



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI PALERMO
COMUNI DI ALCAMO E MONREALE

PROGETTO:

*Impianto per la produzione di
energia elettrica da fonte solare fotovoltaica denominato
"PIRAINO"*

Progetto Definitivo

PROPONENTE:

Limes 19 S.r.l.

PACHINO (SR) VIA GIUSEPPE GIARDINA 22 CAP 96018
limes19@pec.it
PIVA 103636000965



ELABORATO:

Relazione Campi Elettromagnetici

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Eugenio Bordonali

Scala:

-

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Gabriella Lo Cascio
Dott. Ing. Giuseppe Ribaudò

Tavola:

CEM

Data:

01/06/2021

<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>
00	01/06/2021	emissione

-	-	-
---	---	---

Sommario

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Riferimenti.....	5
1.2	Normativa di Riferimento	8
2	CAVIDOTTO INTERRATO MT	9
2.1	Descrizione Cavidotto MT	10
2.1.1	Calcolo CEM e Distanze di Prima Approssimazione.....	11
3	STAZIONI ELETTRICHE	16
3.1	IUC – Stazione Elettrica di trasformazione 30/220 kV “Limes 19”	17
3.2	IUC – Stallo di consegna sbarre 220kV	18
3.3	IRC - Nuova stazione elettrica di smistamento 220kV della RTN.....	18
3.4	Distanze di Prima Approssimazione	19
4	CAVIDOTTO INTERRATO AAT	22
4.1	Calcolo CEM e Distanze di Prima Approssimazione.....	24
5	RACCORDI AEREI AT	28
5.1	Caratteristiche tecniche.....	28
5.2	Campo Elettrico	28
5.3	Campo Magnetico	29
5.4	Distanza di Prima Approssimazione	30
6	CONCLUSIONI.....	31

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Campi Elettromagnetici a corredo del progetto di un impianto fotovoltaico da realizzarsi nel territorio del comune di Alcamo (TP) denominato “Piraino” (di seguito il “Progetto” o “l’Impianto”) con connessione alla rete elettrica nazionale nel territorio del comune di Monreale (PA).

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco del generatore di 37.09 MWp ca. e prevede l’installazione di n° 1142 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti). L’impianto, di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica di distribuzione). L’impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio di tipo RETROFIT e l’energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverters) e da essi alle cabine di trasformazione distribuite all’interno dell’area di impianto.

La consegna dell’energia elettrica prodotta dall’impianto avverrà conformemente alla Soluzione Tecnica Minima Generale trasmessa da Terna S.p.a. al proponente in data 19/02/2021. In particolare l’energia sarà vettoriata, a mezzo di un cavidotto interrato in MT, ad una nuova stazione di trasformazione MT/AT (impianti di utenza per la connessione), e da questa, a mezzo di un cavidotto interrato in AT, ad una nuova stazione elettrica della RTN (impianti di rete per la connessione) da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 220 kV “Partinico - Partanna”.

L’iniziativa s’inquadra nel piano di sviluppo di impianti per la produzione d’energia da fonte rinnovabile che la società “Limes 19 s.r.l.” intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze d’energia pulita e sviluppo sostenibile sancite sin dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e ribadite nella “Strategia Energetica Nazionale 2017”.

L’applicazione della tecnologia fotovoltaica consente: la produzione d’energia elettrica senza emissione di alcuna sostanza inquinante, il risparmio di combustibile fossile, nessun

inquinamento acustico e disponibilità dell'energia anche in località disagiate e lontane dalle grandi dorsali elettriche.

1.1 Riferimenti

Tutti gli apparati elettrici sono delle sorgenti di campo elettromagnetico, ma soltanto alcuni sono in grado di generare radiazioni di intensità tale da rendere necessari dei controlli per la tutela dello stato di salute delle persone esposte. Di seguito viene riportata una tabella che indica alcune sorgenti di campo elettromagnetico ed in corrispondenza di ognuna è indicata la banda di frequenza delle radiazioni emesse.

SORGENTI	INTERVALLI DI FREQUENZA
Elettrodotti, stazioni di trasformazione e tutte le apparecchiature funzionanti a frequenza industriale	0Hz - 10 kHz
Forni ad induzione	10 kHz - 30 kHz
Riscaldatori ad induzione, schermi video e trasmettitori in AM	30 kHz - 300 kHz
Riscaldatori a radiofrequenza	3 MHz - 30 MHz
Trasmettitori in FM e Televisione	30 MHz - 300 MHz
Radiomobile, telefoni cellulari, forni a microonde	300 MHz - 3 GHz
Ponti radio	3 GHz - 30 GHz
Radar	30 GHz - 300 GHz

La normativa nazionale che regola attualmente la materia è rappresentata dalla Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici - Legge n° 36 del 22/02/2001.

Tale legge regola l'intera materia dei campi elettromagnetici coprendo tutta la gamma delle frequenze: da 0 Hz a 300 GHz, e si pone in particolare l'obiettivo principale di definire le competenze di stato, regioni, province e comuni. Per questo motivo essa risulta

anche molto articolata. Limitandoci comunque a considerare i punti più strettamente connessi con le prescrizioni sui campi elettromagnetici a frequenza industriale (50 Hz), Il carattere “innovativo” della nuova legge sta sostanzialmente nel fatto che, accanto al concetto canonico di limite di esposizione, inteso come (si cita testualmente dalle definizioni riportate nella legge suddetta) *“il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori....”*, vengono introdotti quelli di “valore di attenzione” ed “obiettivo di qualità”. Ad essi è attribuito il seguente significato (sempre dalle definizioni riportate nella legge):

“valore di attenzione è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine....”;

“obiettivi di qualità sono: 1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8; 2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.”

La legge non indica direttamente i valori numerici delle quantità suddette ma stabilisce che essi dovranno essere fissati da appositi decreti¹.

¹ “I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico e i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, di cui al comma 1, lettere a), e) e h), sono stabiliti, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge: a) per la popolazione, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, sentiti il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, di seguito denominata «Conferenza unificata»; b) per i lavoratori e le lavoratrici, ferme restando le disposizioni previste dal decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro della sanità, sentiti i Ministri dell'ambiente e del lavoro e della previdenza sociale, il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Il medesimo decreto disciplina, altresì, il regime di sorveglianza medica sulle lavoratrici e sui lavoratori professionalmente esposti.”

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 - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003: con tale decreto sono stati fissati i limiti di esposizione al campo magnetici ed elettrico a frequenza industriale, in attuazione delle disposizioni previste dalla Legge Quadro 36/2001.

I limiti imposti dal decreto sono riportati di seguito (artt. 3 e 4):

- “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 μT** per l’induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- “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 μT** , da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- “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 μT** per il valore dell’induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”

Ulteriore riferimento costituisce la norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

Valgono peraltro le prescrizioni di cui al Capo IV del D.Lgs. 9 aprile 2008 , n. 81 “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” ed i limiti indicati nell’Allegato XXXVI “Valori limite di esposizione e valori di azione per i CEM”.

Infine il decreto del Ministero dell'ambiente 29 maggio 2008 approva il metodo di calcolo proposto da ISPRA ed esposto nell'allegato dello stesso decreto. Tale allegato:

a) per le linee in cavo, indica come corrente di calcolo la portata in regime permanente come definita dalla norma CEI 11-17, sicché la norma CEI 11-60 sopra citata non verrà presa in considerazione per la linea in oggetto;

b) fa riferimento alle guide CEI 106-11 e 211-4 per le modalità di calcolo con modelli bidimensionali;

c) introduce la distanza di prima approssimazione (Dpa), rinviando alla guida CEI 106-11 per il calcolo della stessa (anche se tale guida non la definisce esplicitamente).

