

**VARIANTI ELETTRODOTTI IN INGRESSO  
ALLA NUOVA CP TERAMO CITTA'**

***Varianti aeree e raccordi in cavo***

***Elettrodotto 132kV Teramo Città-Teramo Z.I.***

***Elettrodotto 132kV Teramo Città-Cellino Attanasio***

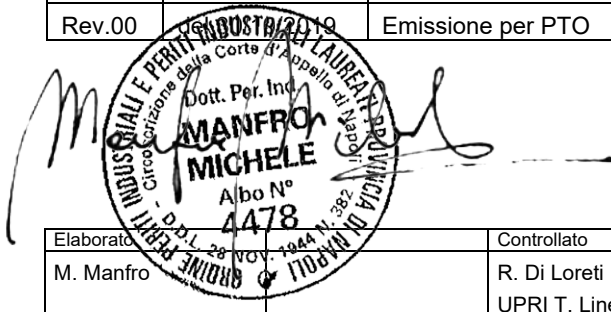
***Elettrodotto 132kV Teramo Città-Isola del Gran Sasso***

***Piano Tecnico delle Opere***

***RELAZIONE C.E.M. – Interventi 1-2-3***

**Storia delle revisioni**

Rev.00	16/10/2019	Emissione per PTO
--------	------------	-------------------



MANFRO  
MICHELE  
Albo N°  
4478

Elaborato	Controllato	Verificato	Approvato
M. Manfro	R. Di Loreti UPRI T. Linee	B. Tammaro UPRI Roma T. Linee	A. Limone UPRI

a03IO301SR -r00

**INDICE**

1	PREMESSA.....	3
2	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	3
2.1	VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO AEREO.....	3
2.1.1	Analisi campo elettrico tratte aeree .....	3
2.1.2	Distanza di Prima Approssimazione.....	5
2.1.3	Correnti di calcolo .....	6
2.1.4	Valutazione DpA dell'elettrodotto aereo .....	6
2.1.5	Verifica della presenza di recettori sensibili interni alla DPA.....	8
2.2	VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO IN CAVO .....	8
2.2.1	Analisi campo elettrico tratte in cavo interrato.....	8
2.2.2	Distanza di Prima Approssimazione .....	8
2.2.3	Correnti di calcolo .....	8
2.2.4	Schemi di posa cavi utilizzati per il calcolo delle DPA.....	8
2.2.5	Canalette Schermanti .....	9
2.2.6	Valutazione DpA elettrodotti in cavo nei tratti di parallelismo dei tre elettrodotti.....	11
2.2.7	Valutazione DpA in corrispondenza delle buche giunti .....	13
3	VERIFICA DELLA PRESENZA DI RECETTORI SENSIBILI INTERNI ALLA DPA .....	15
4	CONCLUSIONI.....	15
5	SCHEDE RECETTORI .....	16

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di riportare gli esiti della valutazione del campo elettrico ed induzione magnetica per gli **interventi 1-2-3 relativamente alle varianti miste aereo-cavo a seguito della modifica di connessione alla RTN per la CP Teramo, di proprietà di E-DISTRIBUZIONE.**

Lo studio è effettuato con riferimento ai seguenti elaborati:

- Planimetria 1:2000 con Distanza di prima approssimazione (DPA) - Intervento 1-2-3. Doc. n. D E 23802B1 C EX 1032

## 2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del D.P.C.M. 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 di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", nonché della "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", approvata con DM 29 maggio 2008. (Pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160)

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

### 2.1 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO AEREO

#### 2.1.1 Analisi campo elettrico tratte aeree

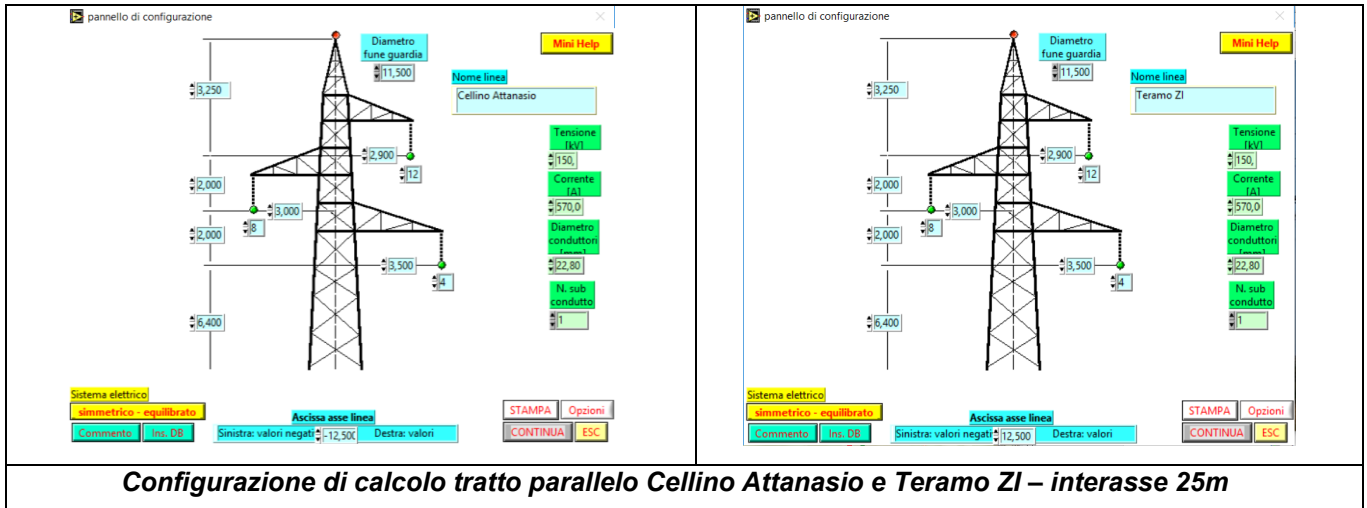
Per il calcolo del campo elettrico è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.0", sviluppato per TERNA, da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Per il calcolo delle intensità del campo elettrico si è considerata un'altezza dei conduttori dal suolo pari a 6,40 m, corrispondente cioè all'approssimazione per eccesso del valore indicato dal D.M. 1991 per le linee aeree ove è prevista la presenza prolungata di persone sotto la linea. Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore di tale valore. I conduttori sono ancorati ai sostegni, come da disegno schematico riportato nella figura seguente. Tra due sostegni consecutivi il conduttore si dispone secondo una catenaria, per cui la sua altezza dal suolo è sempre maggiore del valore preso a riferimento, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa.

