



REGIONE SICILIA  
OMUNI DI MAZARA DEL VALLO E MARSALA (TP)

PROGETTO

**Impianto Agrivoltaico integrato innovativo denominato "Grillo" avente potenza d'impianto di 53,97 MW (45 MW in immissione) con annesso SdA della potenza di 10 MW e 80 MWh di capacità di accumulo e relative opere connesse nei Comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP)**

TITOLO

**Rel. 12 - Relazione Esposizione lavoratori ai CEM**

PROPONENTE



ENGIE GRILLO S.r.l.

**Sede legale e Amministrativa:**  
Via Chiese 72  
20126 Milano (MI)  
PEC: [engiegrillo@legalmail.it](mailto:engiegrillo@legalmail.it)

PROGETTISTA



SCM ingegneria S.r.l.  
Via Carlo del Croix, 55  
Tel.: +39 0831-728955  
72022 Latiano (BR)  
Mail: [info@scmingegneria.com](mailto:info@scmingegneria.com)

Dott. Ing. Daniele Cavallo



Scala	Formato Stampa A4	Cod.Elaborato REL12	Rev. 00	Nome File REL12-Relazione Esposizione lavoratori ai CEM	Foglio 1 di 16
-------	----------------------	------------------------	------------	--	-------------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/02/2023	Progetto definitivo impianto agrivoltaico e opere connesse	L. Maculan	D. Cavallo	D. Cavallo

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	DATI GENERALI .....	3
2.1	DATI DEL PROPONENTE .....	3
2.2	LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO .....	3
2.3	DESTINAZIONE D'USO .....	3
2.4	DATI CATASTALI .....	3
2.5	CONNESSIONE.....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4	CENNI DI TEORIA .....	9
4.1	CAMPI ELETTRICI .....	9
4.2	CAMPI MAGNETICI .....	11
5	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	13
5.1	CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	13
5.1.1	Moduli fotovoltaici.....	13
5.1.2	Inverter .....	13
5.1.3	Cabine di conversione (Inverter station) .....	13
5.1.4	Cabine MT .....	14
5.2	CAMPI ELETTROMAGNETICI CAVI MT .....	14
5.3	CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE.....	14
6	CONCLUSIONI .....	15

## 1 INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agro fotovoltaico integrato innovativo, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società Engie Grillo S.r.l. (di seguito "la Società") intende realizzare nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP).

L'impianto avrà una potenza installata di 53970 kWp per una potenza di 45000 kW in immissione, e l'energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

L'impianto sarà inoltre dotato di un sistema di accumulo della potenza nominale di 10000 kW e con capacità di accumulo di 80000 kWh.

## 2 DATI GENERALI

### 2.1 DATI DEL PROPONENTE

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	ENGIE GRILLO S.R.L.
Indirizzo sede legale	Via Chiese 72 – 20126 Milano (MI)
Codice Fiscale/Partita IVA	12112930966
Capitale Sociale	10.000,00
PEC	<a href="mailto:engiegrillo@legalmail.it">engiegrillo@legalmail.it</a>

Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente

### 2.2 LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente documento e il relativo cavidotto MT saranno realizzati nei comuni di Mazara del Vallo (TP) e Marsala (TP).

Il sistema di accumulo e le opere di connessione saranno invece realizzati nel comune di Marsala (TP).

### 2.3 DESTINAZIONE D'USO

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

### 2.4 DATI CATASTALI

I terreni interessati dall'intervento per quanto riguarda l'area di impianto, così come individuati da catasto dei comuni di Mazara del Vallo (TP) e Marsala (TP), sono:

- FG 9 particelle 21, 22, 25, 33, 36 e 38 (Mazara del Vallo)
- FG 188 particella 96 (Marsala)

Impianto agrivoltaico di potenza di picco pari a 53,97 MW (45 MW in immissione) con annesso SdA della potenza di 10 MW e 80 MWh di capacità e opere connesse, denominato "Grillo" da realizzarsi nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP)



L'area della stazione utente interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Marsala (TP):

- FG 189 particella 494 (Marsala)

Infine, l'area del sistema di accumulo interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Marsala (TP):

- FG 137 particella 31 (Marsala)

Tutti i terreni su cui saranno installati i moduli fotovoltaici e realizzate le infrastrutture necessarie, risultano di proprietà privata e corrispondono a terreni ad uso prevalentemente agricolo.

