



COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE (BA)

Impianto Fotovoltaico "TORNASOLE"

della potenza di 22,00 MW in immissione e 27,09 MW in DC

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



TORNA SOLE SRL
Via Enrico Pappacena, 22 - 70124 BARI (BA)
Tel. (0034) 963 411 301 · Fax (0034) 963 411 279
info@grupozaragoza.com · www.grupozaragoza.com

TORNA SOLE, S.R.L.
Via Enrico Pappacena, 22
70124 BARI - ITALIA
P.IVA 06385140722

PROGETTAZIONE:



TEKNE srl
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Dott. Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)



LEGALE RAPPRESENTANTE:
dott. Renato Mansi

TEKNE srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
IL PRESIDENTE
Dott. RENATO MANSI

CONSULENTE:

Dott. Ing. Pasquale Fantasia



PD

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Tavola:

RE09

Filename:

TKA686-PD-RE09-R0.docx

Data 1°emissione:

DICEMBRE 2022

Redatto:

P. FANTASIA

Verificato:

G. PERTUSO

Approvato:

R. PERTUSO

Scala:

/

Protocollo Tekne:

n° revisione

1				
2				
3				
4				

TKA686

INDICE

<u>1.</u>	<u>PREMESSA, DESCRIZIONE DEI LUOGHI E INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI CEM</u>	<u>1</u>
<u>2.</u>	<u>DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVE DI SETTORE:</u>	<u>1</u>
<u>a.</u>	<u>esposizione della popolazione</u>	<u>1</u>
<u>b.</u>	<u>esposizione professionale</u>	<u>3</u>
<u>3.</u>	<u>Disposizioni Specifiche per Lavoratori Portatori di Protesi o Dispositivi Elettronici Impiantati</u>	<u>4</u>
<u>4.</u>	<u>Identificazione dei Luoghi e delle Sorgenti CEM</u>	<u>6</u>
<u>5.</u>	<u>ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO</u>	<u>11</u>
<u>6.</u>	<u>METODOLOGIA DI MISURA del fondo CEM e STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</u>	<u>19</u>
<u>7.</u>	<u>RISULTATI DELLE MISURE DI CAMPI ELETTROMAGNETICI</u>	<u>20</u>
<u>8.</u>	<u>ANALISI DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI E CONCLUSIONI</u>	<u>23</u>

ELENCO ALLEGATI

- A. Normativa di riferimento
- B. Certificato di calibrazione e taratura strumentazione utilizzata
- C. Effetti dei campi elettromagnetici sugli esseri umani
- D. Stralcio Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di ENEL DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI QSA/IUN

1. PREMESSA, DESCRIZIONE DEI LUOGHI E INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI CEM

A seguito di incarico ricevuto TORNA SOLE S.R.L., con sede legale in Via Via Enrico Pappacena, 22 – 70124 Bari (BA), il sottoscritto Dott. Ing. Pasquale Fantasia, iscritto all’Albo degli Ingegneri della Provincia di Bari al n°6178, nonché all’Albo dei Consulenti Tecnici del Tribunale di Bari al n°2097, ha condotto indagini e misure finalizzate all’analisi dell’impatto ambientale e dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici generati dal realizzando impianto fotovoltaico, denominato “Tornasole”, installato su strutture metalliche ancorate su terreno agricolo nel Comune di Santeramo in Colle (BA), riportata in Catasto Terreni al foglio 84 e particelle 31, 34, 58, 71, 72, 77, 79, 80, 327, 328, 335, 336, 498, 499, 965, 1159 (ex 23), 1160 (ex 23), al foglio 85 e particelle 62, 65, 95, 96, 97, 98, 201, 202, 203, 208, 209, 324, 392 (ex 125), 393 (ex 125), 394 (ex 125), 395 (ex 328), 396 (ex 328), 397 (ex 69), 398 (ex 69), 399 (ex 287), 400 (ex 287), 401 (ex 287), 402 (ex 287), 403 (ex 70), 404 (ex 70), 405 (ex 70), 406 (ex 68), 407 (ex 68), e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie per la realizzazione dell'impianto stesso, ossia le cabine di utenza e le cabine di raccolta con relativi raccordi a mezzo di cavidotti alla RTN c/o la Stazione elettrica di denominata “Matera” 380/150 kV sita nei pressi della zona industriale “IESCE”. Detto impianto avrà una potenza nominale complessiva di **25,6 MW in AC e 27,09 MW in DC** e sarà realizzato così come dettagliatamente specificato nel Progetto Definitivo prodotto dalla Tekne ed a firma dell’Ing. Renato Pertuso a cui questa relazione fa riferimento per i dati tecnici. La presente relazione, quindi, è propedeutica alla valutazione dell’impatto elettromagnetico prodotto dalle cabine elettriche di trasformazione e consegna, e dalle linee interrate che costituiscono l’intero impianto fino al conferimento nella Stazione Primaria del gestore nazionale denominata “TORNASOLE”.

2. DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVE DI SETTORE:

A. ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

A livello nazionale la norma di riferimento in materia di inquinamento elettromagnetico è rappresentata dalla **Legge n°36 del 22/02/2001** (“*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*”),

Tale Legge oltre a stabilire le competenze in materia di Stato, Regioni e Province, introduce i concetti di **limite di esposizione**, di **valore di attenzione** e di **obiettivi di qualità**: i primi due rappresentano i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che rispettivamente non devono essere superati in situazione di esposizione acuta e di esposizione prolungata, mentre gli obiettivi di qualità comprendono tutte le prescrizioni che consentono una progressiva minimizzazione dell’esposizione ai suddetti campi. Detti valori vengono definiti in due decreti attuativi successivi emanati uno nel luglio

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	1/24

2003 (**D.P.C.M. 8/07/2003**), l'altro nel maggio 2008 (**D.M. 29 maggio 2008 - "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"**) ed hanno lo scopo di stabilire la procedura da adottarsi per la determinazione delle **fasce di rispetto e distanze di prima approssimazione (DPA)** pertinenti alle **linee elettriche aeree e interrate** e delle **cabine, esistenti e in progetto**.

Per maggiori informazioni sugli **Effetti dei campi elettromagnetici sugli esseri umani** si veda l'**Allegato C** di questa relazione. Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: 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 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

- All'art.3 comma 2: 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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- Art.4 comma 1. 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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Lo stesso DPCM, all'art. 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ($B=3\mu$ T) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale sia la fascia di rispetto nello spazio circostante l'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. Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

I **valori ed i limiti** stabiliti su tutto il territorio nazionale sono riportati nella seguente tabella:

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	2/24

Frequenza 50 Hz	Intensità di Campo Elettrico E	Induzione Magnetica B
Limite di esposizione <i>(da non superare mai)</i>	5,000 V/m	100 μT
Valore di attenzione <i>(da non superare nei luoghi adibiti a permanenze superiori a 4 ore/giorno)</i>	Non previsto	10 μT
Obiettivo di qualità <i>(da non superare per i nuovi elettrodotti/cabine o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti/cabine esistenti)</i>	Non previsto	3 μT

Fare riferimento all' Allegato - A per dettaglio descrizione valori da rispettare

I limiti di esposizione sono stati introdotti a tutela della salute umana contro l'insorgenza degli effetti acuti, immediatamente conseguenti all'esposizione, mentre i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità hanno l'intento di tutelare la popolazione da eventuali effetti a lungo termine sulla salute umana.