1.2 Normativa di Riferimento

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” – GURI 7.3.2001 n. 55.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'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 industriale (50 Hz) generati dagli elettrodotti”
- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea 1999/519/CE del 2 luglio 1999, relativa alla “Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz”
- Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. L199 del 30.7.1999.
- Norma CEI 11-17 – CT 99 – fasc. 8402 – Anno 2006 – Ed. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- Norma CEI 211-6 – fasc. 5908 – Anno 2001 – Ed. Prima. Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- Circolare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 15 novembre 2004 protocollo DSA/2004/25291.

- DM 22 maggio 2008 – Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica
- Guida CEI 106-11 fasc. n. 8149 – Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I.

2 CAVIDOTTO INTERRATO MT

Il progetto prevede la realizzazione di un cavidotto per la connessione dell’impianto alla stazione di trasformazione dell’energia elettrica per la consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale dell’energia. Lungo tutto il suo percorso il cavidotto sarà interamente interrato.

Le norme di riferimento sono quelle successivamente indicate:

<i>NORMA/DOCUMENTO</i>	<i>DESCRIZIONE</i>
<i>CEI 11-17</i>	<i>Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo</i>
<i>CEI 20-11</i>	<i>Caratteristiche tecniche e specifiche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per cavi energia e segnalamento</i>
<i>CEI 20-13</i>	<i>Cavi con isolamento estruso ingomma per tensioni nominali tra 1-30KV</i>
<i>CEI 20-21</i>	<i>Calcolo delle portate dei cavi</i>
<i>CEI 20-43</i>	<i>Ottimizzazione economica delle sezioni di condutture dei cavi elettrici per l’energia</i>
<i>PRYSMIAN</i>	<i>Catalogo generale di cavi e accessori</i>
<i>STMV 0304-001 del 10.02.2004 Pirelli</i>	<i>Specifiche tecniche cavi Airbag</i>

Tab.1 Norme e documenti di riferimento

2.1 Descrizione Cavidotto MT

Il trasporto dell'energia prodotta da ciascun aerogeneratore, avverrà mediante cavi interrati posati su letto di sabbia, secondo quanto prescritto dalle modalità della vigente Norma CEI 11-17.

La linea sarà esercita con neutro isolato alla tensione nominale di 30 kV.

Il cavo per le linee interrate sarà del tipo ARE4H5EX avente le seguenti caratteristiche:

- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento: polietilene reticolato DIX8
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
- Guaina: Polietilene, qualità DMP2
- Colore: rosso
- Tensione nominale d'esercizio: U0/U 16/30 KV
- Temperature d'esercizio: -15°/+90°C

Le condizioni progettuali di posa e le relative ipotesi adottate sono:

- Tensione di esercizio dell'impianto elettrico pari a: 30 kV.
- Temperatura media del terreno: 25 °C
- Resistività termica del terreno: 1,5 °Km / W
- Distanza minima tra terne di cavi in terra: 25 cm
- Profondità di posa: 1,1 m
- Fattore di potenza: 0,95
- Tipo di posa: interrata con disposizione a trifoglio.

Le opere di cantiere previste sono quelle necessarie all'interramento del cavidotto, si prevede quindi la realizzazione di piccoli scavi per le trincee di posizionamento dei cavi la cui profondità è generalmente contenuta nell'ambito dei primi 1,5 metri dal piano di campagna.

I cavi per posa interrata saranno dotati di guaina protettiva, per proteggerli contro lo schiacciamento e dal contatto con l'acqua.

Il riempimento della trincea e in generale dello scavo è l'operazione fondamentale della posa in opera. La sabbia verrà sistemata attorno al tubo e costipata a mano fino alla mezzeria dello stesso, avendo la massima cura che non rimangano zone vuote e che il rinfiacco tra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto. Il secondo strato di sabbia di rinfiacco giungerà sino alla generatrice superiore del tubo con costipazione a mano. Il terzo strato di sabbia avrà un'altezza di almeno 20 cm. La compattazione avverrà solo lateralmente al tubo, mai sulla verticale. Il riempimento sarà effettuato con materiale proveniente dallo scavo depurato degli elementi con diametro superiore a 10 cm. Scartando solo le terre difficilmente comprimibili come torbose, e ghiacciate. Il riempimento sarà eseguito per strati successivi di spessore pari a 30 cm. che verranno compattati ed eventualmente bagnati.

In corrispondenza degli attraversamenti stradali, lo strato di riempimento della trincea di posa, verrà chiuso in superficie con binder e tappeto di usura, ripristinandone la funzionalità.

2.1.1 *Calcolo CEM e Distanze di Prima Approssimazione*

Preliminarmente occorre precisare che, esaminata la struttura dei cavi utilizzati, non si è ritenuto necessario procedere al calcolo del campo elettrico E al di sopra del piano di campagna. Le schede tecniche, messe a disposizione dalla casa costruttrice relativamente a tali componenti, precisano infatti che ogni cavo unipolare è provvisto di una schermatura in filo di rame (come è abituale per cavi con tensione nominale 18/30 kV). Per disposizione dell'art. 5.3.2 della Norma CEI 11-17, durante l'esercizio gli schermi vanno collegati tra di loro e a terra almeno in un punto; ciò comporta che il campo elettrico resti confinato nel dielettrico interposto tra l'anima e lo schermo metallico assumendo valore trascurabile all'esterno di quest'ultimo (art. 6.5.2.2 della stessa Norma).

Per quanto riguarda l'induzione magnetica B , la norma prevede che sia fornita come media dei valori assunti nell'arco di 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio. Non essendo

prevedibile l'andamento nelle 24 ore delle correnti nei cavi (che sono la causa del campo magnetico), si è preferito, prudenzialmente, eseguire i calcoli supponendo le correnti costanti in tale intervallo di tempo e corrispondenti ai valori efficaci delle portate dei cavi in regime permanente.

Come ulteriore elemento prudenziale, è stato trascurato il (modesto) effetto schermante del campo magnetico dovuto alle correnti indotte nelle guaine di rame dei singoli cavi. Dal dimensionamento cavi MT (vedasi Relazione tecnica impianto fotovoltaico ed opere elettriche), si evince come la condizione più gravosa si verifichi in corrispondenza della sezione di cavidotto interrato di connessione dell'impianto FV alla stazione di trasformazione.

tratto C – SET (linee 1_2)

numero terne adiacenti= 2

Fattore correttivo $K= 0,82944$

Linea 1 tratto PS_C – SET

$I_n = 303,9$ [A]

Lunghezza tratto= 7.705 [m]

Sezione cavo= 400 [mmq]

Portata nominale cavo $I_0= 466$ [A]

Portata massima cavo= 386,52 [A]

Linea 2 tratto PS_G - SET

$I_n = 405,2$ [A]

Lunghezza tratto= 7.640 [m]

Sezione cavo= 630 [mmq]

Portata nominale cavo $I_0= 700$ [A]

Portata massima cavo= 580,61 [A]

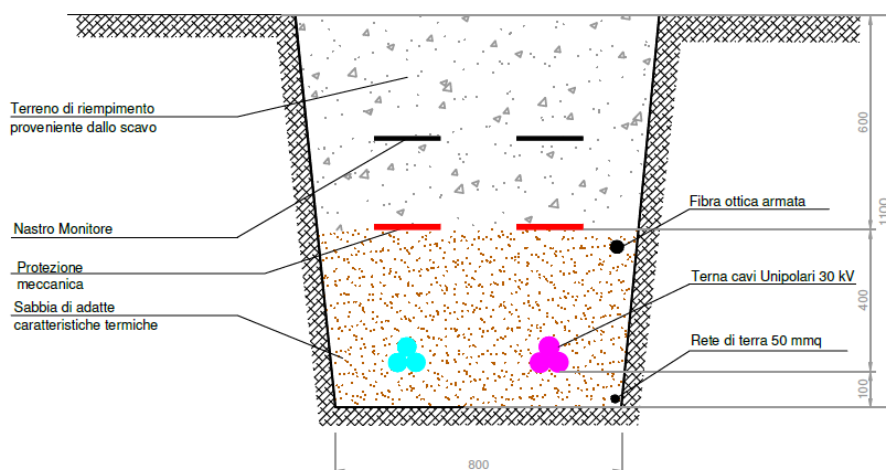


Figura 1 sezione di cavidotto interrato di connessione dell'impianto FV alla stazione di trasformazione e relativo dimensionamento

Detta sezione è stata pertanto verificata al calcolo del campo magnetico. Si è tenuto conto, cautelativamente della portata effettiva dei conduttori e non della corrente nominale di esercizio.

