi non assimilabili alle linee elettriche, a causa delle geometrie complesse, non è agevole determinare gli andamenti dei campi elettrici e magnetici con modelli matematici, ma a valle di considerazioni preventive di massima. In caso di dubbio si deve procedere direttamente alle misure in campo.

Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore agrivoltaico e considerando che:

- tale sezione di impianto è esercita in corrente continua (0 Hz) in bassa tensione;
- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);
- i cavi di stringa fino agli inverter saranno posati lungo le file dei moduli distanti diversi metri dalle recinzioni di confine;
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di **40.000 μ T**, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz.

Si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuti alla sezione in corrente continua.


6.5 Sezione in corrente alternata

Per quanto concerne la sezione in corrente alternata, all'interno del campo, le principali sorgenti emissive sono l'inverter, le sbarre di bassa tensione presenti nei quadri di parallelo BT, i trasformatori elevatori e gli elettrodotti in alta tensione. Invece all'esterno del campo, le principali sorgenti sono gli elettrodotti di collegamento delle varie cabine con la cabina utente e con la SE di Terna.

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. Inoltre 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).

Oltre a quanto specificato, gli inverter ammessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature e con la rete elettrica.

Si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo elettromagnetico.

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.20-PDRT	Pag. 13 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

6.5.1 Sbarre quadri BT

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione, contenute nei quadri BT di raccolta inverter, si è ipotizzato che esse siano parallele e distinte l'una dall'altra della grandezza D (in metri), siano lunghe L (in metri) ed attraversate da una corrente I (A). Ad un metro di distanza dalle sbarre l'induzione magnetica assume il suo massimo valore¹

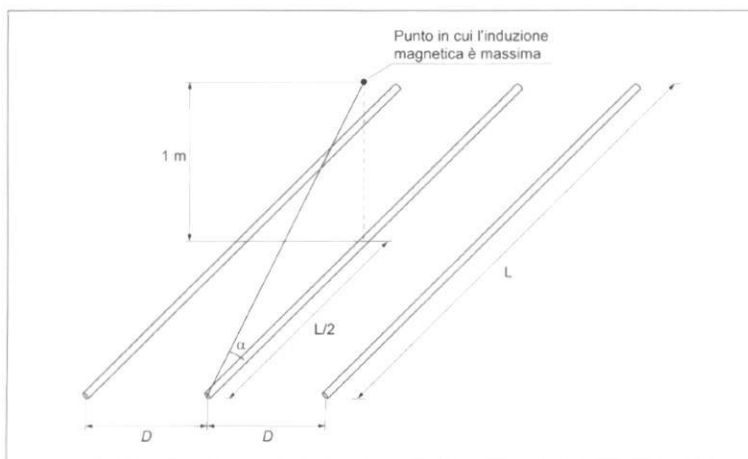


Figura 1: Schematizzazione delle sbarre installate all'interno di un quadro elettrico

$$B_{MAX} = \frac{0,346 \cdot I \cdot D \cdot \sin(\arctan(L/2))}{1 + D^2}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori massimi di induzione magnetica B_{MAX} espressi in μT per alcuni valori di L , e I con tipica distanza sbarre D di 10 cm:

Tabella 6: Valori d'induzione magnetica espressi in μT contenuti all'interno di un quadro elettrico BT

L	D	I					
		100	200	500	1000	2000	2500
[m]	[m]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
1	0,1	1,5	3,1	7,7	15,3	30,6	38,3
2	0,1	2,4	4,8	12,1	24,2	48,4	60,6
5	0,1	3,2	6,4	15,9	31,8	63,6	79,5
10	0,1	3,4	6,7	16,8	33,6	67,2	84,0

Dai valori riportati risulta che l'induzione aumenta con la lunghezza L , ma oltre i 5m l'aumento diventa trascurabile.

¹ Appendice E del testo "La protezione dai campi elettromagnetici" - Prof. Paolo Vecchia - Ed. TNE 2003

Progettazione:

Arato Srl

Via Diaz, 74

74023 - Grottaglie (TA)



Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

Nel caso specifico di progetto, il quadro BT di parallelo inverter della cabina di trasformazione che ha in gestione la potenza maggiore ($P=2.880\text{kW}$ - corrente BT pari a circa 2.080A), potrebbe essere costruito con sbarre lunghe 1m e distanza tra esse di 10cm .