B. ESPOSIZIONE PROFESSIONALE

In considerazione della possibile presenza di personale tecnico a vario titolo all'interno dell'impianto sia in fase di esecuzione che di esercizio di seguito si riporta una tabella indicante i **valori di azione** per diverse grandezze che dovranno essere verificate nel caso di lavoratori esposti:

Tab. 1: Valori di azione.

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico o E(V/m)	Intensità di campo magnetico H(A/m)	Induzione magnetica B (μ T)	Densità di potenza di onda piana S_{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto, I_c (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti I_L (mA)
0 - 1 Hz	/	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	/	1,0	/
8 - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 - 2,5kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 - 65kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 - 100kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4f	/

"f" è la frequenza espressa nelle unità indicate nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.

Considerato che la frequenza della corrente $f = 0,050$ kHz, risultano i seguenti valori di riferimento per l'esposizione dei lavoratori:

- Intensità del campo elettrico: 10 kV/m

- Intensità del campo di induzione magnetica: 500 μ T

Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti limiti di esposizione dettati dal CAPO IV (Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici) del **D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 (Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro)** all'Articolo 209 - Valutazione dei rischi e identificazione dell'esposizione, così come modificato dal recente **Decreto Legislativo 1 agosto 2016, n. 159 (GU n.192 del 18/08/2016, in vigore dal 02/09/2016)**.

Il valore massimo della tensione di esercizio presente nell'impianto, pari a 20 kV per la linea MT di allaccio, è tale che i corrispondenti limiti di esposizione al campo elettrico (10kV/m) sono raggiunti a distanze dai conduttori già reclusi all'accesso.

Nel seguito della relazione l'analisi pertanto sarà concentrata sulla dimostrazione del rispetto del limite di azione di 500 μ T per il campo di induzione magnetica, relativamente alle aree il cui accesso è limitato al personale esposto per ragioni professionali, altresì si è proceduto parimenti alla valutazione dell'esposizione tenendo come riferimento limiti molto più cautelativi per la popolazione tutelanti anche i soggetti portatori di dispositivi medici impiantati, attivi o passivi, oltre gli utenti di dispositivi medici portatili e le lavoratrici in stato di gravidanza.

Al fine di verificare l'eventuale presenza di valori dovuti ad altre sorgenti, ovvero di verificare il fondo elettromagnetico esistente nelle aree dove verrà realizzato l'impianto si sono svolte misure dell'induzione magnetica in alcuni punti, ed in particolar modo sui tracciati dei cavidotti e nelle aree ove ricadranno le cabine di trasformazione, così come descritto nei paragrafi successivi.

3. DISPOSIZIONI SPECIFICHE PER LAVORATORI PORTATORI DI PROTESI O DISPOSITIVI ELETTRONICI IMPIANTATI

Un lavoratore portatore di un dispositivo medico (come per esempio un pacemaker) o di una protesi impiantata è da considerarsi, in generale, come lavoratore particolarmente sensibile al rischio (art.183 del D.Lgs. 81/2008) e deve pertanto essere trattato individualmente, prendendo in considerazione la sua situazione specifica e le caratteristiche pertinenti (in particolare il grado di immunità elettromagnetica) del dispositivo impiantato. Occorre infatti ricordare che il rispetto dei livelli di riferimento per la popolazione non garantisce in assoluto l'assenza di effetti indiretti, come riportato sia nelle linee guida ICNIRP del 1998, sia nelle premesse della Raccomandazione Europea 1999/519.

Sono state recentemente pubblicate due norme riguardanti la valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici per i lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili; la prima di esse (CEI EN 50527-1) ha validità generale, mentre la seconda (CEI EN 50527-2-1) si applica in modo specifico ai portatori di pacemaker. In queste norme si assume, in linea di massima, che i dispositivi impiantati funzionino correttamente fintantoché sono rispettati i livelli di riferimento per la popolazione definiti nelle linee guida ICNIRP del 1998; ma non si esclude che in alcune situazioni particolari possano avvenire interazioni significative anche per livelli di campo inferiori, confermando così la necessità di una valutazione individuale.

La norma CEI EN 50527-1 riporta una tabella dei luoghi di lavoro e delle attrezzature conformi ed una seconda tabella delle attrezzature potenzialmente interferenti. Le due tabelle, pur riprendendo quelle della norma CEI EN 50499, aggiungono considerazioni e note specifiche per i portatori di dispositivi medici impiantati. Esempi di sistemi potenzialmente interferenti sono i seguenti:

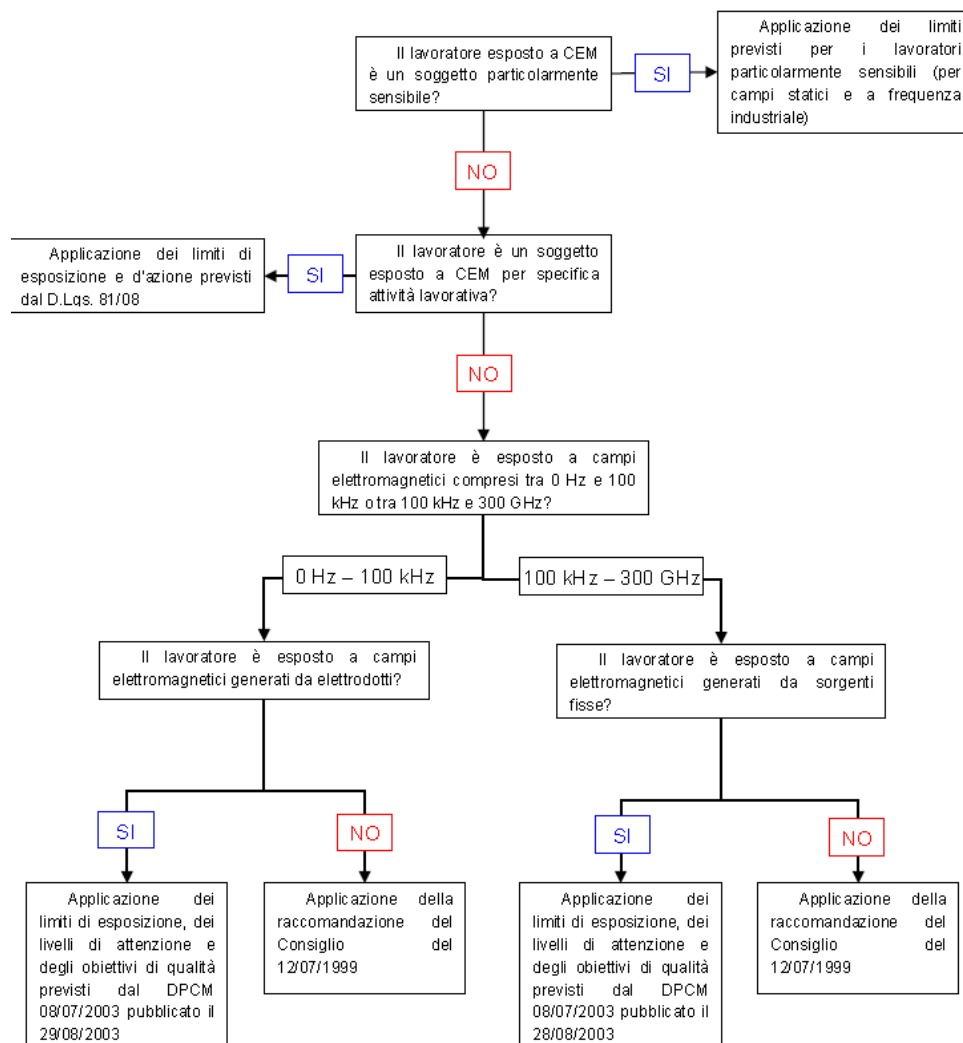
Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	4/24

- motori elettrici;
- metal detector;
- sistemi radiotrasmittenti;
- apparecchi elettromedicali per applicazioni di campi elettrici, magnetici elettromagnetici o di corrente;
- sistemi antitaccheggio;
- telefoni cellulari.

