



**REGIONE LAZIO  
PROVINCIA DI ROMA  
COMUNE DI ARDEA**



**ARDEA\_26**



**PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p  
diviso in: LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW**

**UBICAZIONE IMPIANTO:**

**Località La Fossa, snc  
00040 Ardea (RM)  
Fogli 46, particelle 144-146-2273**

**ITER AUTORIZZATIVO:**

**V.I.A. – Valutazione di impatto ambientale  
D.Lgs n. 152/06 – art. 23**

|   |   |  |                   |                  |                      |
|---|---|--|-------------------|------------------|----------------------|
| <b>COMMESSA:</b><br><b>2021_FV26</b>  | <b>DOCUMENTO:</b><br><b>2021_26_FV_R_09</b> | <b>TITOLO:</b><br><b>RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI</b>   |                   |                  |                      |
| REV. 2  |   |  |                   |                  |                      |
| <b>REV. 1</b>   | <b>REVISIONE</b>                            | <b>29/09/22</b>  | <b>M. SESTILI</b> | <b>G. GROSSI</b> | <b>A. COSTANTINI</b> |
| REV. 0  | EMISSIONE                                   | 02/09/22   | M. SESTILI        | G. GROSSI        | A. COSTANTINI        |
| REV.  | DESCRIZIONE                                 | DATA   | REDATTO           | CONTROLLATO      | APPROVATO            |
| <b>COMMITTENTE:</b><br><b>ERMES S.p.A.</b><br>Piazza Albania, 10 – 00153, Roma, Italia<br>Tel: + 39 06 94838931<br><a href="http://www.ermesgroup.it">www.ermesgroup.it</a> ,<br><a href="mailto:info@ermesgroup.it">info@ermesgroup.it</a> ,<br><a href="mailto:ermes@pec.ermesgroup.it">ermes@pec.ermesgroup.it</a><br>C.F.:12730811002<br>P.IVA: 12730811002 |   | <b>PROGETTISTA:</b><br><br> |                   |                  |                      |

|  |  |                                      |  |
|--|--|--------------------------------------|--|
| <br><b>ERMES</b> <sup>®</sup><br>INNOVAZIONE ENERGETICA | <b>ARDEA _26</b><br>PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p diviso in:<br><b>LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW</b><br>Località La Fossa, snc - 00040 Ardea (RM) | DOCUMENTO:<br><b>2021_26_FV_R_09</b> |  |
|  | DATA: <b>29/09/2022</b>  |                                      |  |
|  | REV.: <b>01</b>  | PAG.: <b>1/8</b>                     |  |

## INDICE

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>PREFAZIONE.....</b>   | <b>2</b> |
| 1.1      | GENERALITÀ.....  | 2        |
| 1.2      | SCOPO DEL DOCUMENTO.....   | 2        |
| 1.3      | ABBREVIAZIONI.....   | 2        |
| <b>2</b> | <b>NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....</b>                              | <b>3</b> |
| <b>3</b> | <b>LEGGI E DECRETI.....</b>  | <b>3</b> |
| <b>4</b> | <b>CALCOLO DELLA INDUZIONE MAGNETICA DA CONDUTTURE ELETTRICHE.....</b> | <b>5</b> |
| 4.1      | LINEE IN CAVO INTERRATO A SEMPLICE TERNA.....                          | 5        |
| 4.1.1    | Cavi Unipolari Posati In Piano.....                                    | 5        |
| 4.1.2    | Cavi unipolari posati a trifoglio.....                                 | 6        |
| 4.1.3    | Cabine Elettriche .....  | 7        |

|  |   |                                      |                  |
|--|---|--------------------------------------|------------------|
| <br><b>ERMES</b> <sup>®</sup><br>INNOVAZIONE ENERGETICA | <b>ARDEA_26</b><br>PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p diviso in:<br><b>LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW</b><br>Località La Fossa, snc - 00040 Ardea (RM) | DOCUMENTO:<br><b>2021_26_FV_R_09</b> |                  |
|  |   | DATA: <b>29/09/2022</b>              |                  |
|  |   | REV.: <b>01</b>                      | PAG.: <b>2/8</b> |