Ai sensi della CEI 211-4 cap. 4.3, il calcolo del campo magnetico, ha tenuto conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori secondo la seguente:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

Espressione che, per cavi unipolari posati a trifoglio non elicordati, può ridursi, considerando il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, alla seguente:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

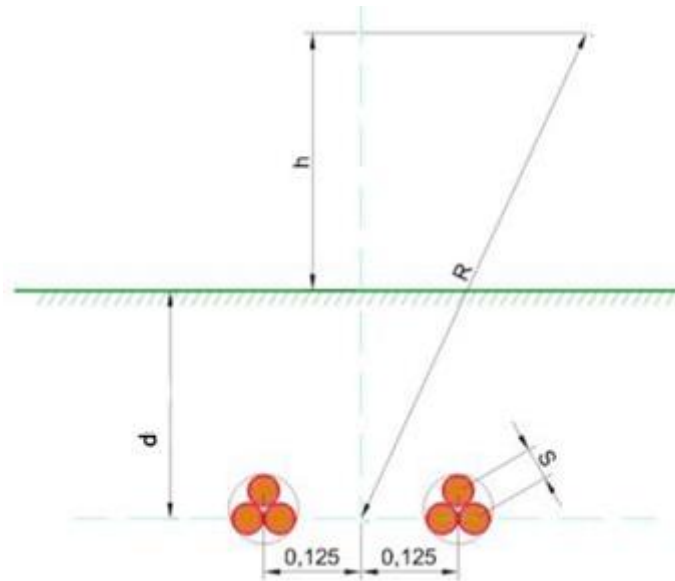


Figura 2 schematizzazione grafica dei parametri spaziali per il calcolo dell'induzione magnetica come somma di contributi di più terne

A seguire si riportano i risultati del calcolo effettuato:

Tratta			Sezione	DIAMETRO	S	R	Portata cavo nominale	K correttivo o portata	Portata cavo corretta	Induzione magnetica
			mmq	mm	m	m	A	-	A	μT
C	CS_1	St_TR	630	30,7	0,0614	1,107	700	0,82944	580,61	7,125
D	CS_2	St_TR	400	23,9	0,0478	1,107	466	0,82944	386,52	3,692
										10,817

Nella tratta più sollecitata, il valore dell'induzione magnetica al suolo all'asse scavo è pertanto pari a:

10,8 μT .

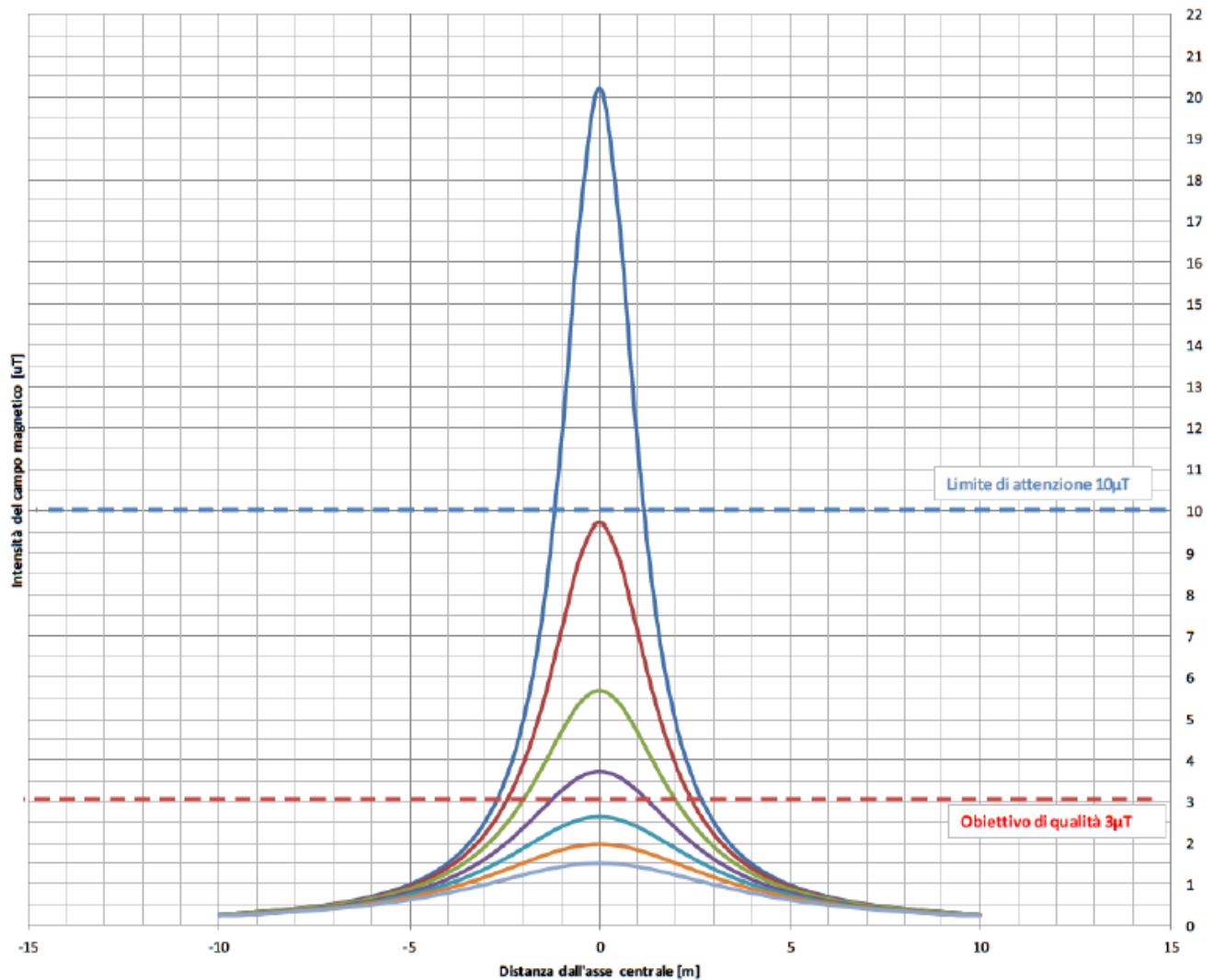


Figura 3 andamento tipico del campo di induzione magnetica generato da più terne di conduttori interrati

Per quanto alla tratta di cavidotto MT interrato di collegamento dell’impianto FV alla stazione di trasformazione, la fascia di rispetto, pari alla distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all’obiettivo di qualità pari a $3\ \mu\text{T}$, è stata calcolata pari a $5.4\ \text{m}$ ca. centrata sull’asse del cavidotto (DPA $2.7\ \text{m}$). Pertanto essa risulta essere ricompresa nella carreggiata stradale esistente prevalentemente sede del tracciato del cavidotto stesso.

Si noti in merito che le condizioni di calcolo sono state molto cautelative essendo le portate realmente transitanti entro i cavi pari alla metà circa della loro portata. Si consideri

peraltro che la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica non è affatto costante nelle 24 h.