Luogo di installazione	Comuni di Mazara del Vallo (TP) e Marsala (TP)	
Potenza di Picco (kWp)	53970 kWp	
Potenza Nominale (kW)	53970 kWp	
Potenza massima in immissione	45000 kW	
Informazioni generali del sito	Sito pianeggiante ben raggiungibile da strade statali/provinciali/comunali	
Tipo di strutture di sostegno	Inseguitore monoassiale	
Coordinate area impianto	Latitudine	37°48'0.32"N
	Longitudine	12°39'49.35"E
Coordinate Stazione Utente 220 kV	Latitudine	37°49'1.30"N
	Longitudine	12°40'13.71"E

Tabella 2-2 – Dati catastali

## 2.5 CONNESSIONE

La Società Engie Sole S.r.l ha presentato a Terna S.p.A. ("il Gestore") la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 55 MW. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202101714.

In data 24 Novembre 2021, il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), accettata in data 10 Gennaio 2022. La STMG è poi stata volturata alla Società proponente, con accettazione formale di Terna in data 26 Gennaio 2022.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 220 kV con la nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna", denominata "Partanna 2", previa:

- realizzazione del nuovo elettrodotto RTN 220 kV "Fulgatore – Partinico", di cui al Piano di Sviluppo Terna;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione con la stazione 220/150 kV di Fulgatore, previo ampliamento della stessa;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione a 220kV con la stazione 220 kV di Partanna, previo ampliamento della stessa.

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto inoltre di

Impianto agrivoltaico di potenza di picco pari a 53,97 MW (45 MW in immissione) con annesso SdA della potenza di 10 MW e 80 MWh di capacità e opere connesse, denominato "*Grillo*" da realizzarsi nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP)



condividere lo stallo RTN 220 kV nella stazione SE Partanna 2 con le iniziative FW Turna S.r.l. C.P. 201700201, Orchidea Blu Sol S.r.l. C.P. 201800035, Wood Eolico S.r.l. C.P. 201800085, di cui all'accordo di condivisione tra le medesime Società.

La stazione utente di impianto e il nuovo elettrodotto in antenna a 220 kV per il collegamento della stessa alla SE Partanna 2 costituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 220 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali norme a cui si fa riferimento sono:

- DPCM 8/7/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Legge n. 36 del 22/02/2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” e s.m.i;
- DM 29/05/08 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29/05/08" emanata da ENEL Distribuzione S.p.A.;
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8/07/2003” (Art.6).
- Norma CEI 211-7 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana”
- DLgs 1 agosto 2016, n. 159 “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.”

Il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Nel DPCM 8 Luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare, negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

*Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” [art.*

3, comma 1];

*“A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”* [art. 3, comma 2];

*“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”. [art. 4]*

In sintesi, quindi, il DPCM 8/7/03 fissa:

- in 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci, i limiti di esposizione per la protezione della popolazione dai campi elettromagnetici a 50 Hz generati dagli elettrodotti;
- in 10  $\mu$ T il valore di attenzione, introdotto come misura di cautela, che si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi e scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno;
- in 3  $\mu$ T l'obiettivo di qualità che si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti, nonché ai nuovi insediamenti e edifici in prossimità di linee ed installazioni elettriche esistenti.

Il D.M. Ambiente del 29 maggio 2008, indica la metodologia da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrato, esistenti e in progetto. Esso, tra le altre, introduce le seguenti definizioni:

**fascia di rispetto:** è lo spazio circostante ad un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sotto e al di sopra del livello del suolo caratterizzati da un'induzione magnetica superiore o uguale all'obiettivo di qualità specificato dal DPCM 08/07/2003. All'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

**distanza di prima approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Il parametro di corrente da considerare per la determinazione della fascia di rispetto è la corrente massima di esercizio in servizio normale dell'elettrodotto (ai sensi della norma CEI 11-60).

Lo stesso D.M. 29/05/2008, al punto 3.2 dell'allegato, indica che la metodologia si applica a tutti gli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee interrate o aeree, ad esclusione delle seguenti:

- linee esercite a frequenze diverse da 50 Hz (esempio linee ferroviaria a 3 kV)
- linee di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza...)
- linee di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 kV e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 kV)
- linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

Il D.lgs 159/2016 recepisce la Direttiva 2013/35/UE in materia di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori dai rischi dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici; mira a trattare tutti gli effetti biofisici diretti e gli effetti indiretti noti provocati dai campi elettromagnetici.