## 1 PREFAZIONE

### 1.1 GENERALITÀ

L'impianto, come rappresentato nel documento "2020\_26\_FV\_E\_16" (Layout lotto di impianti su ortofofo e nel documento "2020\_26\_FV\_E\_15"(Layout lotto di impianti su Catastale) è costituito da un lotto di impianti di generazione fotovoltaica denominato "ARDEA\_26", comprendente 34 sottocampi, caratterizzati da altrettanti inverter di 350 kW ciascuno, per fornire una potenza complessiva di 11,9 MVA. I moduli fotovoltaici sono montati su strutture di sostegno ad inseguimento mono assiale con asse di rotazione lungo la direttrice Nord-Sud, permettendo al piano dei pannelli di seguire la rotazione del sole Est-Ovest.

Si rende, pertanto, necessario realizzare dei cavidotti interrati a 20 kV per collegare i SOTTOCAMPI alla rete di distribuzione.

### 1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il documento è redatto allo scopo di effettuare una valutazione dei campi elettromagnetici connessi con l'attività dell'impianto.

Dalla valutazione dei valori si potrà successivamente esaminare la necessità di adeguare le misure di protezione per ridurre l'impatto derivante dalle singole sorgenti a valori inferiori a quelli accettabili previsti dalle Norme.

### 1.3 ABBREVIAZIONI

- C.E.M. - Campi Elettromagnetici
- D.P.A - Distanza di Prima Approssimazione
- D.P.C.M. - Decreto Presidenza del Consiglio dei ministri
- D.lgs. - Decreto Legislativo
- R.T.N. - Rete Trasmissione Nazionale

|  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| <br><b>ERMES</b> <sup>®</sup><br>INNOVAZIONE ENERGETICA | <b>ARDEA _26</b><br>PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p diviso in:<br>LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW<br>Località La Fossa, snc - 00040 Ardea (RM) | DOCUMENTO:<br><b>2021_26_FV_R_09</b> |
|  |   | DATA: <b>29/09/2022</b>              |
|  | REV.: <b>01</b>   | PAG.: <b>3/8</b>                     |

## 2 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

- Norma CEI 211-4 Edizione 09/2008 - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche.
- Norma CEI 211-6 Edizione 01/2001 - Guida per la misura dei C.E.M. – Esposizione Umana - (0 – 10kHz).
- Norma CEI 211-7 Edizione 01/2001 - Guida per la misura dei C.E.M. – Esposizione Umana - (10 kHz – 300 GHz).
- Norma CEI 106-11 Edizione 02/2006 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 08/07/2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo.
- Norma CEI 106-12 Edizione 05/2006 - Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT

## 3 LEGGI E DECRETI

- D. M. n. 381 del 10/09/1998 - Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana
- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12/07/1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300 GHz (che recepisce le linee guida dell'ICNIRP – International Commission on non ionizing radiation protection del 28 aprile 1998)
- La Legge n. 36 del 22/02/2001 - “Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”. È il primo testo di legge organico che disciplina in materia di campi elettromagnetici e contiene riferimenti in merito a:
  - tutela della popolazione e dei lavoratori dagli effetti dei C.E.M. a breve e lungo termine basandosi sul principio della precauzione;
  - campi di applicazione: gli elettrodotti, gli impianti per uso civile e militare e gli impianti radio elettrici compresi gli impianti di telefonia mobile, i radar e gli impianti di radio diffusione che causano esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 0 – 300 GHz;
  - limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione degli effetti a breve e a lungo termine, e gli obiettivi di qualità per la progressiva minimizzazione dell'esposizione
  - affida a successivi decreti la definizione dei limiti;
  - prescrive il completo risanamento degli impianti radioelettrici entro due anni e degli elettrodotti entro dieci anni, stabilendo per questi, criteri di priorità degli interventi
  - prevede sanzioni amministrative;
  - istituisce i catasti nazionale e regionali degli elettrodotti e degli impianti esistenti;

|  |  |                                      |                  |
|--|--|--------------------------------------|------------------|
| <br><b>ERMES</b> <sup>®</sup><br>INNOVAZIONE ENERGETICA | <b>ARDEA_26</b><br>PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p diviso in:<br>LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW<br>Località La Fossa, snc - 00040 Ardea (RM) | DOCUMENTO:<br><b>2021_26_FV_R_09</b> |                  |
|  |  | DATA: <b>29/09/2022</b>              |                  |
|  |  | REV.: <b>01</b>                      | PAG.: <b>4/8</b> |

➤ prescrive che i prodotti commerciali che generano campi elettromagnetici riportino l'indicazione dei valori di campo emessi nelle condizioni di impiego.

