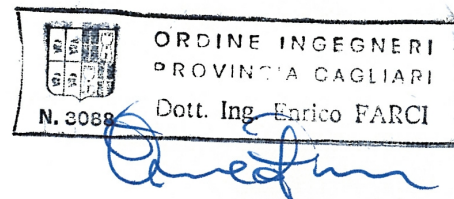


**Riassetto area metropolitana di Roma Quadrante Sud-Ovest**

***Relazione di calcolo delle fasce di rispetto***



***Storia delle revisioni***

Rev. 00	del 15/05/10	Prima emissione
Rev. 01	del 25/11/10	Seconda emissione

Elaborato		Verificato	Approvato
M. Ferotti SRI/PRI-RM		M. Ferotti SRI/PRI-RM	E. Farci SRI/PRI-RM

m010CI-LG001-r02

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	3
2.1	Correnti per calcolo della distanza di prima approssimazione (DPA) .....	3
2.2	Calcolo della DPA imperturbata.....	5
2.3	Calcolo della DPA in corrispondenza delle buche giunti .....	9
2.4	Calcolo della DPA in presenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni.....	13
2.5	Calcolo del campo magnetico.....	13
3	CONCLUSIONI .....	15

## 1 PREMESSA

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, 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, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e delle 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.

Scopo della presente relazione tecnica è il calcolo delle fasce di rispetto, tramite l'applicazione della suddetta metodologia di calcolo, per i nuovi elettrodotti o per modifiche a quelli esistenti, indicati nel seguito:

- raccordi aerei 380 kV alla nuova stazione di trasformazione di Ponte Galeria delle linee 380 kV "Aurelia – Roma Sud" e "Roma Ovest – Roma Sud";
- raccordi in entra-esce in cavo interrato 150 kV alla nuova stazione 380/150 kV di Ponte Galeria della linea 150 kV "Lido - Vitinia";
- nuova linea in cavo interrato 150 kV "CP Fiera di Roma - SE Ponte Galeria"
- raccordi 150 kV alla nuova stazione di trasformazione di Ponte Galeria della linea 150 kV "Ponte Galeria – Magliana";
- potenziamento dell'attuale direttrice 150 kV "Lido – Vitinia – Tor di Valle";
- variante aerea di tracciato della linea a 380 kV "Roma Ovest – Roma Sud" in prossimità della stazione elettrica di Roma Sud nell'area denominata Selvotta;
- variante aerea di tracciato della linea 220 kV "Roma Sud – Cinecittà" in corrispondenza dell'area denominata Castelluccia;
- interramento dell'esistente elettrodotto aereo in semplice terna 150 kV "Roma Sud – Magliana" in corrispondenza del comprensorio Vallerano per una lunghezza di circa 2,4 km;

## 2 METODOLOGIA DI CALCOLO

### 2.1 Correnti per calcolo della distanza di prima approssimazione (DPA)

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".

Ai sensi dell'art. 6 comma 1 del DPCM 8 luglio 2003, la corrente da utilizzare nel calcolo per la DPA è la portata in corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (periodo freddo).

Per le linee aeree con tensione superiore a 100 kV la portata di corrente in servizio normale viene calcolata ai sensi della norma CEI 11-60.

Nei casi in esame (**zona A**) la portata in corrente del conduttore di riferimento nel periodo freddo è pari a 985 A per il livello di tensione a 380 kV, 905 A per il livello di tensione a 220 kV e 870 A per il livello di tensione a 150 kV.

Relativamente ai raccordi aerei 380 kV in singola terna alla nuova stazione di trasformazione di Ponte Galeria delle linee 380 kV "Aurelia – Roma Sud" e "Roma Ovest – Roma Sud" verranno utilizzati per ogni fase un fascio trinato di conduttori in alluminio acciaio di diametro pari a 31,5 mm per cui la corrente di calcolo utilizzata nella presente relazione sarà pari a:  $985 \times 3 = \mathbf{2955 \text{ A}}$ .

Relativamente alla variante aerea di tracciato della linea a 380 kV "Roma Ovest – Roma Sud" in prossimità della stazione elettrica di Roma Sud nell'area denominata Selvotta verranno utilizzati per ogni fase un fascio binato di conduttori in alluminio acciaio di diametro pari a 31,5 mm per cui la corrente di calcolo utilizzata nella presente relazione sarà pari a:  $985 \times 2 = \mathbf{1970 \text{ A}}$ .