3 STAZIONI ELETTRICHE

Da STMG trasmessa da Terna s.p.a. con nota del 19/02/2021 cod. prat. 202001811, la connessione dell'impianto avverrà in antenna a 220kV su nuova stazione elettrica di smistamento 220kV della RTN, da inserire in entra-esce su entrambe le terne della linea RTN a 220kV "Partinico-Partanna".

Gli impianti di connessione alla RTN sono stati progettati in conformità al suddetto Preventivo di Connessione. La tipologia di inserimento in antenna prevista consiste nell'utilizzo di un elettrodotto a 220 kV interrato da collegare con lo stallo uscita linea in area Utente da un lato e con lo stallo dedicato in Stazione Elettrica RTN di dall'altro.

Le opere di connessione dell'impianto alla rete comprendono impianti di rete e di utenza per la connessione.

L'impianto di Utenza per la Connessione (IUC) sarà costituito da:

- Stazione Elettrica di trasformazione 30/220 kV "Limes 19": La Stazione Elettrica di trasformazione 30/220 kV "Limes 19" convoglia l'energia prodotta dall'impianto attraverso dei collegamenti a 30 kV ed effettua la trasformazione alla tensione nominale di 220 kV con n° 1 montante trasformatore equipaggiato con TR 30/220 kV da 43 MVA. La stazione "Limes 19" sarà collegata, a mezzo di un cavo AAT interrato, ad un'altra stazione di trasformazione di altro produttore onde dividerne lo stallo di immissione alla RTN come da richiesta del Gestore di rete (Terna).
- Stallo di consegna: si prevede la realizzazione di uno stallo uscita linea 220kV per l'interconnessione in cavo AAT verso la nuova stazione elettrica della RTN delle stazioni di trasformazione di "Limes 19" e di altro produttore;
- Cavo AAT: Collegamento in cavidotto interrato a 220 kV tra lo stallo di consegna e la nuova

stazione elettrica della RTN.

L'impianto di Rete per la Connessione (IRC) sarà costituito da:

- nuova stazione elettrica di smistamento 220kV della RTN, da inserire in entra-esce su entrambe le terne della linea RTN a 220kV "Partinico-Partanna" e relativi raccordi di collegamento alle linee esistenti.

3.1 IUC – Stazione Elettrica di trasformazione 30/220 kV "Limes 19"

La Stazione Elettrica di trasformazione 30/220 kV "Limes 19" costituisce impianto d'utente per la connessione; la sua funzione, come descritto in precedenza, è quella di convogliare l'energia prodotta dall'impianto, effettuare la trasformazione alla tensione nominale di 220 kV.

L'accesso alla stazione avverrà a mezzo di un breve tratto di nuova viabilità sino alla strada provinciale n. 46.

Le apparecchiature ed i componenti della stazione di trasformazione saranno conformi alle prescrizioni tecniche di TERNA per le stazioni a 220 kV isolate in aria.

Per la realizzazione della sezione a 220 kV saranno utilizzati sostegni per apparecchiature AT in acciaio zincato a caldo di tipo tubolare o tralicciato. I collegamenti di potenza saranno in corda o in tubo di alluminio.

L'area selezionata per la localizzazione della stazione, è posta al di fuori dei vincoli presenti nella zona (150m dalle sponde del torrente Carta a Sud) e di fasce di rispetto (fascia di rispetto da codice della strada). L'area, estesa 6300mq ca., ricadrà in prossimità della campata della linea a 220KV "Partinico-Partanna" di cui si prevede la dismissione finalizzata alla realizzazione dei raccordi con la nuova stazione di consegna della RTN in progetto.

Non è prevista alcuna modifica delle quote del terreno sottostante l'elettrodotto esistente ed i basamenti dei sostegni esistenti sono al di fuori delle aree di realizzazione della stazione elettrica in progetto.

3.2 IUC – Stallo di consegna sbarre 220kV

Per l'uscita linea del sistema di sbarre a 220kV delle stazioni di trasformazione verso la stazione RTN, si è previsto di realizzare un apposito stallo di consegna costituente parte degli impianti di utenza per la connessione. L'area su cui verrà realizzato lo stallo, estesa 4000 mq ca., sarà contigua a quella della stazione di trasformazione di altro produttore con cui, per richiesta del getore di rete, verrà condivisa la consegna alla RTN.

Le apparecchiature elettriche per la realizzazione dello stallo di consegna e misura AT sono le seguenti:

- N. 3 terminali uscita cavo 220 kV;
- N. 1 sezionatore tripolare orizzontale con lame di terra, (prescrizioni Enel DY 17);
- N. 1 interruttore tripolare;
- TA- terna di riduttori di corrente di misura;
- TV- terna di riduttori di tensione di tipo induttivo di misura.

3.3 IRC - Nuova stazione elettrica di smistamento 220kV della RTN

La nuova stazione elettrica di smistamento 220kV della RTN in entra-esce su entrambe le terne della linea RTN a 220kV "Partinico-Partanna" costituisce impianto di Rete per la Connessione (IRC).

L'area selezionata per la localizzazione della stazione, è posta al di fuori dei vincoli presenti nella zona (150m dalle sponde del torrente Carta a Sud) e di fasce di rispetto (fascia di rispetto da codice della strada).

L'accesso alla stazione avverrà a mezzo di un breve tratto di nuova viabilità sino alla strada provinciale n. 46.

Non è prevista alcuna modifica delle quote del terreno sottostante l'elettrodotto esistente ed i basamenti dei sostegni esistenti sono al di fuori delle aree di realizzazione della stazione elettrica in progetto.

La superficie impegnata dalla Stazione Elettrica sarà pari a circa 1,9 ha.

Tutte le aree interessate dalla Stazione risultano destinate a uso agricolo (zona E del PRG del Comune di Monreale) e non si riscontra la presenza di beni culturali tutelati. Dall'analisi del Piano di Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), non si rileva inoltre alcuna interferenza con aree considerate a rischio.

3.4 Distanze di Prima Approssimazione

La seguente figura mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132 kV della RTN all'interno della quale sono state effettuate una serie di misure di campo elettrico e magnetico al suolo, alla luce della normativa in materia di protezione dei lavoratori dall'esposizione dei campi elettrici e magnetici.

La stessa figura fornisce l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Inoltre nella figura sono evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi). Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella tabella è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Successivamente sono riportati i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione, ed i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione. Tali valutazioni rappresentano le condizioni estreme di valutazione dell'esposizione al campo elettrico per il 380 kV (è il livello di tensione più elevato) e per l'esposizione al campo magnetico nel caso del 132 kV (maggior corrente di esercizio e minor distanza tra lavoratore e fonte irradiante).

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea. In tutti i casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge.

La condizione tipica delle tipologie di stazione in progetto, si colloca in una condizione di esposizione intermedia sia per i campi elettrici che magnetici, per cui si può affermare che sono soddisfatti i limiti di esposizione dettati dalla normativa vigente.

Tali valori comunque durante l'esercizio dell'impianto saranno monitorati, in modo da assicurare la continua osservanza dei limiti imposti dalla legge.