La norma **CEI EN 50527-1** propone inoltre una procedura approfondita di valutazione, da adottare nel caso in cui si verificano condizioni diverse da quelle riportate nella tabella delle situazioni conformi.

Infine, la norma elenca una serie di misure di tutela, da adottare al fine di ridurre il rischio di interferenze, tra le quali:

- fornire una corretta informazione ai lavoratori;
- apporre adeguata segnaletica di avviso in prossimità delle sorgenti di campi elettromagnetici potenzialmente interferenti con i dispositivi elettronici impiantati;
- creare percorsi alternativi per i portatori di pacemaker nel caso di presenza di sorgenti con emissioni potenzialmente nocive.



FLOW CHART (SCHEMA DI FLUSSO) PER LA VALUTAZIONE RISCHI CEM

Si evidenzia che le misure previste dal titolo VIII del D.Lgs. 81/2008 sono specificamente mirate alla protezione degli effetti certi che hanno una ricaduta in termini sanitari (*“rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivati dalla circolazione di correnti indotte e dall’assorbimento di energia, a da correnti di contatto”*), mentre non vengono normati gli effetti a lungo termine.

4. IDENTIFICAZIONE DEI LUOGHI E DELLE SORGENTI CEM

AREA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

CAMPI ELETTRICI

Come noto 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. Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 30.000V e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dagli alberi, dalle strutture metalliche porta-moduli, dalle guaine metalliche dei cavi a media tensione, ecc...; quindi, tenendo conto delle schermature dei cavi e della blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura le situazioni più critiche sarebbero rappresentate solo da eventuali linee elettriche aeree, nel caso in questione, essendo tutte le linee MT interrata si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica.

CAMPI MAGNETICI

Per quanto concerne invece i campi magnetici è necessario identificare nella centrale fotovoltaica le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore fotovoltaico e dai relativi cavidotti di collegamento con la cabina elettrica dove avviene la conversione e trasformazione.

SEZIONE CORRENTE CONTINUA

Considerando che:

- tale sezione di impianto è tutta 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 dorsale dai sottoquadri di campo ai quadri di campo e agli inverter, che sono quelli che trasportano correnti in valore significativo, sono distanti diverse decine di metri dalle recinzioni di confine;

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	6/24

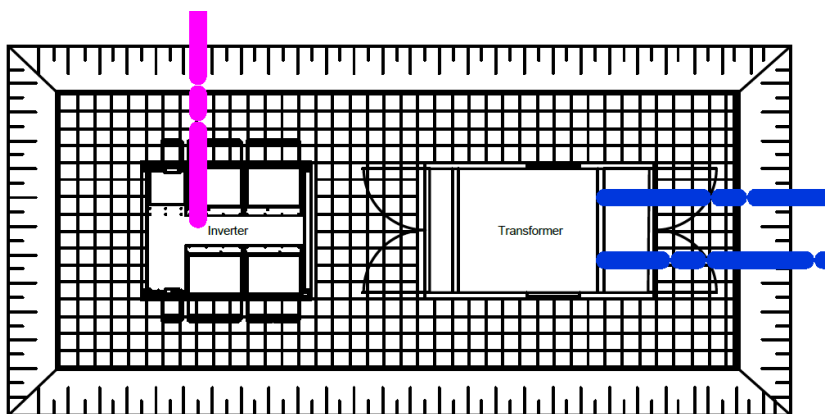
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di 40.000 pT, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz;

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

SEZIONE CORRENTE ALTERNATA

Per quanto concerne la sezione in corrente alternata le principali sorgenti emmissive sono l'inverter, le sbarre di bassa tensione dei quadri generali BT, o i trasformatori elevatori e gli elettrodotti in media e bassa tensione. Non si considerano importanti per la verifica dei limiti di esposizione, considerando che tali locali non prevedono la presenza di lavoratori se non per il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione, i seguenti componenti:

- i cavi di bassa tensione tra i trasformatori e gli inverter considerando che le diverse fasi saranno in posa ravvicinata in cunicolo interrato all'interno delle cabine o comunque all'interno dell'impianto.



Si ricorda a tal proposito che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori. Per questo motivo il problema dei campi magnetici è poco sentito nelle reti di bassa e media tensione in cavo dove gli spessori degli isolanti sono molto contenuti permettendo alle tre fasi di essere estremamente ravvicinate tra loro se non addirittura inserite nello stesso cavo multipolare (bassa tensione).

Diverso è invece il caso delle sbarre in rame dei quadri elettrici BT o degli inverter, dove la disposizione delle tre fasi in piano e le elevate correnti determinano campi magnetici elevati soprattutto nelle immediate vicinanze. Discorso analogo vale per il trasformatore elevatore.

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione si ipotizza che le sbarre di bassa tensione contenute nel quadro BT distino l'una dall'altra **D=10 cm**, siano lunghe **L = 2m** ed attraversate da una corrente di circa **4618 A** (corrispondente al caso peggiore di 6400 kVA per

sottocampo e tensione 800 V). Ad un metro di distanza (**d=1 m**) dalle sbarre l'induzione magnetica assume il suo massimo valore:

$$B'_{MAX} = \frac{0,346 \cdot I \cdot D \cdot \sin \left(\frac{L}{2} \right)}{\frac{1}{d^2}} = 113 \mu T$$

L'esposizione è maggiore dei valori di riferimento per la popolazione (100 μT) ma non superiore ai livelli d'azione per lavoratori (500 μT), pertanto vi è l'obbligo di apporre cartelli di divieto d'accesso ai lavoratori sensibili, a lavoratori terzi o pubblico.

Del resto questa posizione all'interno della cabina viene occupata solo per un tempo molto ristretto dovuto ad operazioni di manutenzione e assistenza tecnica sugli apparati da parte di lavoratori specializzati.

TRASFORMATORI MT/BT

Verranno utilizzati trasformatori di potenza 6400 kVA e 2400 kVA che verranno utilizzati nelle unità di conversione MT/BT. Il calcolo della Dpa sarà condotto, a vantaggio della sicurezza, esclusivamente considerando il trasformatore di taglia maggiore.

In conformità ai dettami di cui al D.C.P.M. 08/07/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la D.p.a. (fascia di prima approssimazione o fascia di rispetto) del trasformatore MT/BT risulta rispettata in base ai valori calcolati impiegando la formula seguente:

$$Dpa = \sqrt{I} \cdot 0,40942 \cdot x^{0,524}$$

Dpa = Distanza di prima approssimazione [m]; I = corrente nominale [A]; x = diametro dei cavi [m];

Sarà installato un trasformatore MT/BT da 6400 kVA con una corrente 4618 A lato bassa tensione.