Relativamente alla variante aerea di tracciato della linea a 220 kV "Roma Sud - Cinecittà" in prossimità in corrispondenza dell'area denominata Castelluccia verranno utilizzati per ogni fase un fascio binato di conduttori in alluminio acciaio di diametro pari a 31,5 mm per cui la corrente di calcolo utilizzata nella presente relazione sarà pari a:  $905 \times 2 = \mathbf{1810 \text{ A}}$ .

Relativamente ai nuovi elettrodotti aerei 150 kV verrà utilizzato per ogni fase un singolo conduttore in alluminio acciaio di diametro pari a 31,5 mm, ovvero un conduttore ad "Alta Capacità di Trasporto" di caratteristiche elettriche analoghe, per cui la corrente di calcolo utilizzata nella presente relazione sarà rispettivamente pari a **870 A**.

Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella norma CEI 11-17.

Relativamente ai tratto in cavo a 150 kV verrà utilizzata una terna di cavi unipolari in alluminio avente una sezione di 1600 mm<sup>2</sup> o in rame avente una sezione di 1000 mm<sup>2</sup> con isolamento in XLPE per la quale si è considerata una corrente di calcolo pari a **1000 A**.

Le condizioni di posa prevedono di prassi l'interramento a 1,5 m ed una disposizione delle fasi a trifoglio (vedi fig. seguente).

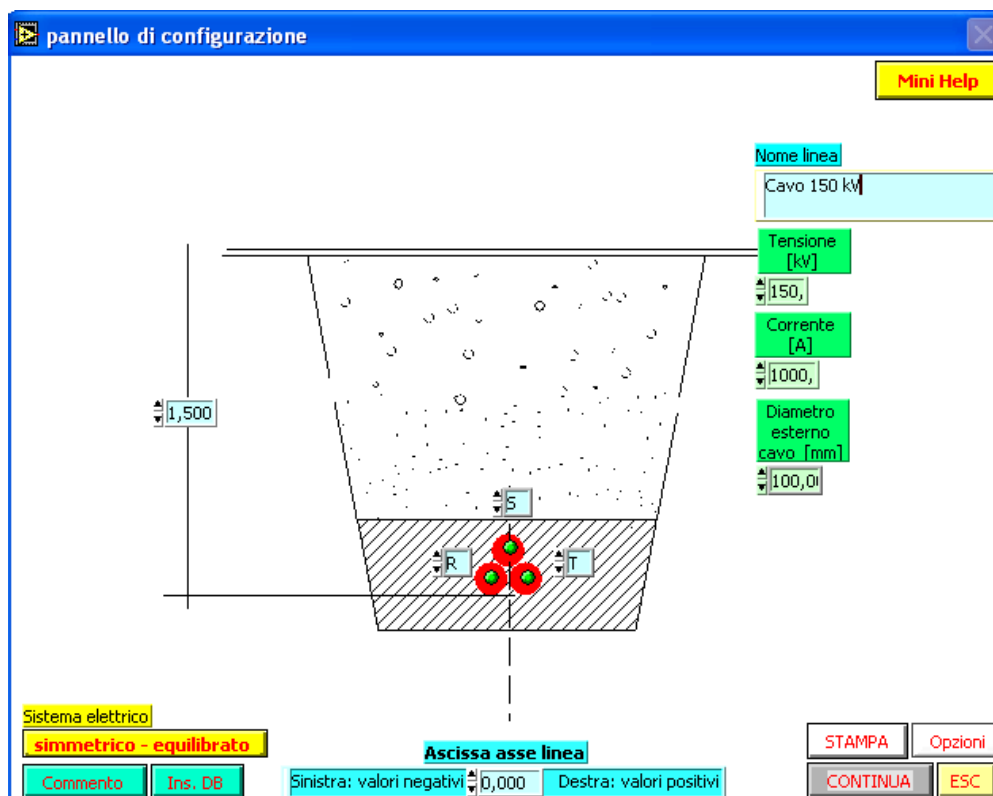


Fig. 1 – Condizioni di posa dei cavi a 150 kV

## 2.2 Calcolo della DPA imperturbata

Ai fini del calcolo delle DPA indisturbate sia per le linee aeree a 380 kV che per quelle a 220 e 150 kV si è applicata l'ipotesi più cautelativa considerando il massimo valore di DPA ottenibile con i sostegni del progetto unificato Terna.

Per il calcolo della DPA indisturbata è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.0" sviluppato per T.E.R.N.A. 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.