- L. n. 36 – Ultimo aggiornamento pubblicato il 16/07/2020
- D.L.vo n. 259 del 01/08/2003 – Codice delle Comunicazioni elettroniche
- D.P.C.M. dell'8/07/2003 – Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici, magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

Quest'ultimo provvedimento indica più livelli di riferimento per l'esposizione:

- *limiti di esposizione*, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione per la tutela della salute dagli effetti acuti;
- *valori di attenzione*, che non devono essere superati negli ambienti adibiti a permanenze prolungate per la protezione da possibili effetti a lungo termine;
- *obiettivi di qualità*, da conseguire nel breve, medio e lungo periodo per la minimizzazione delle esposizioni, con riferimento a possibili effetti a lungo termine per progetti successivi alla data di emissione del decreto.

L'art. 3 dello stesso riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione obiettivi di qualità dei campi EM, come riportato nella tabella che segue:

| SOGLIA DI RIFERIMENTO | CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA [μT] | CAMPO ELETTRICO [V/M]                          |
|-----------------------|-----------------------------------|--|
| Limite di esposizione | 100                               | 5000   |
| Valore di attenzione  | 10                                | La normativa non prevede soglie di riferimento |
| Obiettivo di qualità  | 3                                 |  |

Nel caso degli elettrodotti, e, più in generale, delle onde elettromagnetiche a bassa frequenza, i limiti sui campi magnetici sono più importanti di quelli sui campi elettrici.

Questo dipende sia dalla maggiore penetrazione dei campi magnetici lentamente variabili, sia dalla maggiore entità degli effetti sanitari secondo la letteratura scientifica.

Lo strumento attraverso il quale viene garantita l'applicazione dell'obiettivo di qualità è la cosiddetta "fascia di rispetto degli elettrodotti", ossia una porzione di territorio intorno alla linea, o alla cabina, all'interno della quale l'induzione magnetica supera i 3μT; all'interno di tali fasce non è consentito costruire edifici adibiti a permanenza prolungata (non inferiore a 4 ore giornaliere).

Tale concetto si applica sia ai nuovi edifici rispetto agli elettrodotti esistenti, sia ai nuovi elettrodotti rispetto alle strutture esistenti.

|  |   |                                      |                  |
|--|---|--------------------------------------|------------------|
| <br><b>ERMES</b> <sup>®</sup><br>INNOVAZIONE ENERGETICA | <b>ARDEA _26</b><br>PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p diviso in:<br>LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW<br>Località La Fossa, snc - 00040 Ardea (RM) | DOCUMENTO:<br><b>2021_26_FV_R_09</b> |                  |
|  |   | DATA: <b>29/09/2022</b>              |                  |
|  |   | REV.: <b>01</b>                      | PAG.: <b>5/8</b> |

La normativa prevede che sia il gestore a calcolare la fascia di rispetto per ogni nuova linea. Il gestore calcola anche la “Distanza di prima Approssimazione” (DPA), che rappresenta semplicemente la proiezione al suolo della fascia di rispetto valutata con parametri cautelativi.

La progettazione della posa delle linee elettriche di connessione e delle cabine tiene conto del documento pubblicato da ENEL: “Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08”. Nel caso preso in esame, poiché all’interno della recinzione del campo fotovoltaico non è prevista la permanenza di persone, la verifica sui C.E.M. viene eseguita esclusivamente sulla cabina elettrica installata in prossimità dell’ingresso al campo, ma soprattutto lungo la linea in MT che costituisce la connessione dell’impianto alla rete e-Distribuzione.