Asserendo ciò, per un quadro con corrente nominale da 2.500A , l'induzione magnetica non supera i $38,3\mu\text{T}$, compatibile dunque con la legislazione vigente.

6.5.2 Trasformatore AT/BT

Il valore dell'induzione magnetica (B) decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Per distanze comprese tra 1m e 10m da un trasformatore si può calcolare il valore di dell'induzione magnetica B (μT) con la formula:

$$B = 5 \cdot \frac{U_{cc}}{6} \cdot \sqrt[2]{\frac{Sr}{630}} \cdot \left(\frac{3}{a}\right)^{2.8}$$

dove:

- U_{cc} = Tensione percentuale di cortocircuito;
- Sr = Potenza nominale del trasformatore (kVA);
- a = distanza dal trasformatore (m)

Si riporta nella tabella che segue l'induzione magnetica prodotta da un trasformatore MT/BT in resina della potenza di 5.000kVA e tensione di corto-circuito pari a 6% .

Tabella 7: D.P.A. di un trasformatore MT/BT da 5.000kVA e tensione di corto-circuito pari al 6%

Potenza trasformatore	Distanza dal trasformatore					
	1 m	2 m	3 m	5 m	6 m	10 m
5.000 kVA	342,7 μT	49,2 μT	15,8 μT	3,78 μT	2,3 μT	0,54 μT

Dai valori riportati è possibile notare che ad una distanza di 6m da un trasformatore da 5.000kVA , l'induzione magnetica è inferiore a $3\mu\text{T}$. Considerando l'impianto in esame e prendendo come riferimento la cabina di trasformazione di potenza maggiore equipaggiata con un trasformatore da 3.150kVA , la relativa D.P.A. sarà sicuramente inferiore a **6m** .

Le cabine di trasformazione sono posizionate ad una distanza minima dal limite catastale pari a **14m** , dove non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, come abitazioni, asili ecc..

Progettazione:

Arato Srl
Via Diaz, 74
74023 - Grottaglie (TA)




Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.20-PDRT

Pag. 15 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"	
Proponente: Vespera Development 05 Srl – a company of Vespera Energy Srl	

6.5.3 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti AT

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento AT, saranno adottati tutti gli accorgimenti che consentiranno la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sui recettori sensibili. In particolare, la scelta di trasportare l'energia con linee interrate permetterà da un lato di contenere l'intensità del campo elettrico grazie all'effetto schermante del terreno, dall'altro la posa delle terne a "trifoglio", permetterà una considerevole limitazione dell'induzione magnetica.

In dettaglio sarà simulato il seguente tratto di cavidotto alla tensione nominale di 36kV come anticipato al paragrafo 5.3:


- **caso 1:** tratto di linea tra la cabina utente e la Stazione Elettrica di consegna con una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 1.600mm² interrata ad una profondità di 1,50 m con una portata alla massima potenza trasmessa di 297,5A;

Maggiori dettagli sulla corrente massima trasportabile e sulle caratteristiche dei conduttori sono riportati nella tabella 5.

I valori del campo magnetico sono stati calcolati rispetto al piano di posa dei conduttori (-1,5m) ed è stato utilizzato il software di simulazione "Magic" fornito dalla BESHielding S.r.l. versione 1.8.5.0.

Al fine di limitare le D.p.a. risultanti, è stata adottata la tecnica di trasposizione delle fasi delle terne in esame, ove possibile.

Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori nei due casi studio.