I valori di DPA ottenuti per le linee aeree considerando i valori di corrente di cui al par. precedente sono, rispetto all'asse linea, pari a:

- **53 m** per le linee 380 kV in semplice terna e conduttore trinato in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm;
- **42 m** per le linee 380 kV in semplice terna e conduttore binato in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm;
- **36 m** per i raccordi 220 kV in semplice terna e conduttore binato in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm;
- **27,5 m** per gli elettrodotti 150 kV in doppia terna e conduttore in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm;
- **22,5 m** per gli elettrodotti 150 kV in doppia terna e conduttore in all./acc. di diametro pari a 22,8 mm;
- **22 m** per gli elettrodotti 150 kV in singola terna e conduttore in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm;
- **18 m** per gli elettrodotti 150 kV in singola terna e conduttore in all./acc. di diametro pari a 22,8 mm;

Relativamente ai cavi a 150 kV, come risulta dalla rappresentazione delle curve di isocampo lungo una sezione ottenuta con "EMF Vers.4.5", si ricava una DPA pari a:

- **2,95 m** per i cavi previsti a 150 kV (nelle condizioni di posa sopra citate).

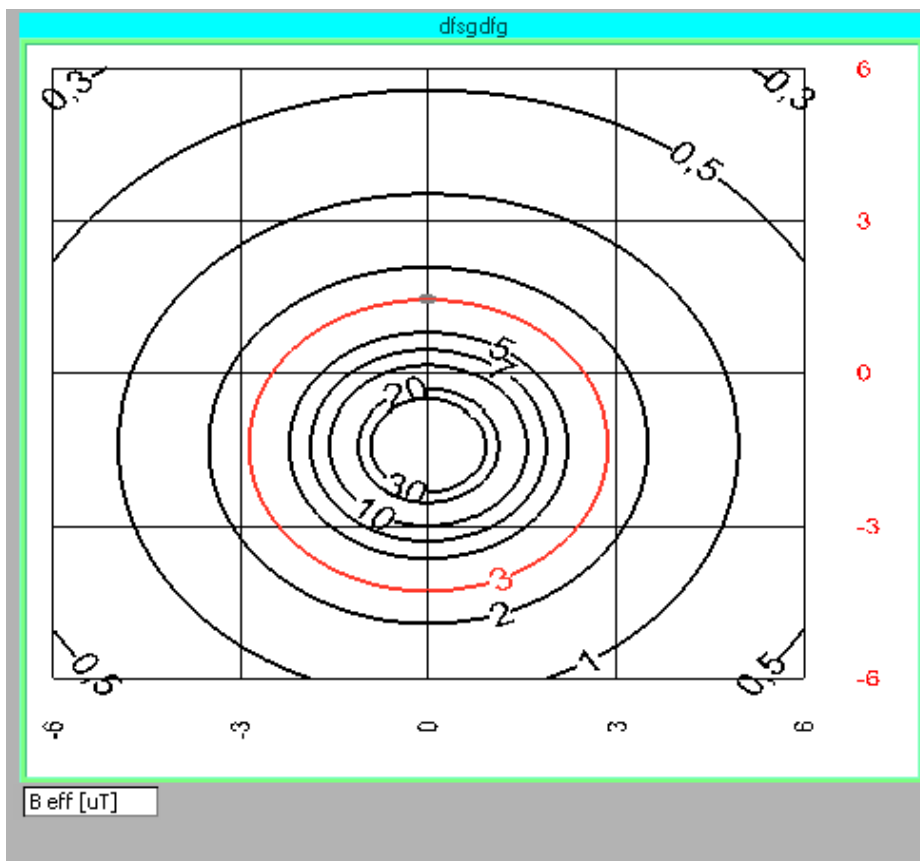


Fig. 2 – Curve dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo nelle condizioni di posa previste nel progetto

Nella figura seguente è invece riportato l'andamento dell'induzione magnetica ad un metro dal suolo da cui si evince come il limite di 3  $\mu$ T si raggiunge ad una distanza dall'asse linea di circa 1,5 m.