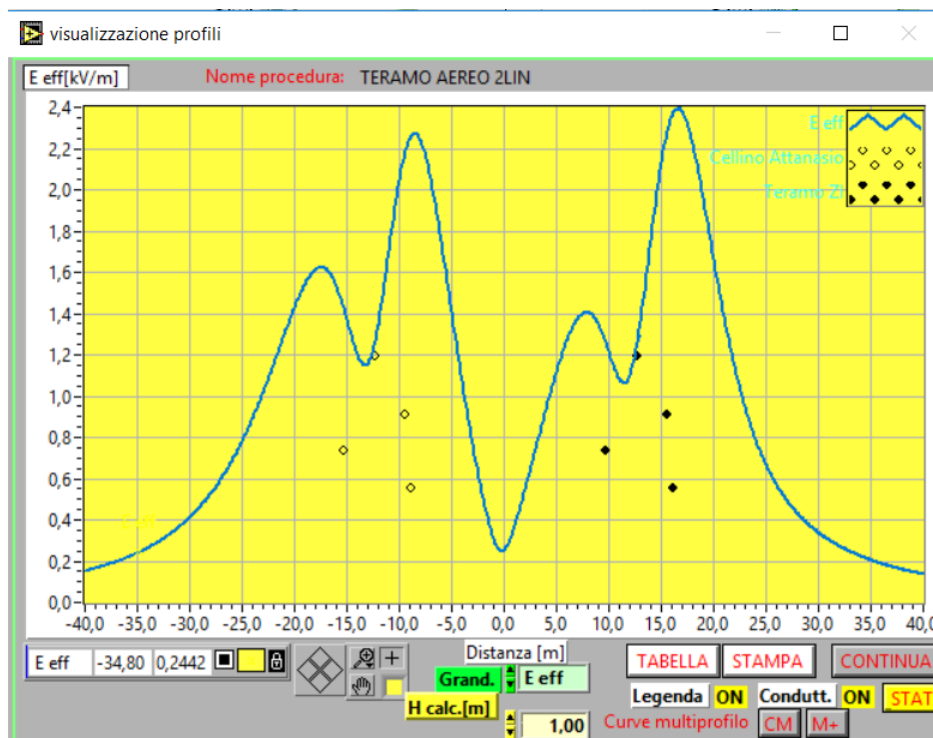
Si precisa, inoltre, che la tensione nominale per le varianti è assunta pari a 150kV mentre la tensione di esercizio è pari a 132kV.

Per quanto sopra, le ipotesi di calcolo assunte risultano sempre conservative ai fini dei CEM.

La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo tra le due linee Cellino Attanasio e Teramo Zi, il cui interasse costante è pari a 25m, è indicato nelle seguenti figure:

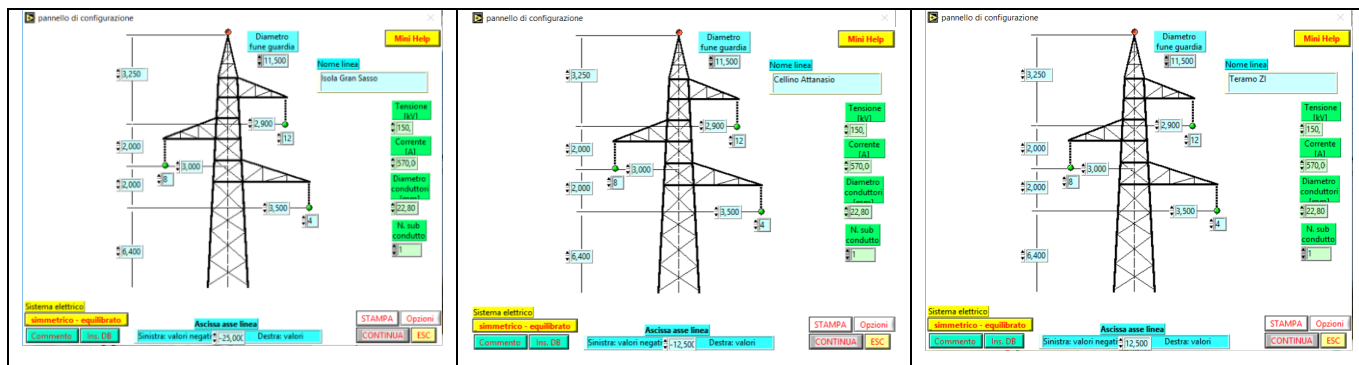


Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato dalle linee ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.



Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodotto paralleli

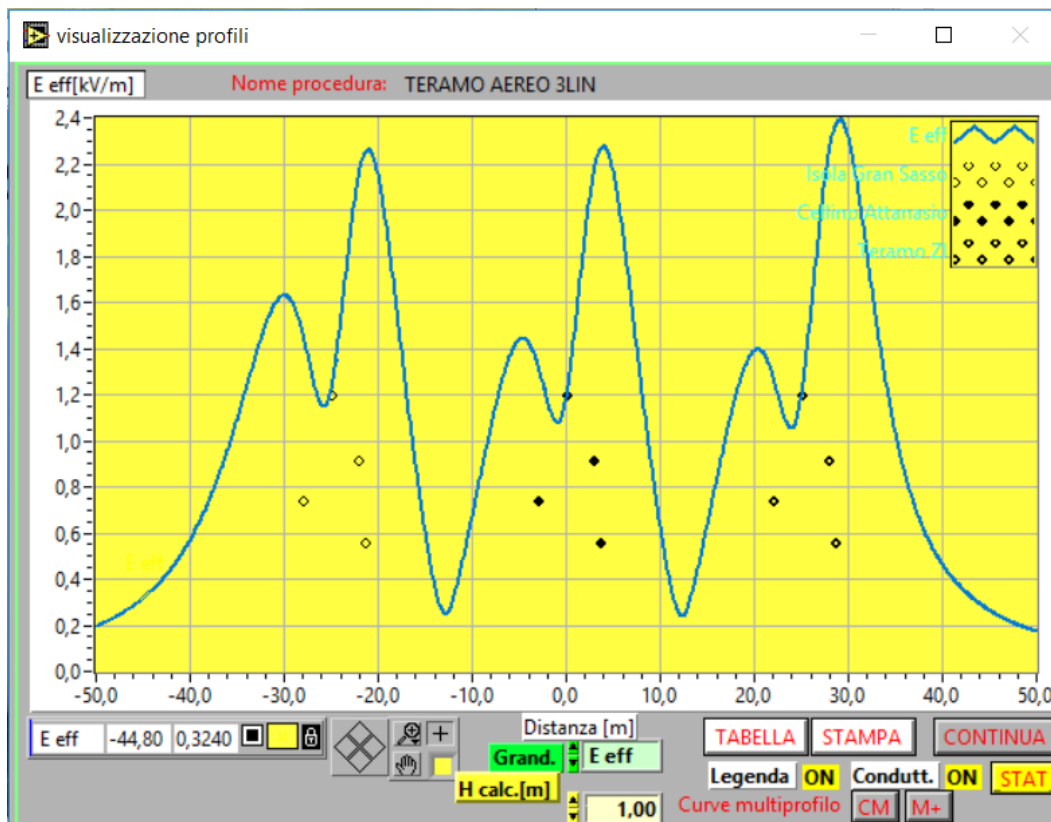
La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo tra le tre linee Isola del Gran Sasso, Cellino Attanasio e Teramo Zi, il cui interasse costante è pari a 25m, è indicato nelle seguenti figure:



**Configurazione di calcolo tratto parallelo Isola Gran Sasso, Cellino Attanasio e Teramo ZI – interasse**

**25m**

Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato dalle linee ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.



*Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m dal suolo generato dai 3 elettrodoti paralleli*

Come si vede, in entrambe le situazioni, il valore di campo elettrico è **inferiore al limite di 5 kV/m** imposto dalla normativa.

### 2.1.2 Distanza di Prima Approssimazione

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come "la distanza

in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di  $DpA$  si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”.

Tale decreto prevede per il calcolo della  $DpA$  l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo.

### 2.1.3 Correnti di calcolo

Nel calcolo si è considerata la corrente corrispondente alla portata in servizio normale della linea **pari a 570A** come definito dalla norma CEI 11-60 e conformemente al disposto del D.P.C.M. 08/07/2003.

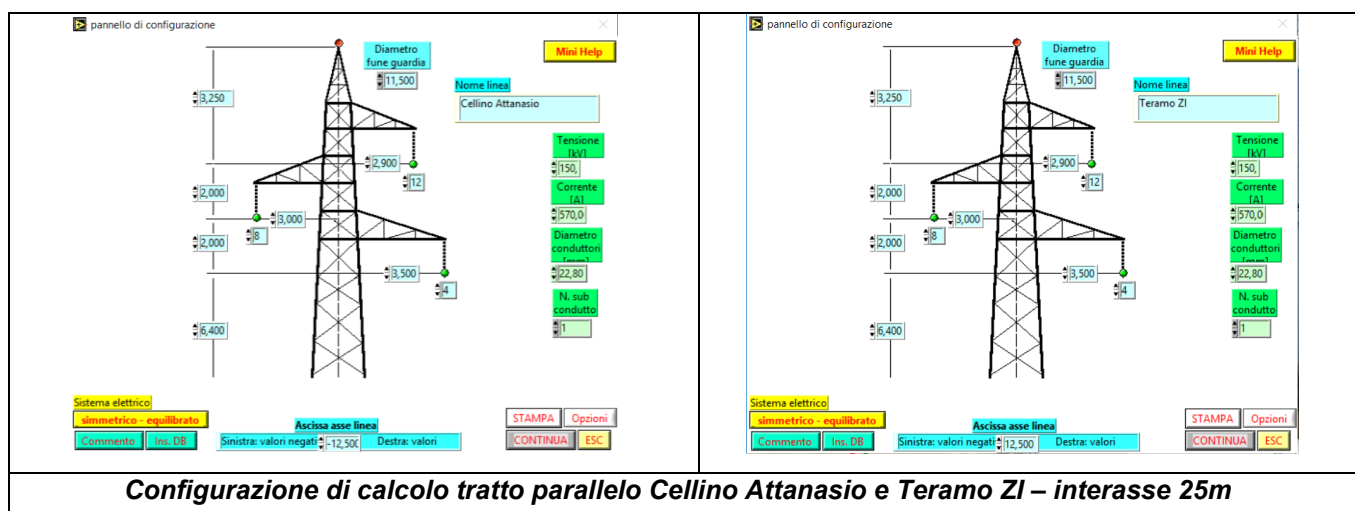
TENSIONE NOMINALE	PORTATA IN CORRENTE (A) DELLA LINEA SECONDO CEI 11-60 CONDUTTORE All-Acc diam. 22.8mm	
	ZONA A	ZONA B
	PERIODO FREDDO	PERIODO FREDDO
132 kV – 150 kV	<b>570</b>	442

Gli elettrodotto interessati dalle varianti sono ubicati geograficamente in **zona A**.

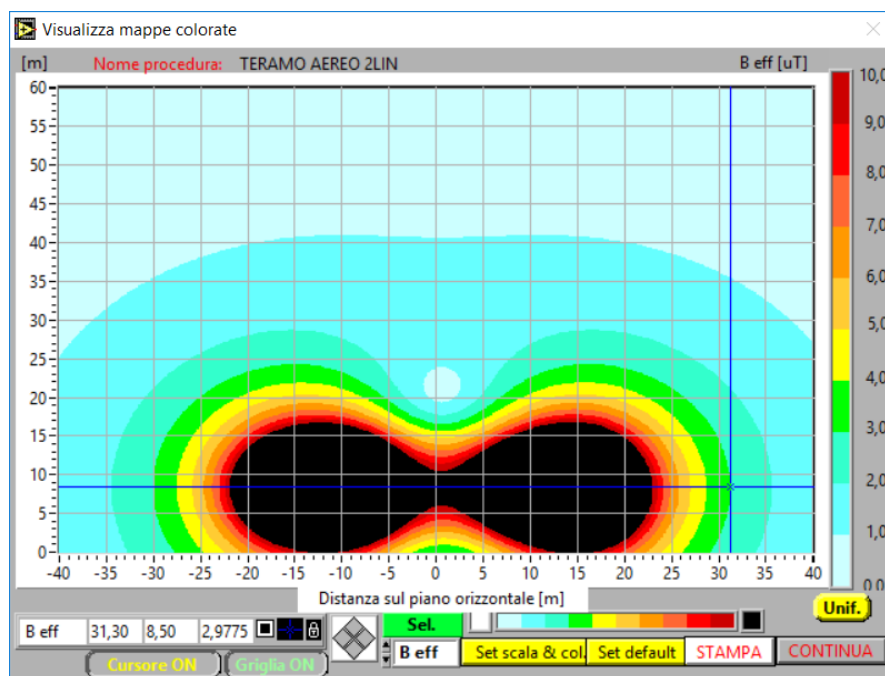
### 2.1.4 Valutazione $DpA$ dell'elettrodotto aereo

Si riporta di seguito l'andamento della fascia di rispetto e della relativa Distanza di Prima Approssimazione relativa alla tratta aerea in variante degli elettrodotto “**Isola Gran Sasso**”, “**Cellino Attanasio**” e “**Teramo Z.I.**”, in condizione "imperturbata".