Pertanto dalla suddetta formula si ricava una distanza di prima approssimazione **Dpa = 8,3 m** oltre la quale l'induzione magnetica non supera i 3μT così come previsto dal Decreto M.A.T.T.M. 29 maggio 2008.

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	8/24

INVERTER

Riguardo gli **inverter** essi sono certificati CE e in particolare rispetteranno tutte le norme nazionali ed europee in materia di compatibilità elettromagnetica.

L'inverter è l'apparato di conversione dell'energia elettrica, da corrente continua a corrente alternata e premettendo che gli inverter verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di progettazione si è ipotizzato di utilizzare quelli prodotti dalla HUAWEI modello SUN2000-215KTL-H3. Non si esclude la possibilità di utilizzare inverter di potenza inferiore distribuiti nel campo fotovoltaico.

L'inverter è costituito principalmente da:

- **sezione di arrivo** dal campo fotovoltaico con organo di sezionamento e misure;
- **convertitore statico**, provvisto di ponte a **IGBT** a commutazione forzata, logiche di comando, protezioni, autodiagnostica e misure;
- **sezione di uscita** in corrente alternata, comprendente il trasformatore di isolamento e i dispositivi di comando del parallelo.

Il convertitore si pone immediatamente in stand-by in mancanza di insolazione, e ripristina il proprio funzionamento non appena le condizioni tornano favorevoli. L'algoritmo MPPT (di inseguimento continuo del punto di massima potenza) integrato mantiene continuamente il campo fotovoltaico nelle migliori condizioni operative.

L'inverter è dotato di un proprio dispositivo di interfaccia funzionante su soglie di tensione e frequenza minima e massima conformi alla norma CEI 11-20 e DK5940.



HUAWEI – SUN2000 – 215KTL – H3

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	9/24

CARATTERISTICHE INVERTER: HUAWEI – SUN2000 – 215KTL – H3:

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

Data :

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

OTTOBRE 2022

DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA
VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

Pagina
10/24

CAVIDOTTI - CAVI INTERRATI

Rif. Norma Italiana CEI 106-11

Per i cavi interrati, bisogna precisare:

- che essi non si dispongono secondo una catenaria ma si mantengono in pratica sempre paralleli alla superficie del terreno;
- che la distanza tra i conduttori P è decisamente ridotta; questo comporta distanze R contenute rispetto al caso aereo. In relazione a ciò bisogna quindi valutare se relazioni approssimate del tipo di quelle utilizzate per le linee aeree in conduttori nudi siano ancora applicabili con un ragionevole grado di accuratezza.

Nel caso di cavi MT, la situazione impiantistica più diffusa è rappresentata da cavi unipolari posati ad una profondità di circa 0.8-1.5 m e disposti prevalentemente a "trifoglio" o in piano, a contatto o distanziati di circa 0,10 m.

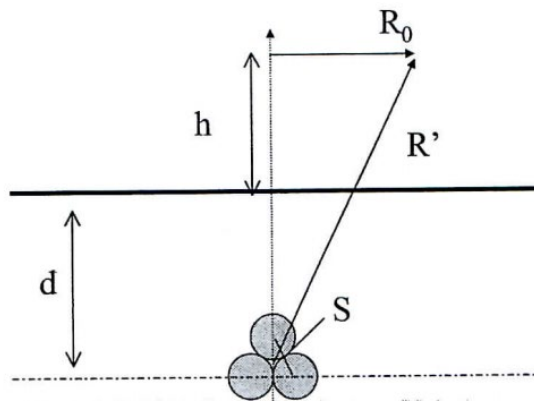
CAVI DISPOSTI A TRIFOGLIO:

Figura SEQ Figura * ARABIC 1 - Schema di principio per il calcolo delle distanze da trame di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore

Seguendo lo schema in figura è possibile usare le seguenti relazioni per il calcolo:

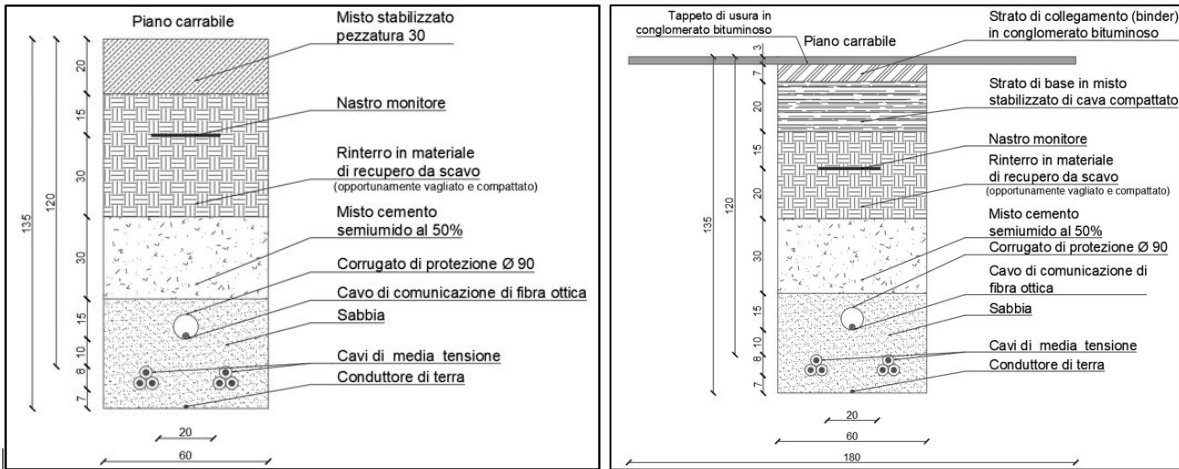
$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \qquad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I}$$

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 uT è la seguente:

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

SIMULAZIONE DPA

Caratteristiche dimensionali previsione interramento



Caratteristiche dimensionali Cavi ARG7H1E(X) 18/30 kV 240 mm²

Diametro del conduttore 18,5 mm

Diametro sull'isolante 28,9 mm

Diametro esterno 42,6 mm

Caratteristiche elettriche Cavi ARG7H1E(X) 18/30 kV 240 mm²

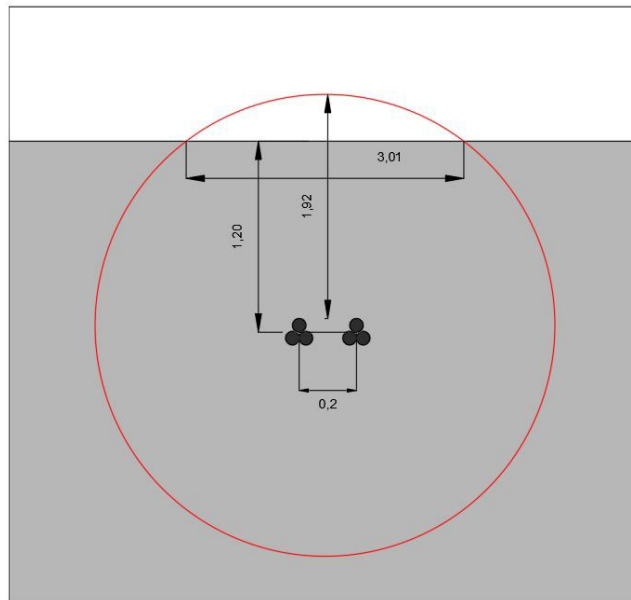
Potenza 24 MW

Tensione 30 kV

Corrente 462 A

DPA 3μT

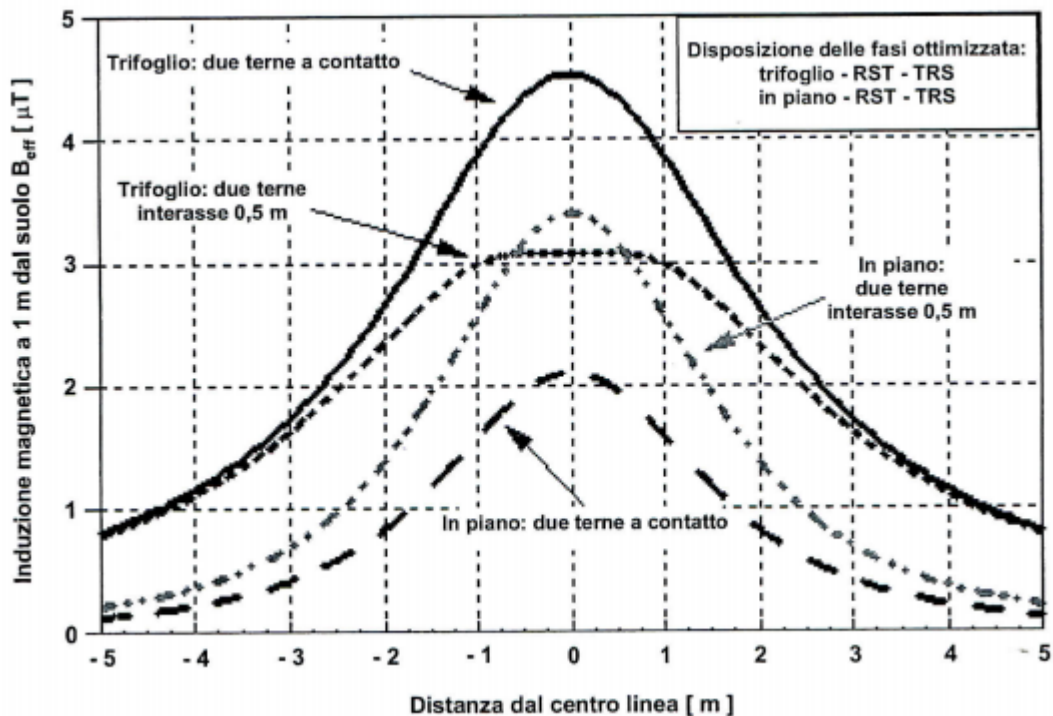
Simulazione di sezione con isolinea a 3μT segnata in rosso



Nel caso di una linea in doppia terna, a parità di profondità di posa, la configurazione con le fasi disposte in piano a contatto è, in genere, migliore di quella a trifoglio, se le fasi delle due terne sono disposte in maniera ottimale, soprattutto per quanto riguarda i valori di induzione magnetica ad una

certa distanza dall'asse della linea. Inoltre, in questi casi, anche la distanza tra le due terne rappresenta un fattore importante ai fini della mitigazione del campo magnetico. I risultati dei calcoli riportati nella Figura illustrano tali affermazioni ed evidenziano come, nel caso della posa a trifoglio, i valori dell'induzione

magnetica diminuiscano all'aumentare della distanza tra le due terne, mentre con la posa in piano si verifichi esattamente l'opposto.



Esempio confronto tra linea a due terne in piano e a trifoglio

FASCE DI RISPETTO PER CABINE ELETTRICHE E STAZIONI PRIMARIE

Cabine elettriche

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la D_{pa} è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

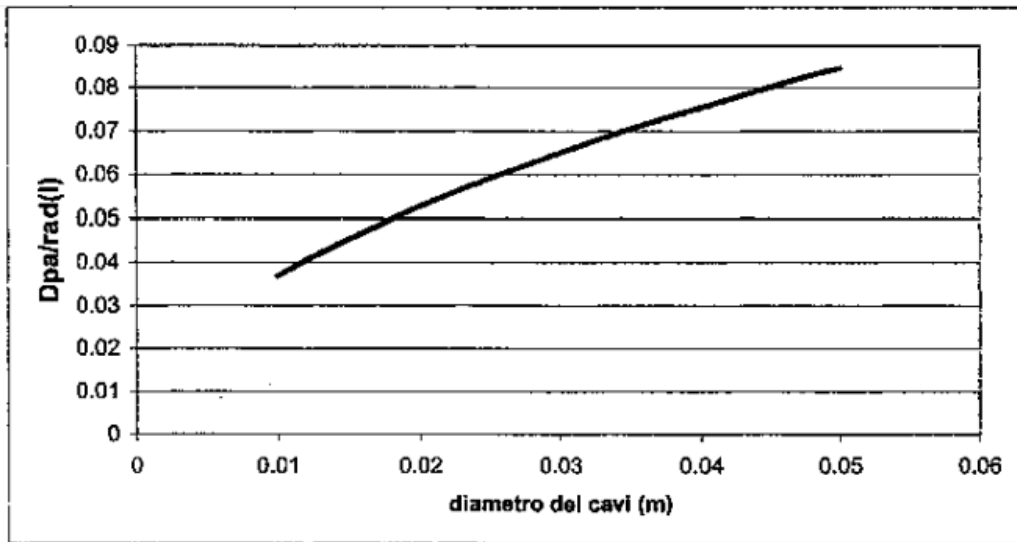
I dati di ingresso per il calcolo della D_{pa} per le cabine di trasformazione sono pertanto: corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare la D_{pa} il proprietario/gestore della cabina deve:

1. usare la curva riportata nel grafico seguente per calcolare il valore di $D_{pa} / \text{radice della corrente}$ per la tipologia di cavi in uscita dal trasformatore nella cabina in esame;
1. applicare al valore ricavato le operazioni sotto elencate:
 - a) moltiplicare per la radice della corrente,
 - b) arrotondare al mezzo metro superiore.

$$\text{Equazione della curva: } \frac{D_{pa}}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,524}$$

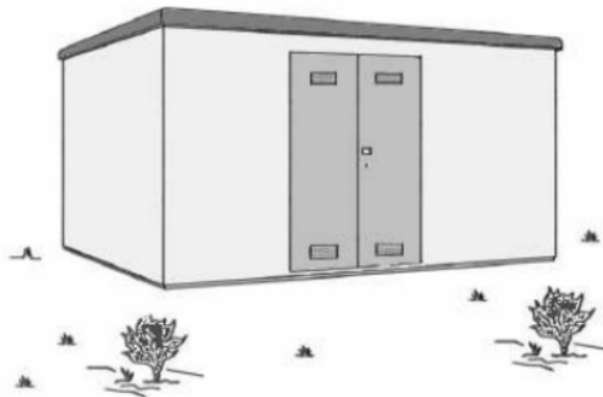
D_{pa} = Distanza di prima approssimazione [m]; I = corrente nominale [A]; x = diametro dei cavi [m]



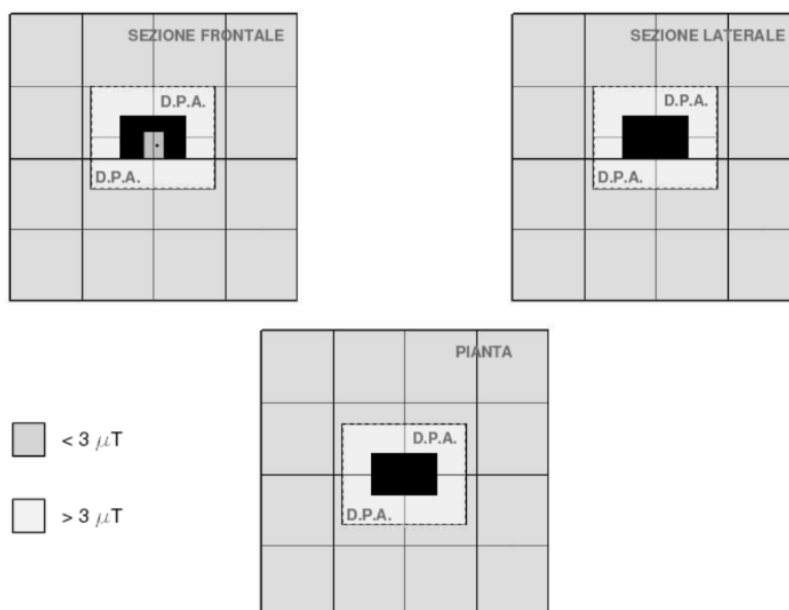
Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi.

