

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI LECCE
COMUNE DI SQUINZANO - CAMPI SA-
LENTINA



SQUINZANO_19

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{AC} 40 MVA

GENERATORE FOTOVOLTAICO PN_{DC} 31,56 MW (PN_{AC} 26 MVA) + ACCUMULO PN_{AC} 14 MVA

UBICAZIONE IMPIANTO:

Squinzano (LE)
 Foglio 9, particelle 4-92-93-94-95-96-97-98-99-100-104-105-106-110-111-129
 Campi Salentina (LE)
 Foglio 2, particelle 40-63-65-78-79-94-244-283-80-81-82-61-62-67-68-69-72-73-75-76-86-87-88-279-385-387-389-391-56-124-307

ITER AUTORIZZATIVO:

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

COMMESSA: 2020_19_FV	DOCUMENTO: 2020_19_FV_R_09	TITOLO: RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI			
REV. 2		08/06/23	I.PELLEGRINO	S.CIOTTA	A.COSTANTINI
REV. 1		24/04/23	I.PELLEGRINO	S.CIOTTA	A.COSTANTINI
REV. 0	EMISSIONE	03/08/22	M.SESTILI	G. GROSSI	A. COSTANTINI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

COMMITTENTE:

SQUINZANO SOLARE S.R.L.

Piazza Albania,10 - 00153, Roma, Italia
 Tel: +39 06 94838931
 www.ermesgroup.it,
 info@ermesgroup.it,
 squinzanosolare@pec.it
 C.F.:16298291002
 P. IVA: 16298291002

PROGETTISTA:



INDICE

1	PREFAZIONE.....	2
1.1	GENERALITÀ.....	2
1.2	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	2
1.3	ABBREVIAZIONI.....	2
2	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	3
3	LEGGI E DECRETI.....	3
4	CALCOLO DELLA INDUZIONE MAGNETICA DA CONDUTTURE ELETTRICHE.....	5
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
4.1.4	Stazione di trasformazione 20/36	9

 ERMES [®] INNOVAZIONE ENERGETICA	SQUINZANO_19 PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{Ac} 40 MVA GENERATORE FOTOVOLTAICO PN _{dc} 31,56 MW (PN _{ac} 26 MVA) + ACCUMULO PN _{ac} 14 MVA SQUINZANO (LE) - CAMPI SALENTINA (LE)	DOCUMENTO: 2020_19_FV_R_09	
		DATA: 08/06/2023	
		REV.: 02	PAG.: 2/9

1 PREFAZIONE

1.1 GENERALITÀ

L'impianto, come rappresentato nel documento "2020_19_FV_E_24" (Layout impianto su ortofoto e nel documento "2020_19_FV_E_23" (Layout impianto su Catastale) è costituito da un impianto di generazione fotovoltaica denominato "SQUINZANO_19", comprendente 8 sotto-campi, di cui 6 da 4,0 MVA, 1 da 1,5 MVA e 1 da 1,0 MVA e da 4 sistemi di accumulo ciascuno da 3,5 MVA, per un totale di potenza di circa 40 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 ad una stazione di smistamento. Da questa, dopo aver innalzato la tensione a 36 kV per mezzo di un trasformatore con rapporto 20/36 e la potenza di 45 kVA, l'energia prodotta dal campo fotovoltaico o/e immagazzinata dal sistema di accumulo sarà inviata alla sottostazione terminale di allaccio con una linea a 36 kV che sarà collegata in antenna con le modalità prese in accordo con TERNA S.p.A. Anche quest'ultima linea sarà interrata

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 il 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

 ERMES [®] INNOVAZIONE ENERGETICA	SQUINZANO_19 PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{Ac} 40 MVA GENERATORE FOTOVOLTAICO PN _{dc} 31,56 MW (PN _{Ac} 26 MVA) + ACCUMULO PN _{Ac} 14 MVA SQUINZANO (LE) - CAMPI SALENTINA (LE)	DOCUMENTO: 2020_19_FV_R_09	
		DATA: 08/06/2023	
		REV.: 02	PAG.: 3/9

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;

➤ 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.

 ERMES [®] INNOVAZIONE ENERGETICA	SQUINZANO_19 PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{AC} 40 MVA GENERATORE FOTOVOLTAICO PN _{DC} 31,56 MW (PN _{AC} 26 MVA) + ACCUMULO PN _{AC} 14 MVA SQUINZANO (LE) - CAMPI SALENTINA (LE)	DOCUMENTO: 2020_19_FV_R_09	
		DATA: 08/06/2023	
		REV.: 02	PAG.: 5/9

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:

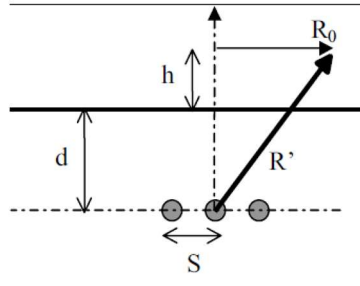


Figura 2 – Disposizione in piano dei cavi interrati

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 :