La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo **tra le due linee Cellino Attanasio e Teramo Zi**, il cui interasse costante è pari a 25m, è indicato nelle seguenti figure:



Di seguito il grafico della DPA imperturbata generata dai due elettrodotti paralleli:



*Max DPA "imperturbata" = 30.10/31.30 m dall'asse di simmetria dei due elettrodotti*

I due valori considerano l'asimmetria della posizione nello spazio dei conduttori (2 mensole su un lato, 1 mensola sull'altro). Il valore maggiore, pari a 31.30m, è ovviamente quello dalla parte delle 2 mensole. Per il calcolo delle isocampo sopra riportate, è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.0" sviluppato per TERNA da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4 ed in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni sono state riportate le aree di prima approssimazione calcolate applicando i procedimenti semplificati riportati nella metodologia di calcolo di cui al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008; in particolare:

- nei tratti dei parallelismi delle linee:  
sono stati calcolati gli incrementi ai valori delle semifasce calcolate come imperturbate secondo quanto previsto dal par. 5.1.4.1 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.
- nei cambi di direzione si sono applicate le estensioni della fascia di rispetto lungo la bisettrice all'interno ed all'esterno dell'angolo tra due campate (si veda par. 5.1.4.2 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008);
- negli incroci con altre linee con tensione superiore a 132 kV si è applicato il metodo riportato al par. 5.1.4.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008, valido per incroci tra linee ad alta tensione.

### **2.1.5 Verifica della presenza di recettori sensibili interni alla DPA**

Per tenere conto della metodologia di calcolo di cui al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008, è stato utilizzato il Programma CaMEI versione 7 – dicembre 2014. Tale software fa parte della “Piattaforma per la gestione integrata e guidata di moduli di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generato da impianti di trasmissione” – EMF Tools - sviluppato da CESI Ambiente per Terna Rete Italia S.p.A.

## **2.2 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO IN CAVO**

### **2.2.1 Analisi campo elettrico tratte in cavo interrato**

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche, rende di fatto il **campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili **è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto**. Non si riporta rappresentazione del calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché come detto **il campo elettrico esterno al cavo è nullo**.

### **2.2.2 Distanza di Prima Approssimazione**

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come *“la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”*.

Tale decreto prevede per il calcolo della Dpa l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo. A tal proposito si riporta di seguito il calcolo della Distanza di prima approssimazione degli elettrodotti in cavo in oggetto dello studio.

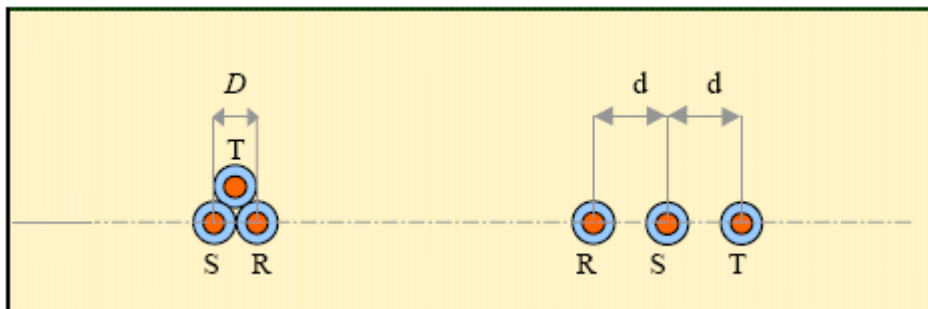
### **2.2.3 Correnti di calcolo**

La corrente utilizzata per la determinazione delle fasce di rispetto, e quindi delle DPA, è pari alla corrente nominale del cavo di 1000A.

### **2.2.4 Schemi di posa cavi utilizzati per il calcolo delle DPA**

Gli schemi tipici di posa di un elettrodotto a 150 kV sono tipicamente a trifoglio o in piano, come rappresentato nella figura seguente:





La posa a trifoglio riduce la portata di corrente ammissibile del cavo dovuta al regime termico che si instaura a causa della vicinanza dei cavi. Al contrario la posa in piano presenta livelli di portata in corrente proporzionali alla distanza di interasse dei cavi.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m.

La disposizione delle fasi sarà normalmente “a trifoglio”; qualora si presentasse la necessità di contenere ulteriormente la distanza della isocampo massima dei 3  $\mu\text{T}$  saranno **posizionate schermature e/o loop passivi** atte a garantire in ogni caso il rispetto delle Norme; nelle zone ove saranno previste le buche giunti la disposizione del cavo sarà “in piano” con interasse di 0.70 m.

## **2.2.5 Canalette Schermanti**

### **2.2.5.1 Caratteristiche tecniche**

La tecnica di posa con schermatura è realizzata inserendo i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata.

Le canalette vengono utilizzate nei tratti di elettrodotto caratterizzati dalla vicinanza a strutture potenzialmente sensibili per le quali si ha la necessità di ridurre i valori assunti dal campo magnetico.

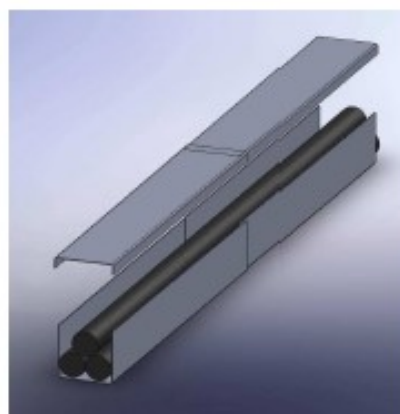
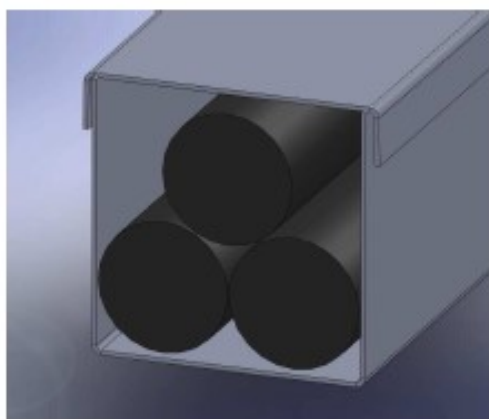
Le canalette per la schermatura magnetica sono realizzate con acciai di diverso spessore, caratterizzati da una differente capacità di attenuazione del campo magnetico.

Hanno una lunghezza variabile e vengono sormontate di circa 600 mm per ottenere una schermatura uniforme del campo magnetico.

Le canalette sono costituite da unità a pianta trapezoidale sequenziabili a realizzare percorsi comunque complessi, anche non lineari e non planari, in configurazione chiusa specifica per interrimento, con protezione dalla corrosione tramite un ciclo di verniciatura a polvere epossidica in grado di garantire un’ottima resistenza alla corrosione anche in ambienti aggressivi.

Le canalette hanno dimensioni variabili in funzione del diametro dei cavi.

Le giunzioni sono studiate in modo che la sfruttabilità dei giochi e l’elasticità relativa degli elementi permettano di adeguare la canaletta al tracciato di posa della linea.



Il coperchio viene bloccato con morsetti di fissaggio per garantire il contatto tra scafo e coperchio.

### **2.2.5.2 Capacità schermante delle canalette**

La SELITE, azienda leader nel settore delle schermature di campi magnetici a frequenza industriale, produttrice di canalette omologate nel 2009 da Terna in accordo alle loro prescrizioni tecniche, ha eseguito, mediante il software dedicato FC400, studi teorici sulla capacità schermante delle canalette relativamente a cavi aventi le medesime caratteristiche, elettriche e di posa, di quelle dei cavi utilizzati per la realizzazione degli elettrodotti in cavo oggetto della seguente relazione, che dimostrano che è possibile ottenere valori di capacità schermante che vanno da un minimo di 18 dB ad un massimo di 40 dB a seconda della composizione e del dimensionamento delle stesse canalette.