Le disposizioni contenute nella Direttiva, e quindi nel D.Lgs 159/2016, consistono nelle prescrizioni minime per promuovere miglioramenti negli ambienti di lavoro, al fine di garantire un adeguato livello di protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori, nel caso di attività comportanti esposizioni ai campi elettromagnetici.

Allo scopo vengono:

- definite le grandezze fisiche concernenti l'esposizione ai campi elettromagnetici;
- definiti, in specifiche tabelle, i valori limite di esposizione (VLE) per gli effetti sensoriali e sanitari relativi ai campi elettrici interni ed i valori di azione (VA) per consentire la conformità ai pertinenti VLE.
- definite procedure per aiutare i datori di lavoro, in particolare le piccole e medie imprese, a ottemperare agli obblighi previsti dalla direttiva stessa.



## 4 CENNI DI TEORIA

### 4.1 CAMPI ELETTRICI

Il metodo di calcolo qui descritto è quello delle cariche equivalenti semplificato: si rinuncia infatti a studiare l'esatta distribuzione delle cariche sulle superficie dei conduttori e si suppone che esse siano concentrate al centro degli stessi, con una densità lineare di carica costante. Per la determinazione delle cariche presenti sui diversi conduttori della linea ci si avvale del principio delle immagini, in base al quale un piano equipotenziale a potenziale nullo (quale si suppone essere il terreno) può essere simulato con una configurazione di cariche immagini, cioè di cariche di segno opposto a quelle che generano il campo e disposte specularmente rispetto al piano stesso. In questo modo ci si riduce ad un sistema di conduttori tra loro paralleli di cui sono noti i potenziali  $V(t)$ . È così possibile calcolare le cariche lineari indotte presenti su di essi attraverso la relazione:

$$[\lambda(t)] = [C] \cdot [V(t)]$$

dove  $[V(t)]$  è il vettore colonna delle tensioni,  $[\lambda(t)]$  il vettore colonna delle cariche lineari presenti sui conduttori e  $[C]$  la matrice quadrata dei coefficienti delle mutue capacità per unità di lunghezza. L'espressione può essere anche scritta in termini di fasori:

$$[\lambda] = [C] \cdot [V]$$

La matrice  $[C]$  è costante, simmetrica e dipende solo dalla configurazione geometrica dei conduttori: essa si ricava invertendo la matrice  $[P]$  dei coefficienti di potenziale (coefficienti di Maxwell) che esprimono ciascun potenziale in funzione di tutte le densità lineari di carica; gli elementi di  $[P]$  sono così definiti:

$$p_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2y_i}{r_i} \quad p_{ij} = p_{ji} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{ij}'}{D_{ij}}$$

dove, come illustrato in Figura 4-1,  $r_i$  è il raggio del conduttore  $i$ -esimo,  $y_i$  la sua altezza dal suolo,  $D_{ij}$  la distanza tra i conduttori  $i$ -esimo e  $j$ -esimo e  $D_{ij}'$  la distanza tra il conduttore  $i$ -esimo e l'immagine del conduttore  $j$ -esimo. In particolare:

$$D_{ij} = D_{ji} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$
$$D_{ij}' = D_{ji}' = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}$$

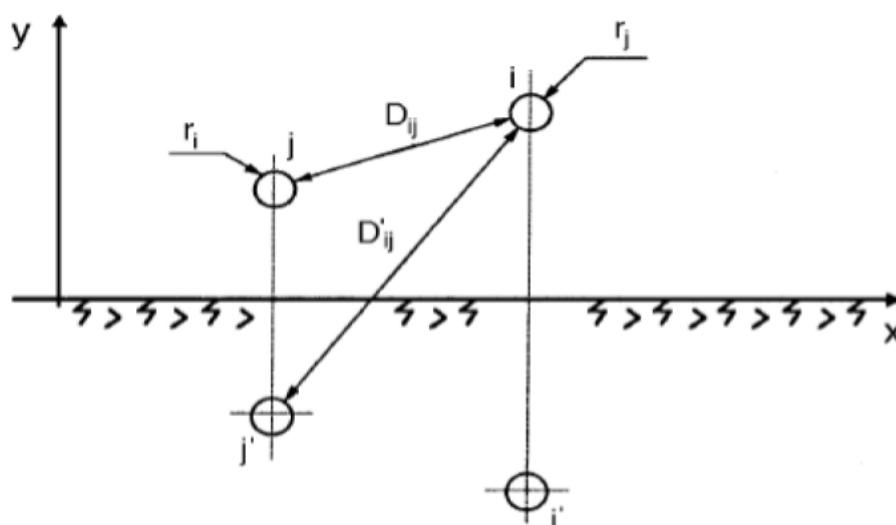


Figura 4-1 – Convenzioni seguite nel calcolo dei coefficienti di potenziale

Nel caso di conduttori a fascio è possibile definire un raggio equivalente  $r_{eq}$ , da sostituire nelle formule dei coefficienti di potenziale, secondo la formula seguente:

$$r_{eq} = R \cdot n \sqrt{\frac{n \cdot r}{R}}$$

dove: n è il numero di subconduttori che costituiscono il fascio, r è il loro raggio mentre R è il raggio del fascio di conduttori (Figura 4 2).

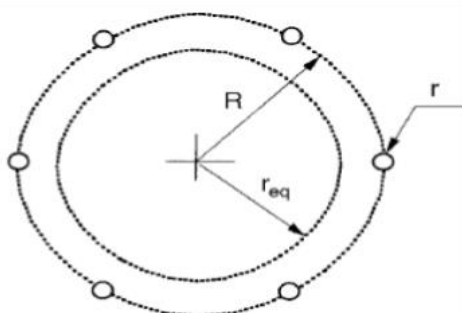


Figura 4-2 – Identificazioni raggi conduttori

Nota la matrice [P] si ricavano le densità lineari di carica sui conduttori:

$$[\lambda] = [P]^{-1} \cdot [V]$$

Una volta note le densità lineari di carica presenti sui conduttori, è possibile procedere al calcolo del campo elettrico da esse generato sovrapponendo gli effetti dei conduttori e delle loro immagini.

Applicando infatti la legge di Gauss in forma integrale nel caso di un conduttore di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante si ottiene:

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

dove  $d$  è la distanza dal conduttore rettilineo e  $\vec{u}_r$  è il versore unitario con direzione radiale dal conduttore stesso. Considerando il sistema di riferimento di Figura 4 1, in cui  $(x_i, y_i)$  sono le coordinate del conduttore  $i$ -esimo, e sommando gli effetti dei vari conduttori – raccogliendo tra loro le espressioni relative a ciascun conduttore ed alla sua immagine - si ottengono le espressioni delle singole componenti (fasoriali) del vettore del campo elettrico:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[ \frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

## 4.2 CAMPI MAGNETICI

Il calcolo dell'induzione magnetica risulta più semplice rispetto a quello del campo elettrico per i seguenti motivi:

- non è necessario calcolare il valore delle cariche lineari indotte sui conduttori in quanto i valori di induzione dipendono direttamente dalle correnti note;
- il terreno viene considerato come un piano avente permeabilità relativa pari a 1, e quindi nei calcoli si trascura il contributo delle correnti immagini.

Per il calcolo dell'induzione magnetica si ricorre alla legge di Biot - Savart che esprime in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica  $B$  generata da un conduttore rettilineo percorso da una corrente  $I$  attraverso la formula:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \vec{u}_I \times \vec{u}_r$$

dove  $d$  è la distanza tra il conduttore ed il punto di calcolo;  $\vec{u}_I$  e  $\vec{u}_r$  indicano, rispettivamente, il verso della corrente e della relativa normale;  $\times$  indica il prodotto vettoriale.

Ricorrendo al medesimo sistema di riferimento utilizzato per il calcolo del campo elettrico (Figura 4 1), ed essendo il versore del campo dovuto al conduttore  $i$ -esimo pari a:

$$\vec{u}_{B,i} = \vec{u}_{I,i} \times \vec{u}_{r,i} = - \frac{y - y_i}{d_i} \vec{u}_x + \frac{x - x_i}{d_i} \vec{u}_y$$

si ottengono le seguenti formule per il calcolo delle componenti spaziali (fasoriali) dell'induzione magnetica, quale contributo delle correnti nei diversi conduttori:

Impianto agrivoltaico di potenza di picco pari a 53,97 MW (45 MW in immissione) con annesso SdA della potenza di 10 MW e 80 MWh di capacità e opere connesse, denominato "Grillo" da realizzarsi nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP)



$$\mathbf{B}_x = \frac{\mu_o}{2\pi} \sum_i \mathbf{I}_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$
$$\mathbf{B}_y = \frac{\mu_o}{2\pi} \sum_i \mathbf{I}_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

## 5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 5.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

#### 5.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

#### 5.1.2 Inverter

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

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6), quindi gli inverter di progetto avranno emissioni certificate e conformi alla normativa vigente. Di conseguenza anche per gli inverter le emissioni saranno poco significative ai fini della presente valutazione, come tra l'altro si riscontra facilmente dalla normativa di settore.