## 4 CALCOLO DELLA INDUZIONE MAGNETICA DA CONDUTTURE ELETTRICHE

### 4.1 LINEE IN CAVO INTERRATO A SEMPLICE TERNA

Nel caso di cavi AT, la situazione impiantistica più diffusa è rappresentata da una terna di cavi unipolari posati ad una profondità di circa 1,2÷1,8 m. I cavi possono essere posati:

- in piano distanziati di circa 0,15-0,25 m,
- ai vertici di un triangolo equilatero (posa a “trifoglio”).

Nel caso invece di cavi MT, la situazione impiantistica più diffusa è rappresentata da cavi unipolari posati ad una profondità di circa 0,8÷1,2 m e disposti prevalentemente a “trifoglio” o in piano, a contatto o distanziati di circa 0,10 m.

#### 4.1.1 Cavi Unipolari Posati In Piano

La situazione più generale è rappresentata da una terna di cavi posati in piano alla profondità  $d$  e spaziatissimi di  $S$  (Figura 1).

Si può quindi ricorrere alle formule approssimate per conduttori in piano, applicando le relazioni seguenti:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R'^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

I cui simboli sono riferiti alla figura seguente:

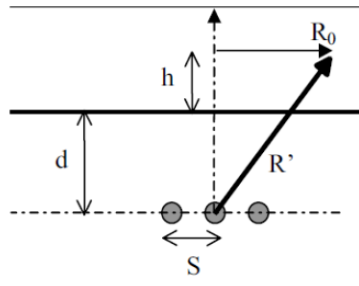


Figura 2 – Disposizione in piano dei cavi interrati

In alcuni casi può essere conveniente calcolare - al posto della distanza dal baricentro dei conduttori che può risultare fin troppo conservativa - la distanza  $R_0$  dall'asse della linea al livello del suolo ( $h = 0$ ) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto di un valore prefissato ( $3 \mu T$ )(1). In questa ipotesi, la profondità di posa diviene un ulteriore parametro per poter ottenere la distanza dall'asse della linea.  $R_0$  può quindi essere calcolato applicando la formula semplificata per il calcolo di  $R_0$  e tenendo conto della profondità di posa  $d$ :

$$R_0 = \sqrt{R'^2 - d^2} \quad [m] \qquad R_0 = \sqrt{0,115 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

#### 4.1.2 Cavi unipolari posati a trifoglio

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 3. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate adottate per le linee aeree con conduttori a triangolo

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \qquad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

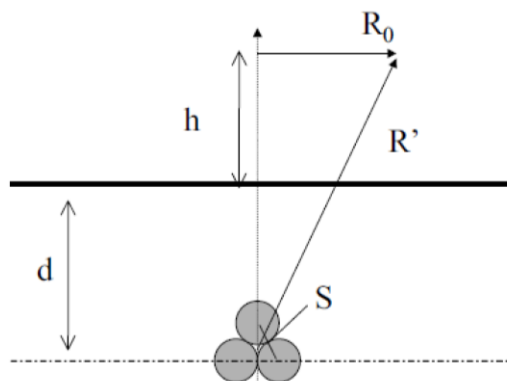


Figura 3 - Disposizione a trifoglio dei cavi interrati

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R<sub>0</sub> dall'asse della linea al livello del suolo (h=0) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 μT è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Nel nostro caso le connessioni delle Power Stations alle cabine di ricezione con cavo interrato sono realizzate tutte con cavo cordato ad elica ARE4H5EX 3x1x50 mm<sup>2</sup> destinato a portare al massimo 115,5 A nel caso dei locali trasformatori da 2 MVA. Per questo cavo la distanza DPA risulta di circa 0.50 m

Per questa posa viene prescritta la profondità di 1 m in questo modo si garantisce al di sopra del terreno un valore di induzione magnetica < 3 μT anche con la massima corrente che può essere portata dal cavo.