In particolare, essendo il valore di capacità schermante (SE) pari a:

$$SE = 20 * \log (H1/H2)$$

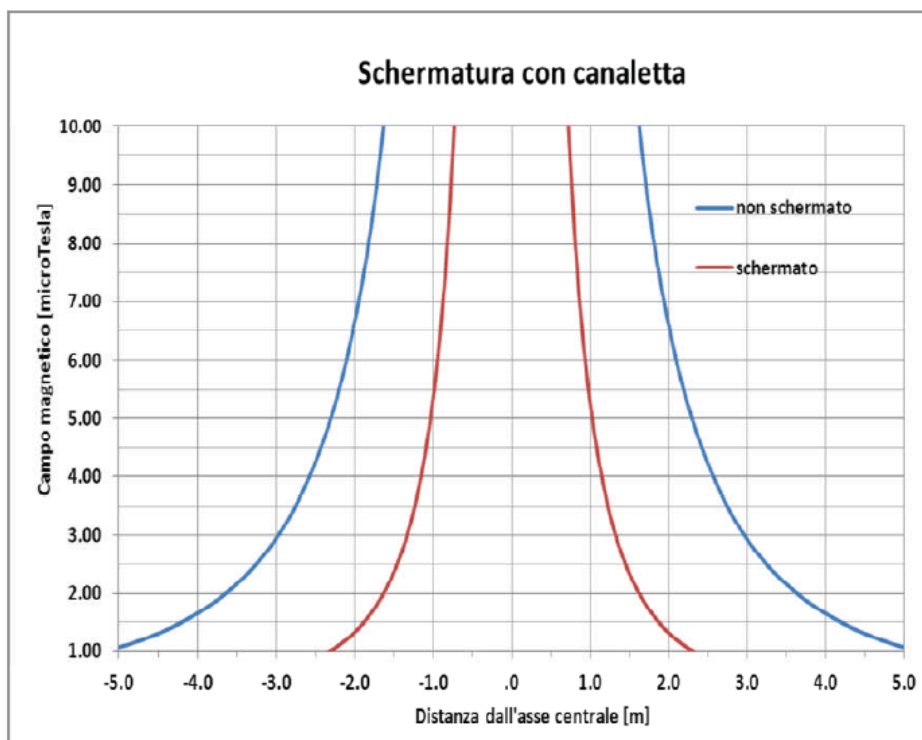
(H1 e H2 sono rispettivamente i valori del campo magnetico senza e con l'interposizione dello schermo)

si può notare come in corrispondenza del valore minimo di capacità schermante ottenibile (18db) si abbia un'attenuazione del campo magnetico pari a 7,9.

Ovvero il campo magnetico con l'utilizzo della schermatura viene attenuato di ben 7,9 volte rispetto a quello generato dal cavo senza l'utilizzo di schermatura.

Il comportamento delle canalette ferromagnetiche è stato sperimentalmente provato ed applicato in altri impianti già realizzati con risultati positivi.

Tale schermatura permetterà una riduzione del valore dell'induzione magnetica, ottenendo un valore della DPA pari a  $\pm 1.4$  m rispetto all'asse centrale del circuito: di seguito si riporta il relativo grafico.



Si ritiene peraltro che il dimensionamento della schermatura debba essere effettuato in sede di progetto esecutivo, data anche la stretta correlazione coi dimensionamenti di competenza del costruttore dei cavi.

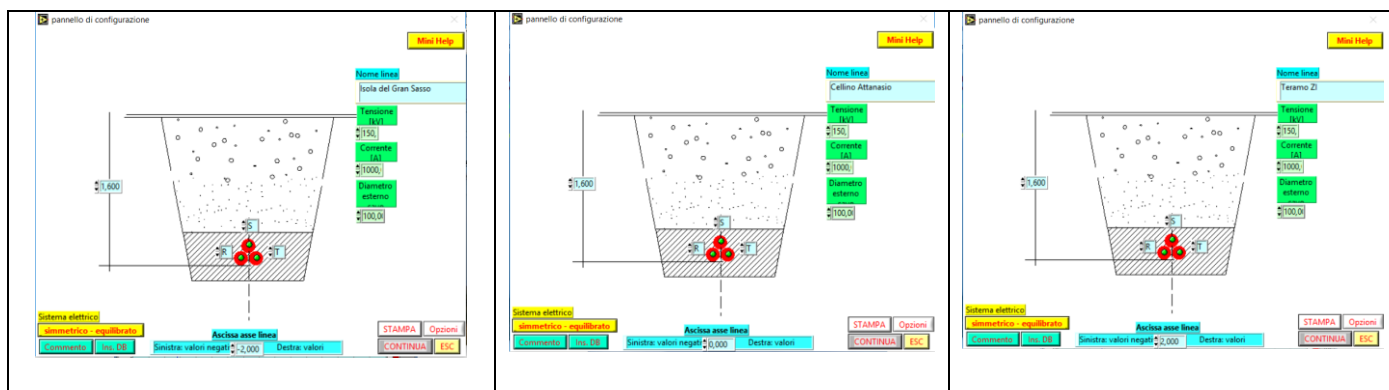
**2.2.6 Valutazione DpA elettrodotti in cavo nei tratti di parallelismo dei tre elettrodotti**

Si definisce di seguito la fascia di rispetto e la relativa Distanza di Prima Approssimazione del tratto di parallelismo dei tre elettrodotti in cavo dove gli elettrodotti in cavo corrono sempre parallelamente.