#### 5.1.3 Cabine di conversione (Inverter station)

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di campo, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

In questo caso si valutano le emissioni dovute al trasformatore di potenza maggiore tra le 3 Power Station considerate nell'impianto, ossia da 4200 kVA collocato nelle cabine di trasformazione. La presenza dei trasformatori BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap. 5.2.1 del DM, e cioè:

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

dove:

DPA = distanza di Prima Approssimazione (m)

I = Corrente Nominale (A)

X = diametro dei cavi (m)

Nel caso specifico del trasformatore si deve considerare la corrente nominale lato BT In max di 3850 A. I collegamenti verso l'inverter sono realizzati in barre rigide in rame 2x3x2000 mm<sup>2</sup>. Per poter però utilizzare la formula precedente, si può ragionevolmente assumere che i collegamenti siano effettuati in cavo, con una formazione "equivalente" lato BT con una formazione 10 x 3 x (240) mm<sup>2</sup>. Il diametro esterno del cavo tipo FG16OR16 è pari a circa 29,2mm per singolo conduttore. Applicando la formula sopra riportata, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, di 4 m.

D'altra parte, nel caso in questione, si deve considerare che le cabine inverter sono posizionate all'aperto, all'interno dell'area recintata e normalmente non sono permanentemente presidiate.

#### 5.1.4 Cabine MT

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT di consegna, che sarà situata nella nuova SSE e le cabine MT dei campi fotovoltaici, con funzione di raggruppamento delle linee MT di impianto.

Per entrambe le tipologie di cabine, la principale sorgente di emissione è rappresentata dalle correnti dei quadri MT stessi, in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari ed ha pertanto una taglia molto modesta. La massima corrente BT, infatti, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a soli 148 A (applicando le stesse considerazioni del paragrafo precedente si otterrebbe una DPA di pochi cm).

Relativamente ai quadri MT, la massima corrente in impianto è pari a 521 A, per le linee che raccolgono l'intera produzione dell'impianto e il sistema di accumulo.

Considerando che il cavo scelto per tali linee ha tipologia ARE4H5E e formazione di 3x1x500, con un diametro esterno massimo pari a 50 mm per singolo conduttore, si ottiene una DPA pari a 2,3 m, che si può arrotondare a 2,5 m.

Anche in questo caso si deve però considerare che le cabine si trovano all'interno di aree recintate e non accessibili e normalmente non presidiate.

## 5.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI CAVI MT

Per lo studio di dettaglio dei campi elettrici e magnetici relativi alle linee MT a 30 kV relative all'impianto e la definizione delle corrispondenti fasce di rispetto si rimanda alla relazione di dettaglio facente parte del presente progetto.

## 5.3 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

Per lo studio di dettaglio dei campi elettrici e magnetici relativi alle opere connesse dell'impianto e la definizione delle corrispondenti fasce di rispetto si rimanda alla relazione di dettaglio facente parte del presente progetto.

## 6 CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre.

I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5 kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 220 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti, per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, lungo tutto il percorso si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia inferiore a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le Inverter Station l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 4200 kVA), già a circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa.

Per quanto riguarda la cabina di consegna, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 2 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di 4 ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

Infine, per quanto riguarda la SSE Utente e la parte di impianto a 220 kV, considerando le condizioni più gravose di esercizio, si identifica una fascia di rispetto di circa 18,5 m nell'introno dello stallo condiviso per il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T.

La semi-fascia di rispetto risultante invece per i cavi AT, calcolata però in corrispondenza della massima portata del cavo, risulta di circa 3,5 m.

Considerando che, anche per l'area di impianto relativa alla SSE Utente e al cavidotto 220 kV valgono le considerazioni precedenti, ovvero:

- la sottostazione di trasformazione è realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati;
- all'interno dell'area della sottostazione e lungo il cavidotto AT non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in

Impianto agrivoltaico di potenza di picco pari a 53,97 MW (45 MW in immissione) con annesso SdA della potenza di 10 MW e 80 MWh di capacità e opere connesse, denominato "*Grillo*" da realizzarsi nei comuni di Mazara del Vallo e Marsala (TP)



tensione,

si può affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della cabina di trasformazione sia trascurabile e pertanto possa essere considerato non significativo.