Nella tabella successiva si riportano a titolo di esempio le distanze di prima approssimazione (Dpa) per fasce a 3 μ T calcolate in alcuni casi reali.

Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	Dpa (m)
0.010	250	361	1
	400	578	1
	630	909	1.5
0.012	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.014	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.018	250	0.947	1.5
	400	1.199	1.5
	630	1.503	2
0.022	250	361	1.5
	400	578	1.5
	630	909	2
0.027	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5
0.035	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5

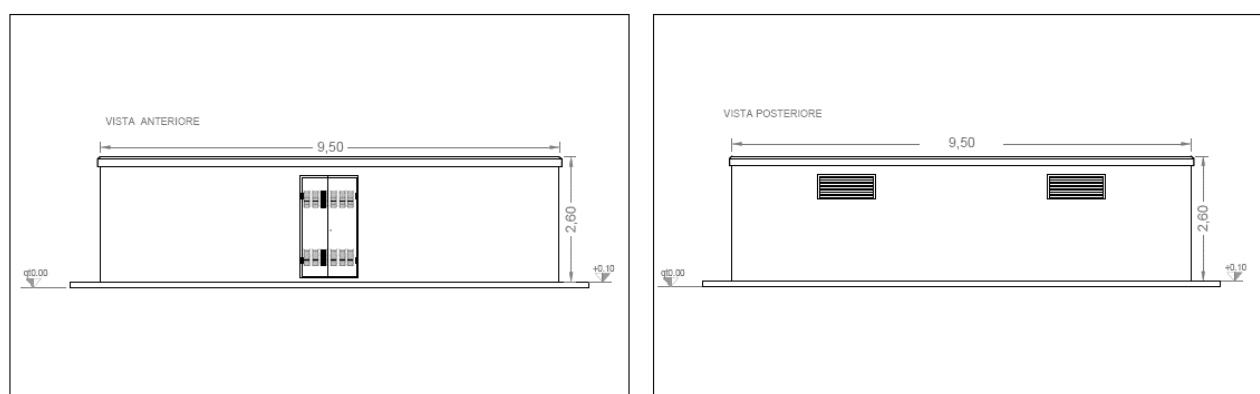


RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



CABINA DI RACCOLTA MT, TIPO BOX-ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANO _TENSIONE 30kV

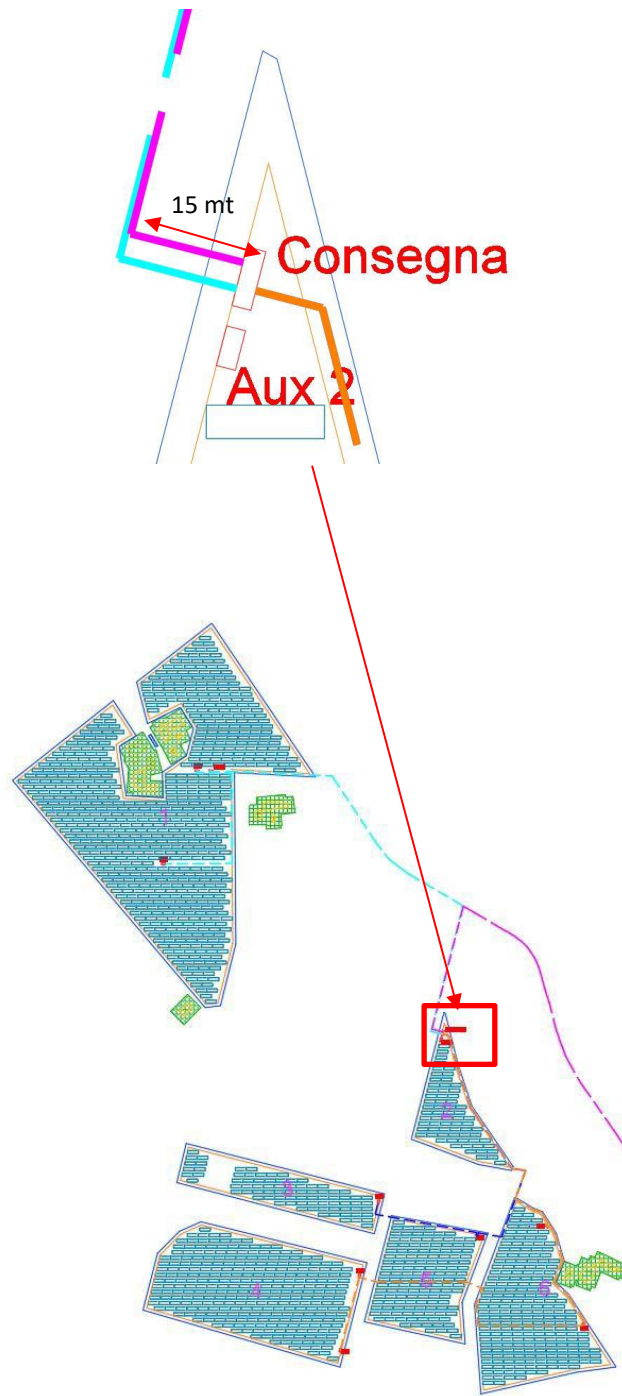
Tratto da pag.46 de "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di ENEL DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI QSA/IUN – (vedi stralcio Allegato C)



CABINE DI PROGETTO PER IMPIANTO OGGETTO DI VALUTAZIONE

PLANIMETRIA E DIMENSIONI DELLE CABINE con esempio di distanza dalla recinzione della proprietà

Cabina MT di raccolta



Dalla planimetria è possibile notare che la distanza delle cabina di raccolta MT, tipo box-alimentata in cavo sotterraneo con tensione 30kV, dal perimetro esterno del sito di intervento è notevolmente superiore alle Dpa massime previste dal DM 29.05.08 “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”. Infatti nella tabella precedente si nota che il massimo valore di Dpa in assoluto è di 2,50m. **Le distanze in questione sono superiori, quindi gli effetti delle cabine sono trascurabili.**

AREA STAZIONE primaria

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	17/24

Non sono note le caratteristiche degli elementi posti come consegna in stazione primaria.