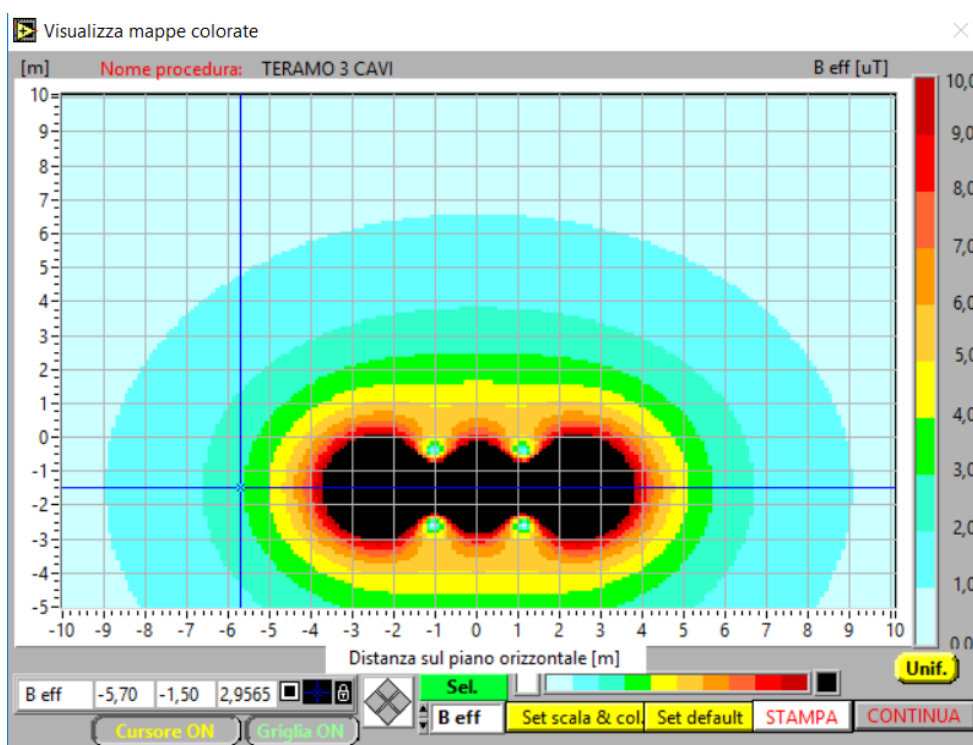
Le due terne di cavi saranno posizionate ad una distanza interasse di circa 2,00 m.

	TRE TERNE CON POSA CAVI A TRIFOGLIO		
	Terna 1 Isola del Gran Sasso	Terna 2 Cellino Attanasio	Terna 3 Teramo ZI
<b>PROFONDITA' DI POSA</b>	1,6 m	1,6 m	1,6 m
<b>CORRENTE</b>	1000A	1000A	1000A
<b>DIAMETRO ESTERNO</b>	100 mm	100 mm	100 mm

Di seguito le configurazioni di calcolo dei tre elettrodotti affiancati (terna1, terna 2 e terna 3) posti ad un interasse di 2,00m:



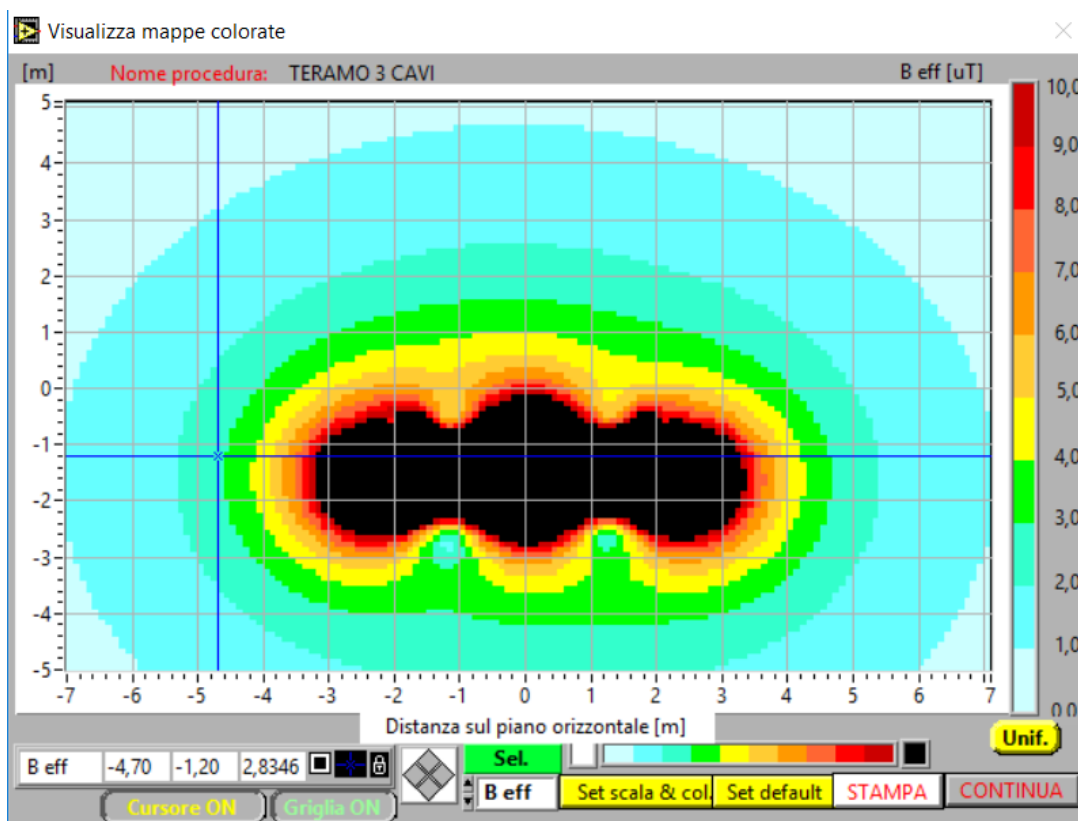
Di seguito il grafico della DPA imperturbata generata dai tre elettrodotti paralleli:



TRATTO DI PARALLELISMO CAVI 150 kV, rispetto all'asse delle tre Terne di Cavi  
**DPA sx = 5,70 m - DPA dx = 5,70 m**

La DpA sviluppata dalle tre Terne affiancate è pari a 11,40 m (5,70m per lato).

Nella seconda tratta verso la Nuova CP Teramo Città, attraversando una zona fortemente antropizzata, al fine di mitigare l'induzione magnetica e ridurre la DPA, **saranno inseriti loop passivi all'interno delle trincee di posa dei cavi**. La DPA conseguente alla posa dei loop passivi è rappresentata nella figura seguente.



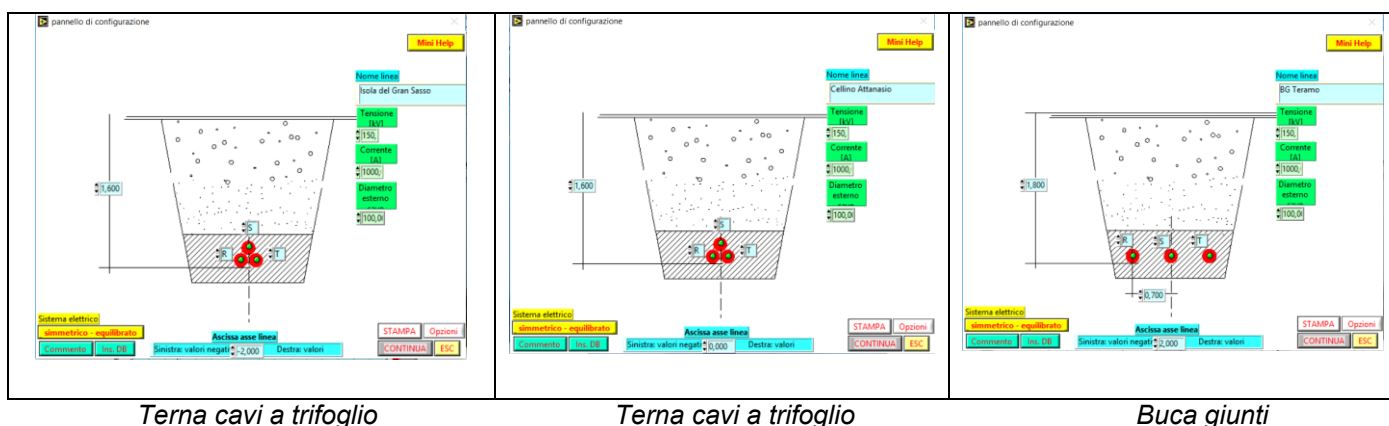
TRATTO DI PARALLELISMO CAVI 150 KV  
rispetto all'asse delle tre Terne di Cavi **con Loop passivi**  
**DPA sx = 4,70 m - DPA dx = 4,70 m**

La DpA sviluppata dalle tre Terne affiancate con loop passivi è pari a 9,40 m (4,70m per lato).