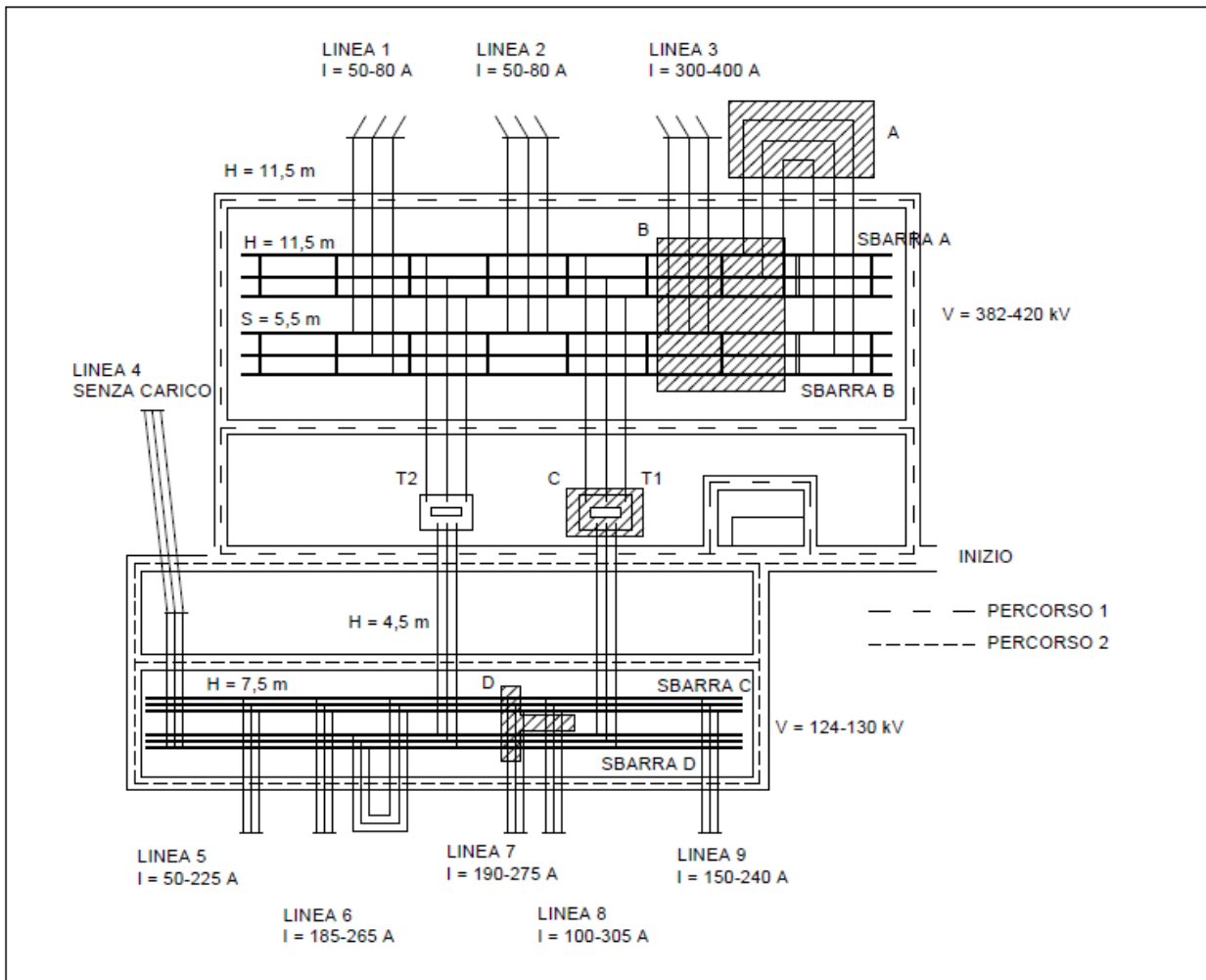


Figura 4 Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante la fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

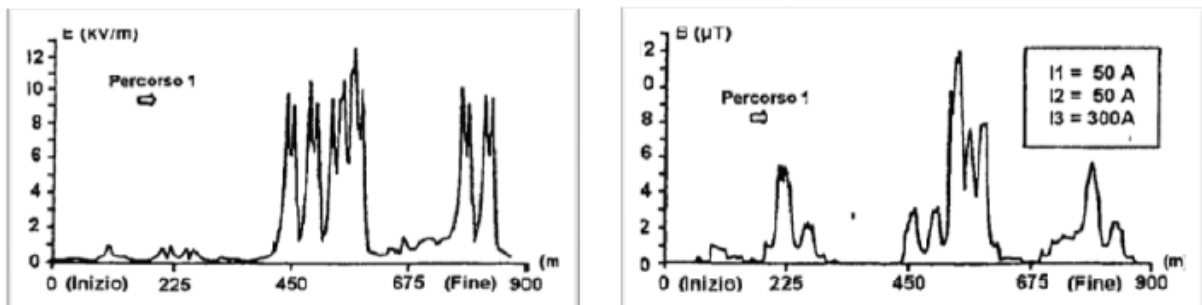


Figura 5 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata nella precedente figura.

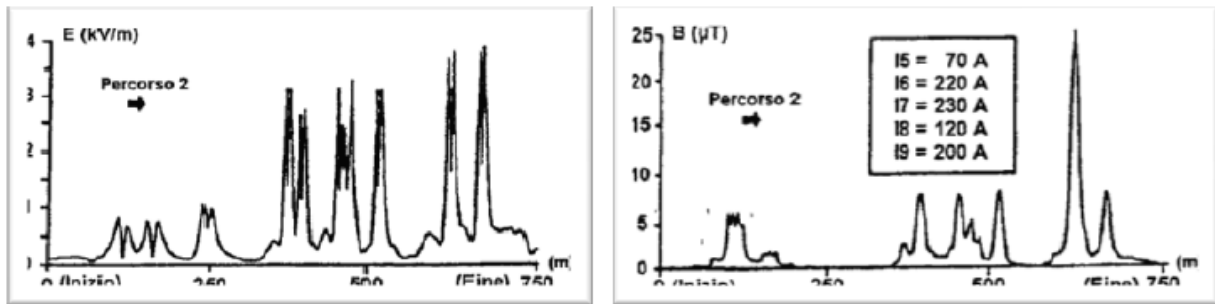


Figura 6 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 132 kV della stazione riportata nella precedente figura.

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica (µT)		
		E max	E min	E medio	B max	B min	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

Figura 7 Risultati della misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C, e D di cui alla precedente figura.

I valori del campo magnetico sono tali per cui la DPA risulta essere completamente interna al perimetro delle stazioni elettriche in progetto.

4 CAVIDOTTO INTERRATO AAT

Il collegamento tra la stazione di trasformazione Limes 19 e la stazione di trasformazione di altro produttore – necessario per realizzare la condivisione dello stallo di consegna alla RTN come da richiesta del Gestore di rete – avverrà a mezzo di un cavidotto 220 kV interrato in trincea.

La consegna dell'energia alla RTN verrà realizzata con un cavidotto 220 kV interrato in trincea tra lo stallo di consegna e la nuova stazione elettrica di smistamento facente parte degli Impianti di Utenza per la Connessione.

Tali cavidotti saranno costituiti da una terna di cavi unipolari disposta in piano o a triangolo, posti in un unico scavo avente profondità di posa non inferiore a 1,5 m e larghezza a

fondo scavo di circa 0,7 m. Nella stessa trincea sarà posato un tritubo per il passaggio del cavo ottico multifibre.