#### 4.1.3 Cabine Elettriche

Per le cabine elettriche oltre alla presenza delle condutture elettriche può esserci un trasformatore di potenza. In questo caso possiamo riferirci alla Tabella 2 in cui sono calcolate, per le varie potenze standard dei trasformatori in Media Tensione 400/20000, le correnti lato 400 V per carichi equilibrati con la formula approssimata  $I = 1.5 \cdot P$ . Dove abbiamo, la corrente I in [A], la potenza P in [kVA] e  $1.5 \sim 1000 / (400 \times 1.73) = 1.44337$ .

La distanza D rappresenta la distanza dal fascio di conduttori in BT oltre la quale l'induzione risulta più bassa di 3 μT.

Poiché l'induzione dipende dalla corrente, nel caso dei trasformatori in MT, il lato che presenta un valore di maggiore campo magnetico è sicuramente il lato BT. Per cui, intorno al trasformatore l'andamento delle linee di forza sarà diverso tra i due lati opposti, BT/MT, ma considereremo, in ogni caso ai fini della sicurezza, la distanza DPA calcolata nella Tabella 1, estesa tutto intorno al trasformatore presente in cabina.

| Potenza trasformatore (kVA) | I (A) | Formazione cavi in uscita trafo (mmq) | S (m) | B (μT) | D (m) | Dpa (m) |
|-----------------------------|-------|---------------------------------------|-------|--------|-------|---------|
| 160                         | 240   | 1x150                                 | 0,022 | 3      | 0,78  | 1       |
| 250                         | 375   | 1x240                                 | 0,027 | 3      | 1,08  | 1,5     |
| 400                         | 600   | 2x185                                 | 0,048 | 3      | 1,82  | 2       |
| 630                         | 945   | 3x240                                 | 0,081 | 3      | 2,97  | 3       |
| 800                         | 1200  | 4x185                                 | 0,096 | 3      | 3,65  | 4       |
| 1000                        | 1500  | 4x240                                 | 0,108 | 3      | 4,33  | 4,5     |
| 1250                        | 1875  | 6x185                                 | 0,144 | 3      | 5,58  | 6       |
| 1600                        | 2400  | 6x240                                 | 0,162 | 3      | 6,70  | 7       |
| 2000                        | 3000  | 7x240                                 | 0,189 | 3      | 8,09  | 8,5     |
| 2500                        | 3750  | 8x240                                 | 0,216 | 3      | 9,67  | 10      |

Tabella 1 – Potenze dei trasformatori in MT 400/20000 V, con relative grandezze EM e Dpa



|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>ARDEA _26</b><br>PROGETTO DI UN LOTTO DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI PN 14,03 MW/p diviso in:<br>LOTTO 1: PN 2889 kW; LOTTO 2: PN 5365 kW; LOTTO 3: 5778 kW<br>Località La Fossa, snc - 00040 Ardea (RM) | DOCUMENTO:<br>2021_26_FV_R_09 |
|   |   | DATA: 29/09/2022              |
|   | REV.: 01  | PAG.: 8/8                     |

Considerando che i trasformatori utilizzati nell'impianto in oggetto hanno le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale lato BT      Trifase con neutro 800 Vac
- Tensione nominale lato MT      Trifase senza neutro 20.000 Vac
- Frequenza                      50 Hz
- Potenza                          2.000 kVA
- Gruppo                          DYn11

poiché la tensione del lato BT invece di essere 400 V come il caso in Tabella 1 è di 800 V, la corrente risulterà più bassa nel rapporto 400/800: pertanto, invece di essere 2886.74 A, approssimata come da tabella a 3000 A, sarà 1443,37 A (calcolo esatto), approssimata a 1500 A in maniera cautelativa.

Dato che l'induzione è proporzionale alla corrente ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza, la distanza D della tabella diminuirà della radice quadrata del rapporto delle correnti:

$$D' = D \times \sqrt{1500/3000} = 8,09 \times 0,707 = 5,72 \text{ m.}$$

Tenendo conto delle distanze interne del trasformatore rispetto alla parete, si può considerare prudenzialmente una DPA pari a 6 m tutt'intorno alle cabine.

In ogni caso, si precisa, che la posizione centrale delle cabine all'interno delle aree di installazione evita la permanenza per tempi prolungati di persone nei pressi di sorgenti elettromagnetiche.



Il Tecnico  
Alessandro Costantini