### 2.2.7 Valutazione DpA in corrispondenza delle buche giunti

Trattandosi di tre terne di cavi paralleli della stessa lunghezza, le buche giunti saranno opportunamente sfalsate di circa 10m in modo da ridurre gli spazi e l'induzione magnetica. Si riporta di seguito l'andamento della fascia di rispetto e della relativa Distanza di Prima Approssimazione relativa a due terne di cavi a 150 kV posati a trifoglio ed una buca giunti con cavi in piano e spazati, disposizione che caratterizza la posizione dei cavi all'interno delle buche giunti.

La configurazione di calcolo analizzata è la seguente:

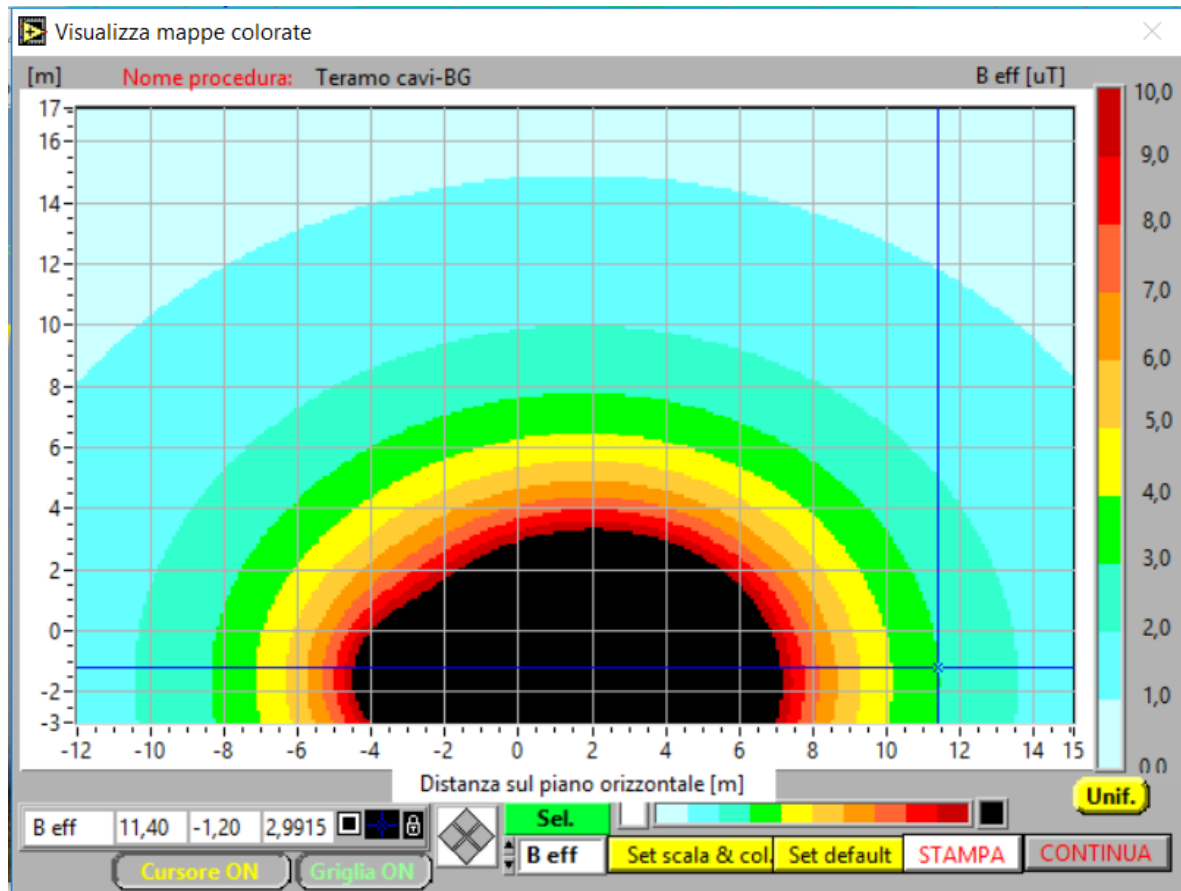


Terna cavi a trifoglio

Terna cavi a trifoglio

Buca giunti

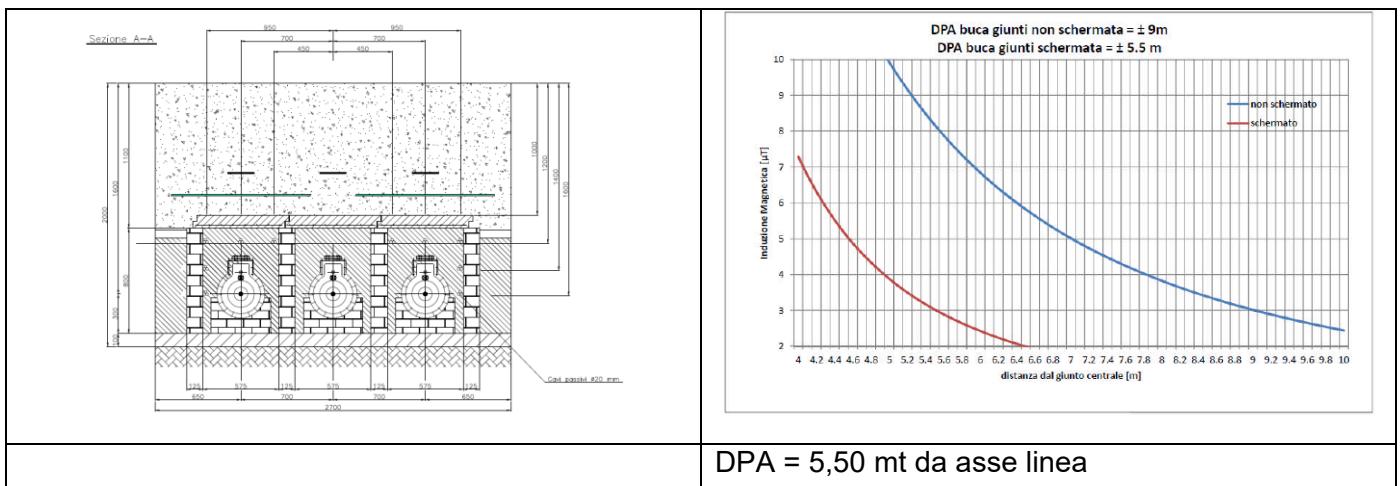
Di seguito il grafico della induzione magnetica riferita alla configurazione di calcolo:



**DPA sx = 8,40 m - DPA dx = 11,40 m**  
**DPA TOTALE= 19,80 mt**

E' possibile, anche in questo caso, la mitigazione dell'induzione magnetica attraverso l'uso di Loop passivi sia all'interno delle trincee che all'interno delle buche giunti.