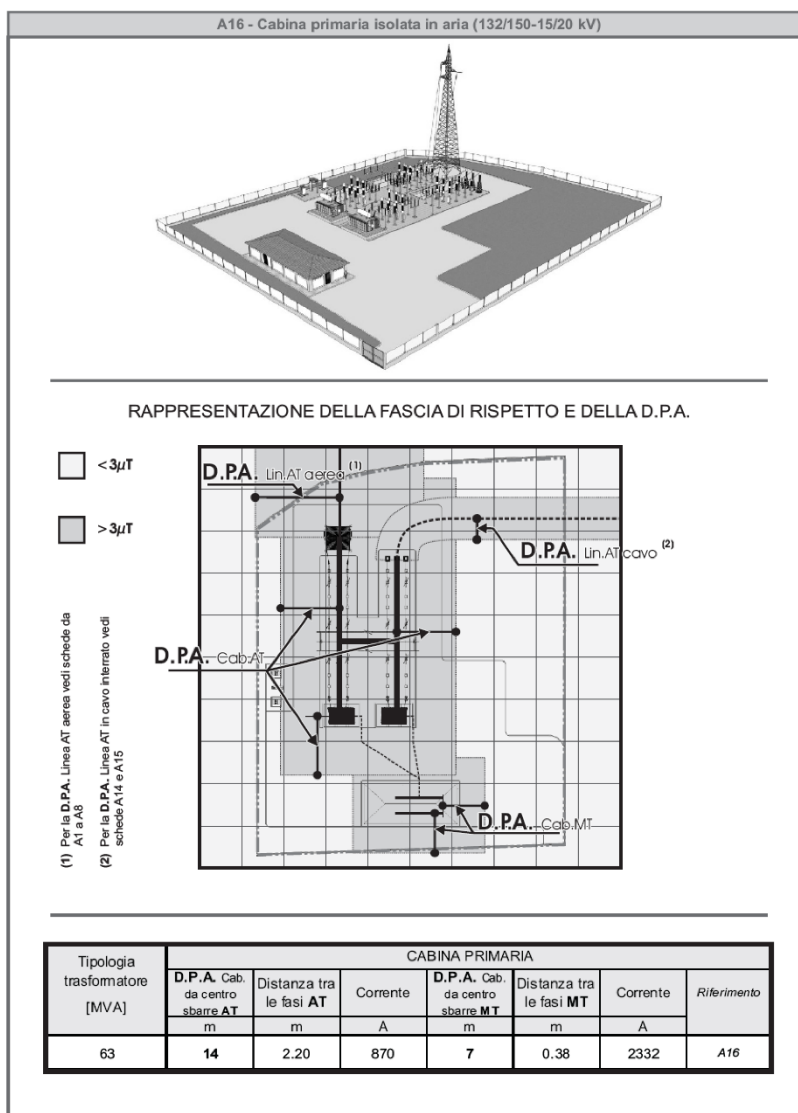
Ad ogni buon conto, nella stazione di utenza le sorgenti di campi elettrici e magnetici sono essenzialmente il trasformatore da 20 MVA, le sbarre AT e le sbarre MT del locale tecnico.

La stazione di utenza viene realizzata in accordo alle norme CEI per cui la distanza di prima approssimazione rientra nel perimetro dell'impianto in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.

Si rammenta inoltre che nelle condizioni di normale esercizio, in stazione non vi sarà presenza di personale salvo per operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

A titolo di esempio si riportano le DPA per cabine primarie 132/150-15/20kV con trasformatore 150/30kV da 63MVA le cui distanze di prima approssimazione (DPA) sono espresse nella scheda sintetica A16 della "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di ENEL.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/IUN



Data :

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

OTTOBRE 2022

DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA

VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

Pagina
18/24

6. METODOLOGIA DI MISURA DEL FONDO CEM E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Al fine di contestualizzare il nuovo insediamento impiantistico con relativi attraversamenti su suolo pubblico dei cavidotti, sono state effettuate misure di fondo per valutare l'eventuale presenza di sorgenti non note a priori che si aggiungerebbero come effetto a quelle previste da questa relazione per il progetto di impianto.

Le misure dei campi elettromagnetici sono state eseguite il giorno 30 maggio 2021 dalle ore 09:30 alle ore 11:30 in condizioni di tempo stabile e livelli di umidità inferiore all'80%.

Le stesse hanno interessato diversi punti posti in prossimità dei luoghi ove saranno realizzate le cabine e in punti di attraversamento dei cavidotti (vedasi planimetria pag. seguente).

Le misure sono state eseguite con strumentazione certificata seguendo le modalità riportate nella **Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana"** e sue successive modifiche.

La **strumentazione utilizzata**, di cui si riportano i "Certificati di calibrazione e taratura" all'allegato B di questa relazione tecnica, viene di seguito elencata:

Misuratore: NARDA STS/ PMM 8053

Sonda: EHP-50-C

Serial number: 352WN81112

Range frequenza: 5 Hz - 100 kHz

Gamma di misura: 1 kV/m e 100 kV/m



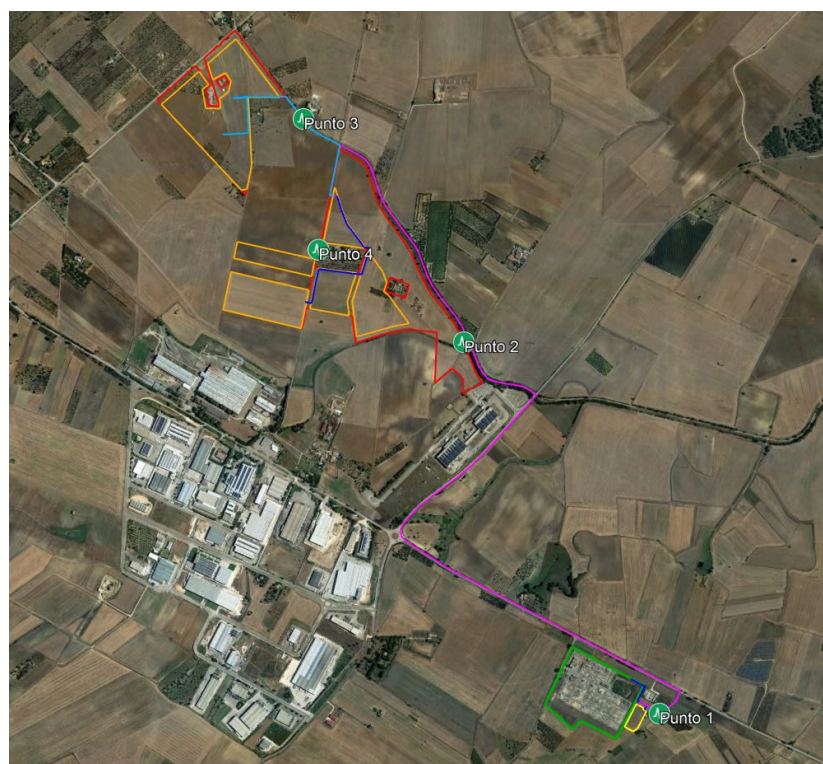
Misure riportate sul certificato LAT: Fattore di taratura a 50 Hz sui valori di 0,2 μT , 0,5 μT , 1 μT , 3 μT , 10 μT , 100 μT e 200 μT . Il campo viene applicato e letto su ciascun asse X,Y,Z e contemporaneamente su tutti e tre. Fattore di taratura al valore nominale di 1 μT alle frequenze di 10 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz e 100 kHz. Il campo viene applicato e letto su ciascun asse X,Y,Z e contemporaneamente su tutti e tre.