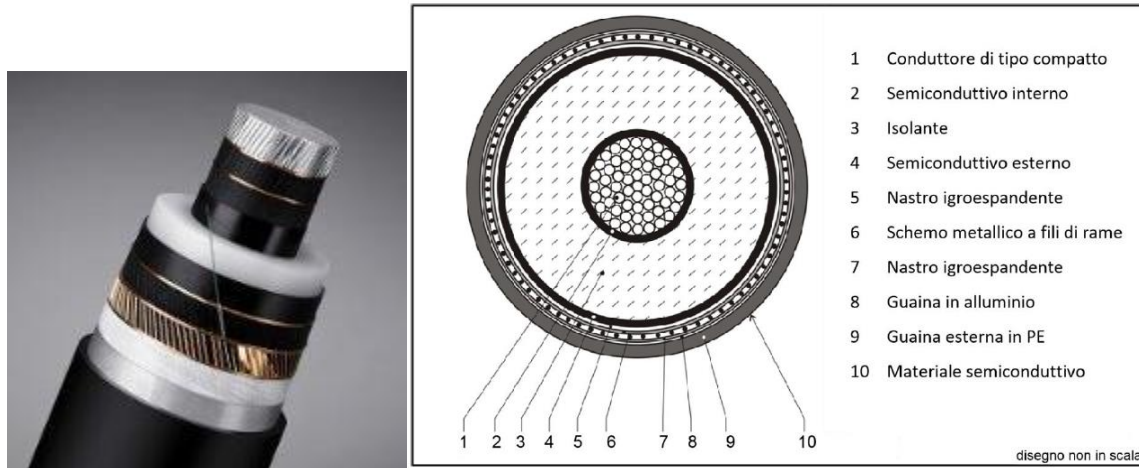


Figura 8 schema tipo conduttore per cavidotto interrato AT

Caratteristiche	
CARATTERISTICHE DI COSTRUZIONE	
Senza piombo	Si
Senza alogeno	Y
Materiale del conduttore	Aluminum
Schermo	Filo di rame
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	
Sezione del conduttore	1600mm ²
Sezione schermo	50mm ²
Diametro esterno	110mm
Peso approssimativo	13kg/m
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Tensione operativa	220kV
Capacità nominale	0,224µF / km
Portata di corrente interrato	977A
CARATTERISTICHE MECCANICHE	
Massimo sforzo di tiro posa fissa	48kN
CARATTERISTICHE D'UTILIZZO	
Fattore di curvatura durante l'installazione	30(xD)
Tenuta d'acqua longitudinale	Yes
Temperatura massima di servizio del conduttore	90°C

Figura 9 caratteristiche indicative conduttore per cavidotto interrato AT

Ciascun cavo d'energia a 220 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio di sezione indicativa pari a circa 1600 mmq tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna.

4.1 Calcolo CEM e Distanze di Prima Approssimazione

Anche in questo caso, considerata la schermatura dai cavi impiegati, non si è ritenuto necessario procedere al calcolo del campo elettrico E al di sopra del piano di campagna.

Per quanto riguarda l'induzione magnetica B, la norma prevede che sia fornita come media dei valori assunti nell'arco di 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio. Non essendo prevedibile l'andamento nelle 24 ore delle correnti nei cavi (che sono la causa del campo magnetico), si è preferito, prudenzialmente, eseguire i calcoli supponendo le correnti costanti in tale intervallo di tempo e corrispondenti ai valori efficaci delle portate dei cavi in regime permanente.

Come ulteriore elemento prudenziale, è stato trascurato il (modesto) effetto schermante del campo magnetico dovuto alle correnti indotte nelle guaine di rame dei singoli cavi.

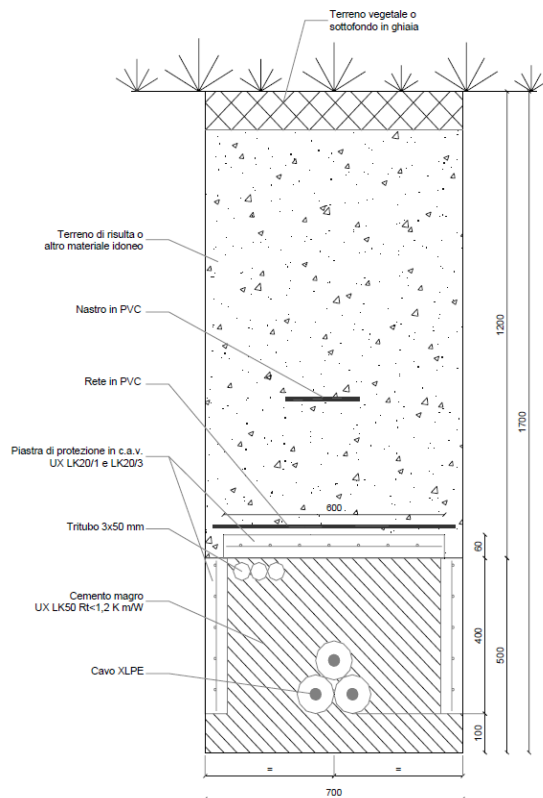


Figura 10 sezione tipo cavidotto interrato AAT

Il calcolo del campo magnetico, è stato effettuato secondo la seguente:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

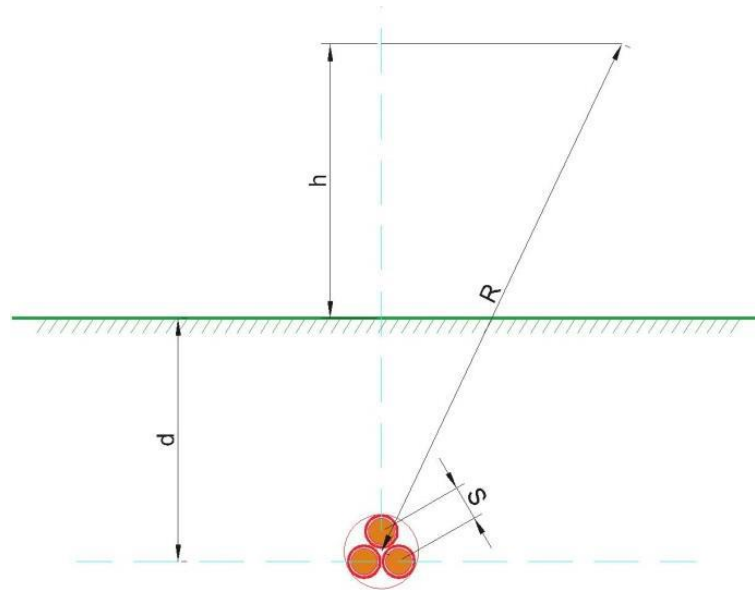


Figura 11 schematizzazione grafica dei parametri spaziali per il calcolo dell'induzione magnetica da una singola terna

Per il calcolo della portata cautelativamente, si è tenuto conto della portata effettiva del conduttore e non della corrente nominale di esercizio. Gli altri parametri di calcolo sono:

- Tensione di esercizio dell'impianto elettrico pari a: 220 kV.
- Temperatura media del terreno: 25 °C
- Resistività termica del terreno: 1,5 °Km / W
- Profondità di posa: 1,5 m
- Fattore di potenza: 0,95
- Tipo di posa: interrata con disposizione a trifoglio
- Sezione cavo: 1600 mmq
- Diametro cavo: 110 mm
- Portata cavo interrato: 977 A

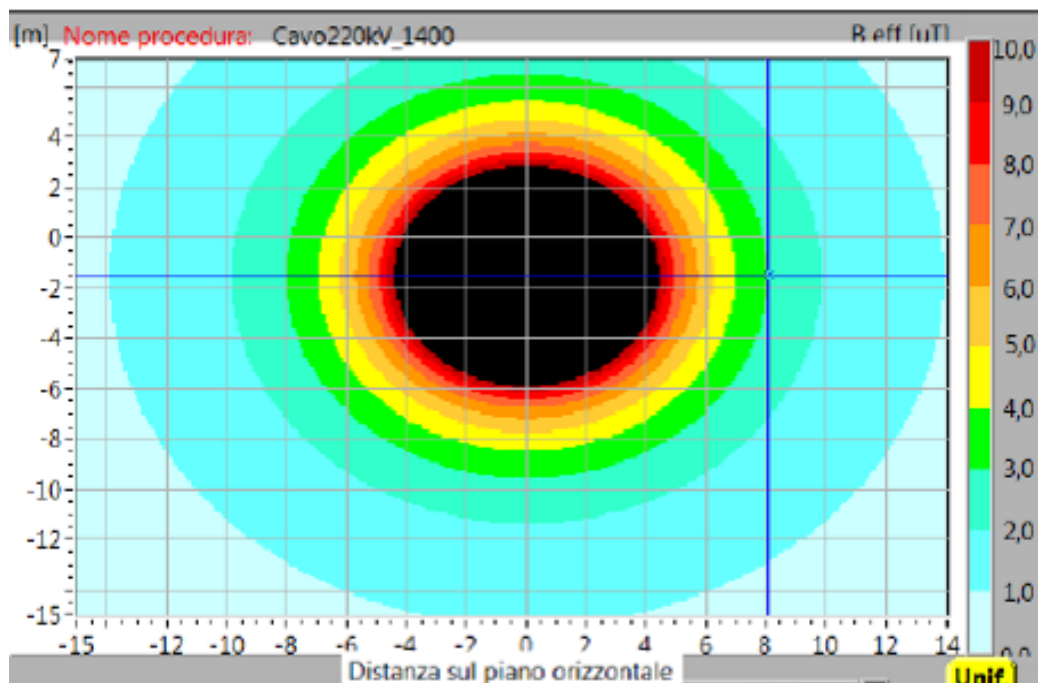


Figura 12 esempio distribuzione del campo elettromagnetico indotto da un cavo interrato a 220kV.