A titolo esemplificativo, la mitigazione delle buche giunti per mezzo di loop passivi, riduce la fascia DPA di una buca giunti isolata **da 9.1 m a 5,5 mt per lato**, come si evince dallo schema seguente;



Di seguito una tabella riepilogativa delle DPA calcolate in base alla tipologia di posa con e senza mitigazione:

Tipologia di installazione	Posa	Numero di circuiti	Distanza assiale tra le fasi [mm]	Profondità di posa [m]	DPA 3 $\mu$ T [m]
<b>Posa a trifoglio</b>	<b>B1</b>	<b>TRE TERNE DI CAVI Interasse 2m</b>	<b>105</b>	<b>1,6</b>	<b><math>\pm 5,7</math></b>
<b>Posa a trifoglio con Loop passivi</b>	<b>B1</b>	<b>TRE TERNE DI CAVI Interasse 2m</b>	<b>105</b>	<b>1,6</b>	<b><math>\pm 4,7</math></b>
<b>Buca giunti + 2 terne di cavi</b>	<b>GMS+cavi</b>	<b>3</b>	<b>105/700</b>	<b>1,60/1,8</b>	<b>8,40/11.40</b>
<b>Buca giunti schermata isolata</b>	<b>GMS</b>	<b>1</b>	<b>700</b>	<b>1,8</b>	<b><math>\pm 5,5</math></b>

### 3 VERIFICA DELLA PRESENZA DI RECETTORI SENSIBILI INTERNI ALLA DPA

E' stata condotta l'analisi di tutti i possibili recettori ricadenti all'interno della DPA con riferimento al tracciato aereo in variante ed alle tratte in cavo.

Risulta, sulla base delle indagini svolte, un solo recettore ricadente nella fascia DPA così calcolata e riportato nella planimetria doc. **D E 23802B1 C EX 1032**.

Tale interferenza rilevata all'interno della fascia DPA è elencata nella "scheda recettori", in calce alla presente relazione, con indicate distanze, altezze, destinazione d'uso, stato di conservazione e valore di induzione calcolato.

Per quelle interne alla fascia, al fine di consentire una corretta valutazione del campo magnetico come previsto dal Decreto 29 Maggio 2008, si è provveduto ad eseguire il calcolo del valore di induzione considerando l'effettiva geometria dei sostegni e la reale disposizione dei conduttori nello spazio in corrispondenza della sezione considerata.

Per il calcolo del valore di induzione, è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.0" sviluppato per Terna da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4; inoltre i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

### 4 CONCLUSIONI

In conclusione, dalle valutazioni effettuate, si conferma che per gli **interventi 1-2-3**, sono sempre rispettati i limiti previsti dal DPCM 8 luglio 2003 ovvero:

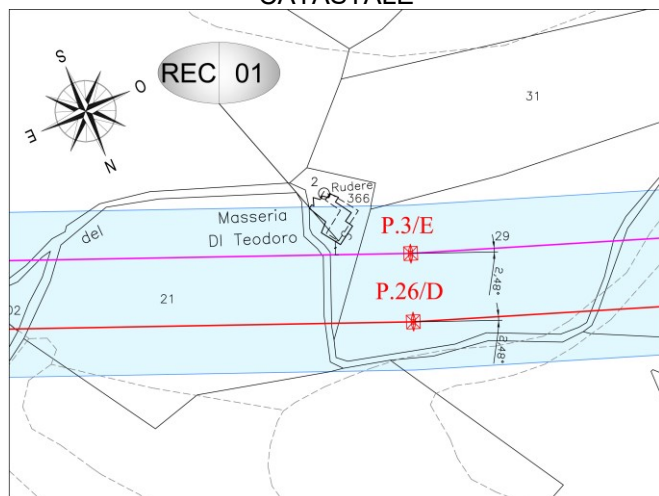
- il valore del **campo elettrico** è sempre **inferiore** al limite fissato in **5kV/m**
- il valore del **campo di induzione magnetica**, in corrispondenza dei punti sensibili (abitazioni, aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) è sempre **inferiore a 3  $\mu$ T**.

5 SCHEDE RECETTORI

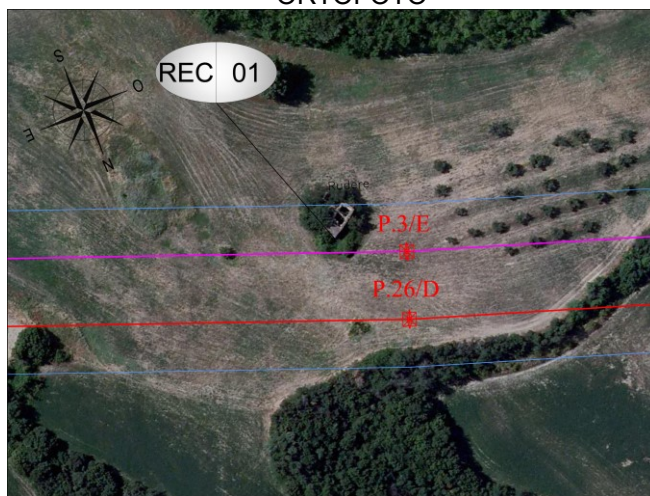
CARATTERISTICHE STRUTTURA		
STRUTTURA		<b>REC-01</b>
COMUNE		TERAMO
UBICAZIONE	(campate)	P.3/D – P.3/E
DESTINAZIONE D'USO		Rudere
STATO CONSERVAZIONE		Pessimo
Ascissa - X	WGS84 33N	392124.76
Ordinata - Y	WGS84 33N	4722001.68
QUOTA SUOLO	[m]	411.87
ALTEZZA STRUTTURA	[m]	6.00
FUORI ASSE	[m]	5.01
INDUZIONE MAGNETICA (B)	[ $\mu$ T]	<b>2,04</b>



CATASTALE



ORTOFOTO



PROSPETTO INVILUPPO INDUZIONE CON PUNTAMENTO SUL MARGINE PIÙ PROSSIMO DEL RECETTORE