TABELLA RIASSUNTIVA DEI VALORI MISURATI					
(limite assoluto 100 μT)					
ID Punto di misura PdM	Altezza strumento s.l.s (m)	Valore Efficace (μT)	Valore Massimo (μT)	Obiettivo di qualità (μT)	Valore di attenzione (μT)
1	1,5	0.042	0.060	3	10
2	1,5	0.017	0.057	3	10
3	1,5	0.003	0.057	3	10
4	1,5	0.172	0.181	3	10

RISULTATI DELLE MISURE DI FONDO CAMPI ELETTROMAGNETICI "INDUZIONE B"

Data : OTTOBRE 2022	Redattore e responsabile delle misure: DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	Oggetto: RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	Pagina 19/24
-------------------------------	---	--	------------------------

Planimetria luoghi e punti di misura

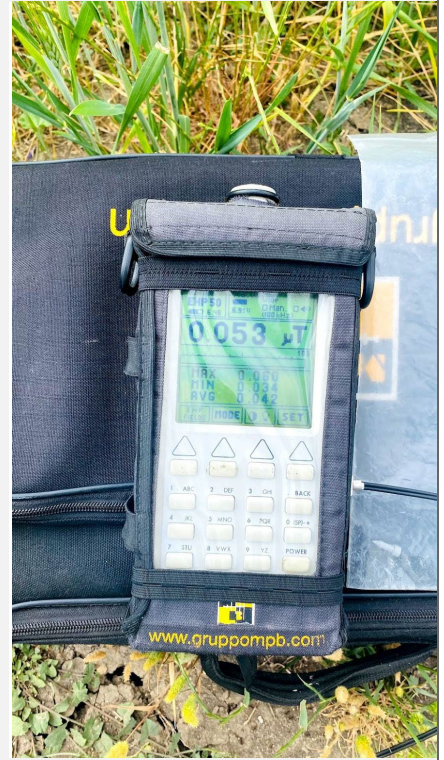


Dettaglio mappa punti

I punti di misura scelti ricadono in prossimità di strutture esistenti.

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	20/24

PUNTO DI MISURA 1



PUNTO DI MISURA 2



Data :
OTTOBRE 2022

Redattore e responsabile delle misure:
DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA
IN CONVERSANO (BA)

Oggetto:
RELAZIONE SPECIALISTICA
VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

Pagina
21/24

PUNTO DI MISURA 3



PUNTO DI MISURA 4



Data :
OTTOBRE 2022

Redattore e responsabile delle misure:
DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA
IN CONVERSANO (BA)

Oggetto:
RELAZIONE SPECIALISTICA
VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

Pagina
22/24

8. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI E CONCLUSIONI

Partendo dai dati di progetto con la presente relazione tecnica si è analizzato l'impatto della componente elettromagnetica prevista in vari punti dell'impianto fotovoltaico, denominato "Tornasole", da realizzarsi nel Comune di Santeramo in Colle (BA), catastalmente identificata in premessa di questa Relazione e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie per la realizzazione dell'impianto stesso (v. par. 4 e 5).

Principalmente, per quanto attiene l'**esposizione della popolazione** è stato dimostrato previsionalmente che la limitazione dell'accesso all'impianto a persone non autorizzate e la ridotta presenza di potenziali ricettori garantisce ampiamente di rispettare la distanza di sicurezza tra persone e sorgenti di campi elettromagnetici. Distanze queste dettate dalla normativa italiana, sia per la popolazione che per i **lavoratori professionalmente esposti** che si è richiamata pure in relazione (v. par. 2 e 3) e per la quale si rimanda per il dettaglio all'*Allegato A*.

A garanzia di una giusta analisi delle previste influenze dirette dovute alle sorgenti immesse dalla attività di produzione di energia elettrica si è anche misurato il fondo elettromagnetico esistente nelle aree dove verrà realizzato l'impianto per valutare valori dovuti ad altre sorgenti già esistenti, e quindi, si sono svolte misure dell'induzione magnetica in alcuni punti, ed in particolar modo sui tracciati dei cavidotti e nelle aree ove ricadranno le cabine elettriche di trasformazione (v. par. 6 e 7).

Per tutte le cabine elettriche e i cavidotti previsti in progetto si può affermare che le D.P.A. nel caso esaminato in questa relazione abbiano un ordine di grandezza stimato in poche unità di metri (8,3 m) quindi comprendente una ridotta area nell'intorno delle cabine stesse e ricadente dentro la superficie di pertinenza degli impianti.

All'interno delle aree dell'attività, infatti, ci sarà presenza umana in fase di cantiere quando però gli elementi elettrici non saranno ancora entrati in funzione e quindi non ci sarà rischio di esposizione da campi elettromagnetici prodotti dall'impianto, mentre per la valutazione dell'esposizione professionale in fase di esercizio, pur rientrando nei limiti assoluti ammissibili dettati dalla normativa di settore in fase previsionale, si dovrà provvedere alla misura effettiva e allo studio della reale configurazione di impianto. Nella fase di esercizio, infatti, non si esclude la presenza di personale per interventi di manutenzione sugli elementi di varie parti dell'impianto. In **particolare ad un metro di distanza (d=1 m) dalle sbarre di bassa tensione l'induzione magnetica assume il valore di 113 μ T; l'esposizione è maggiore dei valori di riferimento per la popolazione (100 μ T) ma non superiore ai livelli d'azione per lavoratori (500 μ T), pertanto vi è l'obbligo di apporre cartelli di divieto d'accesso ai lavoratori sensibili, a lavoratori terzi o pubblico.** In tale area, quindi, devono essere apposti cartelli che evidenziano la presenza di campi elettromagnetici, in conformità alle normative vigenti in materia di segnaletica di sicurezza. L'accesso a questa area deve essere consentito solo a personale autorizzato, previa valutazione dell'assenza di controindicazioni specifiche all'esposizione, quali portatori di dispositivi impiantati attivi o passivi, le donne in

Data :	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
OTTOBRE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	23/24

gravidanza, ecc.). Il suddetto personale sarà addestrato ad utilizzare tutti gli accorgimenti di legge per assicurare la massima sicurezza in fase di lavoro comprendendo quindi anche la sosta limitata davanti agli elementi radianti entro il limite della D.P.A. prevista per la popolazione. Si riporta di seguito la cartellonistica prevista:



In sintesi, l'impatto prodotto dai campi elettrici e magnetici generati dalle cabine di trasformazione è limitato ad una ridotta superficie nell'intorno delle cabine stesse, che comunque rientra nella proprietà ove insistono gli impianti e non è accessibile al pubblico, mentre il campo magnetico prodotto dai cavi di consegna in MT si è abbattuto adottando come soluzione progettuale l'interramento dei principali cavidotti interrando a più di un metro i cavi di Media e Bassa Tensione. In particolare, per quanto riguarda i cavidotti interrati per l'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale che insistono prevalentemente su strada pubblica, i principali elementi che caratterizzano l'induzione magnetica sono la corrente di esercizio e la potenza trasportata che, così come dimostrato in relazione, non sono in grado di apportare effetti negativi all'ambiente circostante e alla salute pubblica.

Si può quindi concludere che il costruendo impianto fotovoltaico in oggetto e le opere annesse non producono effetti negativi sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica nel rispetto degli standard di sicurezza e dei limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione a campi elettromagnetici.

Redattore e responsabile misure

Dott. Ing. Pasquale FANTASIA