A seguire si riportano i risultati del calcolo effettuato:

distanza dal asse	distanza dal suolo	R	Induzione magnetica
m	m	m	μT
0	0	1,5	21,12
0	1	2,5	7,60
1	1	2,69	6,55
1,5	1	2,92	5,59
2	1	3,20	4,64
2,5	1	3,54	3,80
3	1	3,91	3,12
3,1	1	3,98	3,00
3,5	1	4,3	2,57

Il valore dell'induzione magnetica al suolo all'asse scavo è pertanto pari a: 21.1 μT.

Per quanto al cavidotto interrato AAT di collegamento tra lo stallo di consegna e la stazione di smistamento della RTN, la fascia di rispetto, pari alla distanza sul piano orizzontale

(ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$, è stata calcolata pari a 6.2 m ca. centrata sull'asse del cavidotto (DPA 3.1 m). Pertanto essa risulta essere ricompresa nelle aree interessate dalla realizzazione delle stazioni elettriche stesse nonché delle relative fasce di asservimento previste.

Si noti in merito che le condizioni di calcolo sono state molto cautelative essendo le portate realmente transitanti entro i cavi pari alla metà circa della loro portata. Si consideri peraltro che la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica non è affatto costante nelle 24 h .

5 RACCORDI AEREI AT

5.1 Caratteristiche tecniche

I raccordi di nuova realizzazione saranno costituiti da una palificazione a doppia terna serie 220 kV armata con un conduttore di energia per ciascuna delle tre fasi elettriche e da una corda di guardia.

Le caratteristiche elettriche degli elettrodotti sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	220 kV
Corrente nominale	550 A
Potenza nominale	210 MVA
Diametro conduttore	31,5 mm
Diametro fune di guardia (incorporante fibra ottica)	11,5 mm

5.2 Campo Elettrico

Il campo elettrico massimo al suolo che si può riscontrare sotto una linea di tale configurazione - in assenza di mezzi schermanti - è pari (con franco dei conduttori sul suolo di 10 m) a $0,762 \text{ kV/m}$ a 7 m dall'asse della linea.

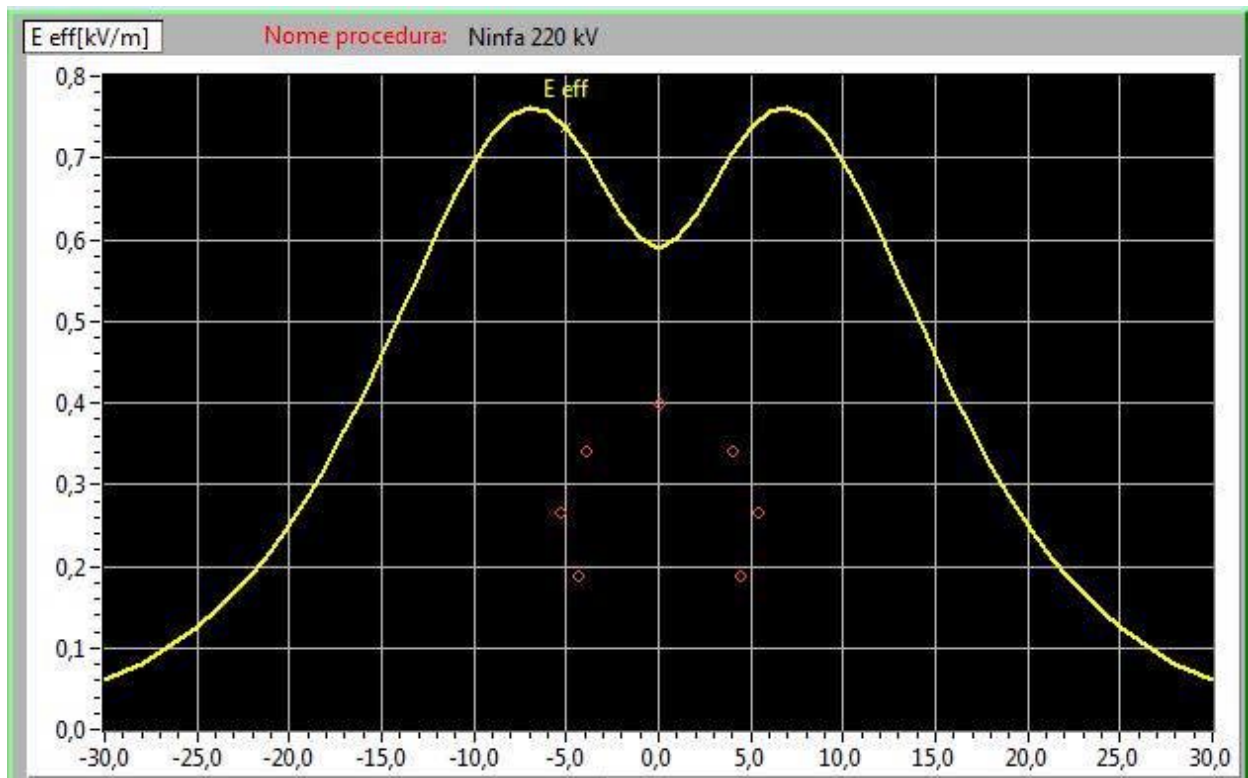


Figura 13 esempio distribuzione del profilo laterale del campo elettrico ad un metro dal suolo prodotto da un elettrodotto a 220 KV in doppia terna - conduttore \varnothing 31,5 mm.

5.3 Campo Magnetico

Come si evince dai grafici dell'andamento tipico del campo magnetico per un elettrodotto nella presente configurazione, l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, valutato ad un metro da terra e con i conduttori ad un'altezza di 10 m dal piano campagna, viene rispettato ad una distanza dall'asse linea di circa 13 m quindi all'interno delle fasce di asservimento degli elettrodotti.