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

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

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

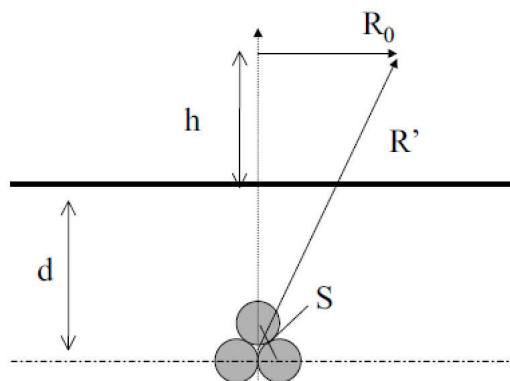


Figura 3 - Disposizione a trifoglio dei cavi interrati

 ERMES [®] INNOVAZIONE ENERGETICA	SQUINZANO_19 PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{Ac} 40 MVA GENERATORE FOTOVOLTAICO PN _{dc} 31,56 MW (PN _{ac} 26 MVA) + ACCUMULO PN _{ac} 14 MVA SQUINZANO (LE) - CAMPI SALENTINA (LE)	DOCUMENTO: 2020_19_FV_R_09	
		DATA: 08/06/2023	
		REV.: 02	PAG.: 7/9

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R₀ 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 alla cabina di smistamento con cavo interrato sono realizzate tutte con cavo cordato ad elica ARE4H5EX 3x1x50 mm² destinato a portare al massimo 115,5 A nel caso delle PSU da 4 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.

Per la linea di connessione a 36 kV la corrente massima sarà di 641,5 A. La linea sarà costituita da 3 terne di cavi tipo RG7H10R 3x185 mm² a 26-45kV in parallelo. La corrente di ciascun conduttore sarà al massimo di circa 220 A che produce un campo magnetico di 3 μT a circa 1 m. Per evitare un aumento di intensità di campo magnetico per effetto della vicinanza dei tre cavi, si dovranno interrare ad 1 m circa di distanza l'uno dall'altro. Questo permetterà una profondità di posa di circa 1,70 m

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

Considerando la cabina di Figura 4, i trasformatori utilizzati nell’impianto in oggetto hanno le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale lato BT Trifase con neutro 640 Vac
- Tensione nominale lato MT Trifase senza neutro 20.000 Vac
- Frequenza 50 Hz
- Potenza 2.000 kVA
- Gruppo DYn11

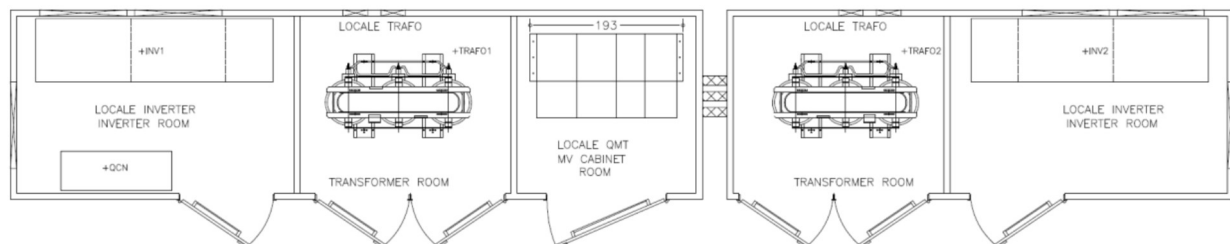


Figura 4 - Cabina Utente

Per questi trasformatori, poiché la tensione del lato BT invece di essere 400 V come il caso in Tabella 1 è di 640 V, la corrente risulterà più bassa nel rapporto 400/640: pertanto, invece di essere 2886.74 A, ap-

	SQUINZANO_19 PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{AC} 40 MVA <small>GENERATORE FOTOVOLTAICO PN_{DC} 31,56 MW (PN_{AC} 26 MVA) + ACCUMULO PN_{AC} 14 MVA</small> SQUINZANO (LE) - CAMPI SALENTINA (LE)	DOCUMENTO: 2020_19_FV_R_09	
		DATA: 08/06/2023	
		REV.: 02	PAG.: 9/9

prossimata come da tabella a 3000 A, sarà 1804,21 A (calcolo esatto), approssimata a 2000 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:


$$D' = D \times \sqrt{2000/3000} = 8,09 \times 0,816 = 6,61 \text{ m.}$$

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.

4.1.4 Stazione di trasformazione 20/36

Nell'area destinata alla trasformazione della tensione da 20 kV a 36 kV vi sarà un trasformatore da esterno di potenza pari a 45 MVA posato in modo da risultare adeguatamente distante dai confini in modo da evitare che l'intensità del campo magnetico prodotto possa superare all'esterno della stazione di trasformazione il valore dei 3 μT.


 Il Tecnico