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.20-PDRT	Pag. 16 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"



Proponente: **Vespera Development 05 Srl** – a company of Vespera Energy Srl

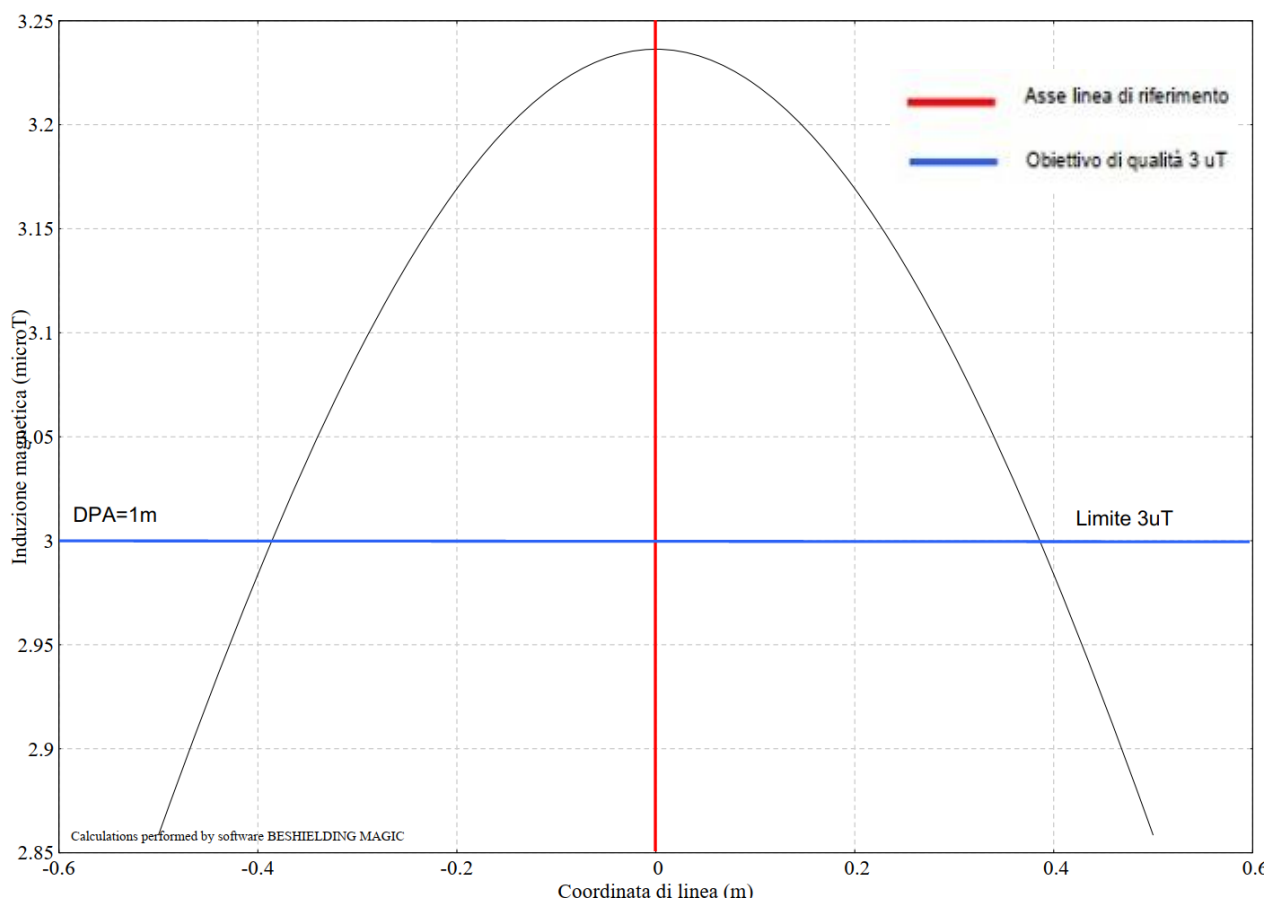


Figura 2: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa al CASO 1

6.5.4 Distanze di prima approssimazione cavidotti AT

Il calcolo della D.p.a. per il cavidotto di collegamento in AT simulato, si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto sullo stesso il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3μT. Si riporta nella seguente tabella la distanza di prima approssimazione per il tratto di cavidotto preso in esame:

Tabella 8: Distanza di prima approssimazione per cavidotti AT

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONE [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	D.P.A. [m]
1	1	1600	A2XS(FL)2Y	36	1

Progettazione:

Arato Srl
Via Diaz, 74
74023 - Grottaglie (TA)




Titolo elaborato:

Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici

Codice elaborato: 2.20-PDRT

Pag. 17 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"	
Proponente: Vespera Development 05 Srl – a company of Vespera Energy Srl	

In dettaglio si sono ottenuti i seguenti valori:

- **CASO 1** - Valore a 3 μ T: 0,39m - Valore D.p.a.: 1m;

la cui D.p.a. è stata calcolata con una approssimazione non superiore al metro così come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008.