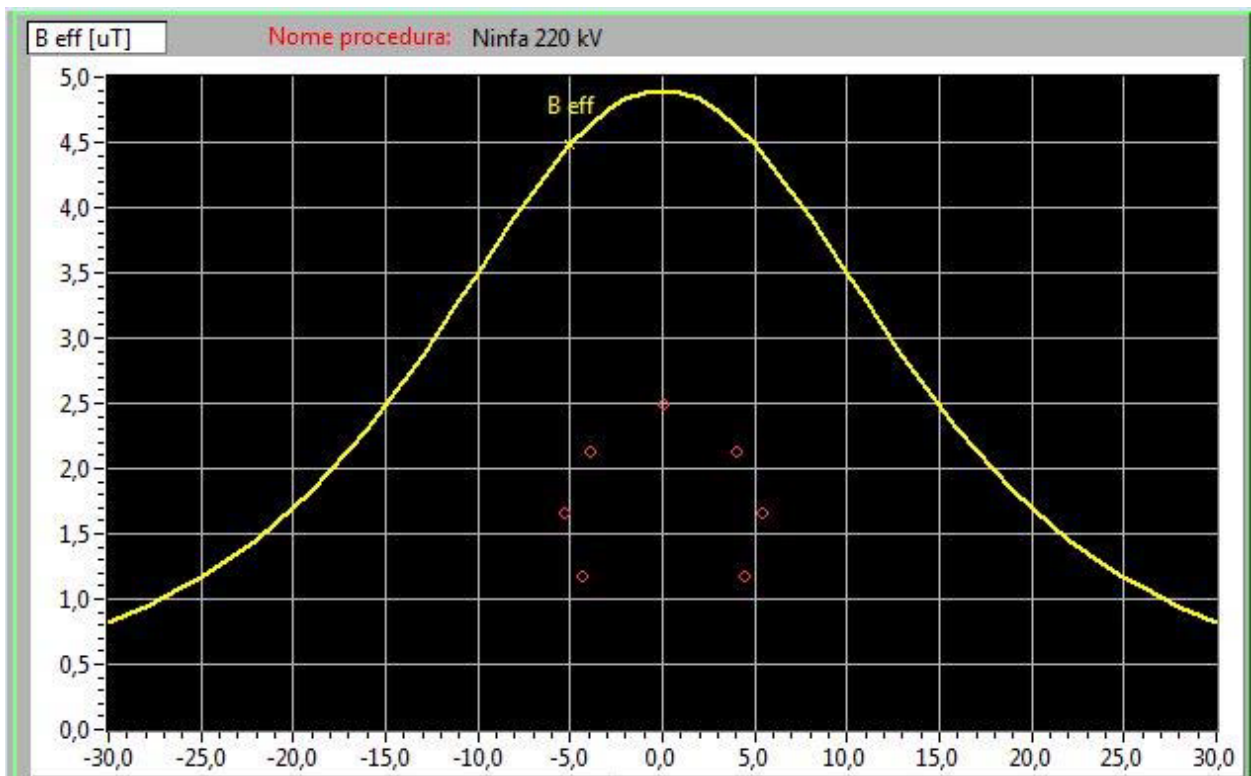


Figura 14 esempio di mappa verticale dell'induzione magnetica ad un metro dal suoloprodotto da un elettrodotto a 220 KV in doppia terna - conduttore \varnothing 31,5 mm.

5.4 Distanza di Prima Approssimazione

Nel caso in esame, con riferimento alle caratteristiche ed alla configurazione dell'elettrodotto in esame, le sezioni trasversali del cilindroide la cui superficie è caratterizzata da un valore di campo magnetico pari a 3 μT (obiettivo di qualità) risulta quella evidenziata nella figura seguente.

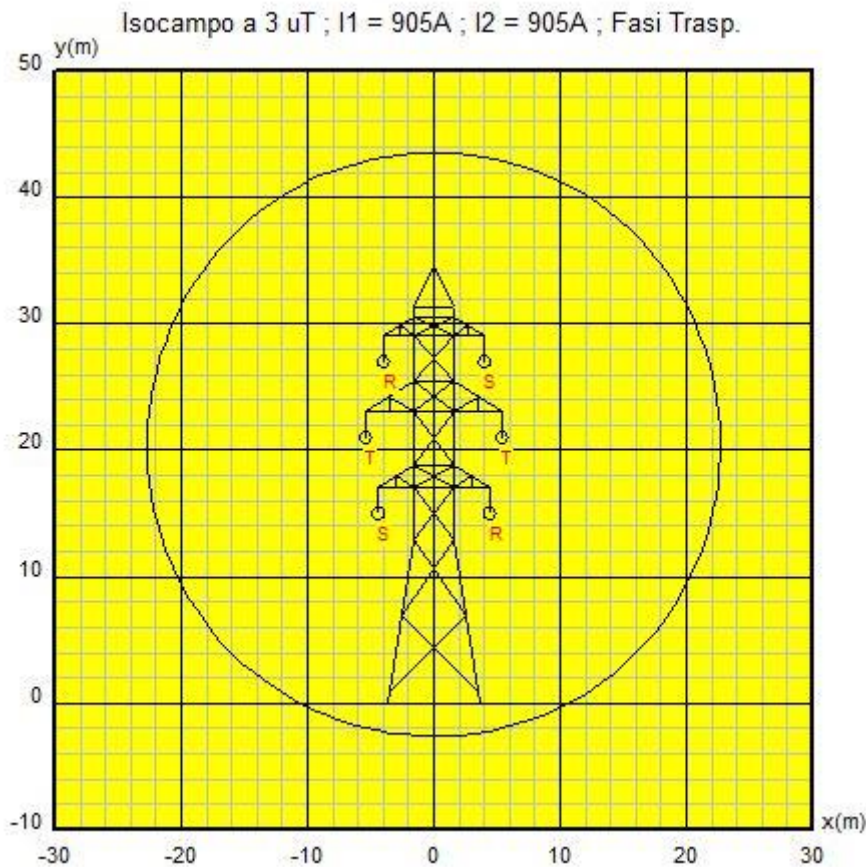


Figura 15 DPA di un elettrodotto a 220 KV in doppia terna - conduttore \varnothing 31,5 mm.

Di conseguenza la DPA, valutata eventualmente cautelativamente nel caso peggiore in condizioni di sistema asimmetrico, risulta pari a circa 22,5 m.

6 CONCLUSIONI

La presente ha avuto per oggetto il rispetto dei requisiti di legge sui CEM da parte del progetto dell'impianto FV "Piraino" nel Comune di Alcamo (TP), con impianti di connessione alla rete nel comune di Monreale (PA).

Per quanto alla tratta di cavidotto MT interrato di collegamento dell'impianto FV alla stazione di trasformazione, la fascia di rispetto, pari alla distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT , è stata calcolata pari a 5.4 m ca.

centrata sull'asse del cavidotto (DPA 2.7 m). Pertanto essa risulta essere ricompresa nella carreggiata stradale esistente prevalentemente sede del tracciato del cavidotto stesso.

I valori del campo magnetico sono tali per cui la DPA risulta essere completamente interna al perimetro delle stazioni elettriche in progetto.

Per quanto i cavidotti interrato AAT di collegamento tra la stazione di trasformazione Limes 17 e quella di altro produttore e tra lo stallo di consegna e la stazione di smistamento della RTN, la fascia di rispetto, pari alla distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3\ \mu\text{T}$, è stata calcolata pari a 6.2 m ca. centrata sull'asse del cavidotto (DPA 3.1 m). Pertanto essa risulta essere ricompresa nelle aree interessate dalla realizzazione delle stazioni elettriche stesse nonché delle relative fasce di asservimento previste.

La DPA, valutata eventualmente cautelativamente nel caso peggiore in condizioni di sistema asimmetrico, per i raccordi aerei risulta pari a circa 22,5 m.

Si noti in merito che le condizioni di calcolo sono state molto cautelative essendo le portate realmente transitanti entro i cavi pari alla metà circa della loro portata. Si consideri peraltro che la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica non è affatto costante nelle 24 h.

I risultati esposti mostrano come, in relazione alla reale situazione analizzata, il più vicino ricevitore sensibile risulti a distanza largamente superiore a quella alla quale è calcolato un valore di campo magnetico pari sia al "limite di esposizione", sia al "valore di attenzione" che anche all' "obiettivo di qualità" rispettivamente fissati dalla normativa a $100\ \mu\text{T}$, $10\ \mu\text{T}$ e $3\ \mu\text{T}$.

Con riferimento a quanto sopra esposto, si può pertanto concludere che è garantita la piena compatibilità con i limiti imposti dalla legge, sviluppandosi i tracciati dei cavi, così come progettati, su aree non a rischio, nel pieno rispetto di quanto prescritto all'art. 4 (Obiettivi di qualità) del D.P.C.M. 8 luglio 2003.