6.5.5 Cabina utente

La cabina utente è il punto di raccolta dei cavi provenienti dalle due aree d'impianto, per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto della cabina utente prevede che l'entrata e l'uscita dei cavi di alta tensione avvenga mediante posa interrata, al fine di garantire il raccordo con la stazione della RTN.

All'interno dell'area recintata della cabina utente sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, i servizi igienici, un locale per l'ubicazione del trasformatore necessario all'alimentazione dei servizi ausiliari e un locale destinato ad un gruppo elettrogeno di emergenza.

L'area occupata dalla cabina utente è opportunamente recintata e tale recinzione comprende la zona di pertinenza dello stesso locale, delle eventuali reattanze di compensazione della capacità dei cavidotti, consentendo in ogni caso le operazioni di costruzione, manutenzione e l'accesso ai mezzi pesanti.


All'interno del fabbricato presente nell'area della cabina utente, sarà installato un trasformatore dedicato all'alimentazione servizi ausiliari di potenza stimata pari a 150kVA con tensione di corto-circuito pari al 6%.


La D.p.a. per tale macchina sarà sicuramente inferiore alla D.p.a. delle linee entranti o uscenti dalla cabina utente. Pertanto per quest'ultima, si assumerà una distanza di prima approssimazione pari a **1m**.

La cabina utente è stata posizionata ad una distanza cautelativa minima di **24m** dal limite catastale, superiore alla D.p.a. calcolata.

All'interno della D.p.a. individuata, non vi è la presenza di strutture recettive sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

L'accesso alla stessa è consentito solo agli operatori tecnici (opportunamente formati ed informati) che saltuariamente vi accederanno per limitati periodi temporali e per esigenze connesse con la manutenzione e la gestione dell'impianto.

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.20-PDRT	Pag. 18 di 19

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico avanzato avente potenza installata pari a 21,86MWp e potenza in immissione pari a 17,60MW sito nel Comune di Copparo con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe) - Impianto "COPPARO"	
Proponente: Vespera Development 05 Srl – a company of Vespera Energy Srl	

7 CONCLUSIONI


La determinazione delle fasce di rispetto è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la relativa D.p.a.. Dalle analisi e considerazioni fatte si può desumere quanto segue:

- per la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto, essendo l'accesso consentito esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003. Ai sensi del D.lgs. 81/08 (D.Lgs. 19.11.2007 n.257) ad una prima valutazione non risultano superati i limiti di azione per l'esposizione dei lavoratori;
- i valori di campo elettrico si possono considerare inferiori ai valori imposti dalla norma (<5.000 V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno delle recinzioni della sottostazione elettrica e dei locali quadri e subiscono un'attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato;
- per i cavidotti in alta tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 1 m rispetto all'asse del cavidotto;
- per la cabina utente è stata considerata in via cautelativa, la D.p.a. relativa alle linee AT entranti/uscenti pari 1m.

All'interno delle aree menzionate delimitate dalle D.p.a. non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico denominato "Copparo" sito nel Comune di Copparo (Fe) e con opere di connessione insistenti nel Comune di Copparo (Fe), Jolanda di Savoia (Fe), Codigoro (Fe) e Fiscaglia (Fe), rispetta la normativa vigente.

In fase esecutiva si valuterà la possibilità di ridurre ulteriormente le emissioni elettromagnetiche e quindi le D.p.a., valutando soluzioni tecniche e di posa alternative e/o migliorative.

Progettazione: Arato Srl Via Diaz, 74 74023 - Grottaglie (TA) 	Titolo elaborato: Relazione preliminare valutazione campi elettromagnetici
Codice elaborato: 2.20-PDRT	Pag. 19 di 19