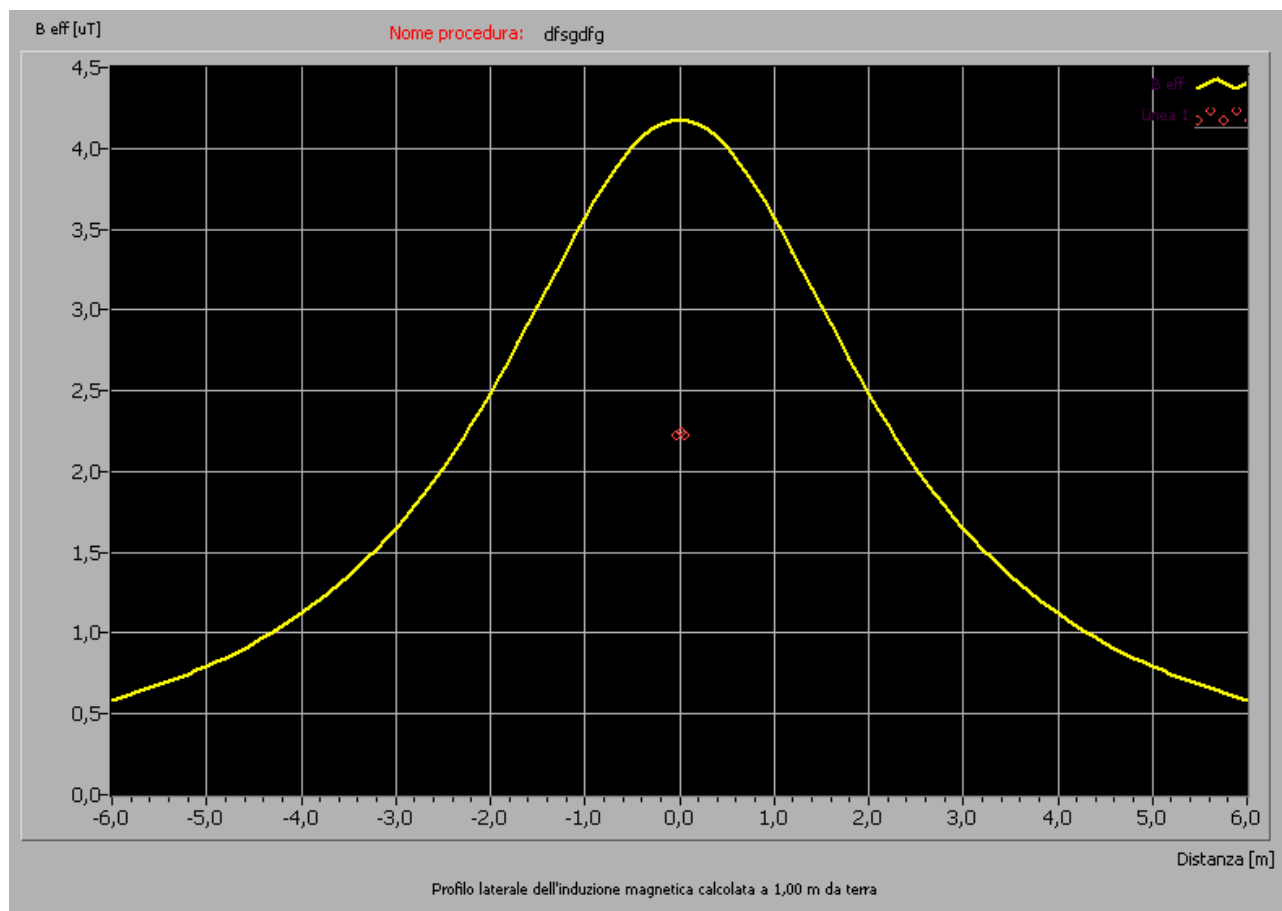


Fig. 3 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo a 1 m dal suolo

E' opportuno evidenziare che qualora fossero presenti eventuali recettori sensibili all'interno della stessa, per come sono state fissate le condizioni di posa, viene di per sé garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003. Difatti **nelle condizioni di posa di cui alla fig. 1 si ha sempre il rispetto dei 3  $\mu$ T** come peraltro riscontrabile dalle precedenti figure.

In ogni caso si assicura che in corrispondenza dei recettori sensibili eventualmente riscontrabili lungo il tracciato dei cavi si ricorrerà, a misura di maggiore tutela, all'utilizzo di canalette schermanti per l'abbattimento ulteriore dei campi magnetici prodotti.

Considerando il fatto che in prossimità della nuova stazione di Ponte Galeria i cavi previsti a 150 kV seguono un tracciato quasi sempre in parallelo, si è provveduto a calcolare anche il campo magnetico risultante nelle condizioni di massima corrente e di verso concorde delle correnti ottenendo il campo magnetico risultante riportato nelle figure seguenti.

Da tali figure si osserva che il **valore di DPA corrispondente è pari a**

- **5,10 m** per due terne di cavi interrati poste ad una distanza di 4 m dall'asse (ipotesi cautelativa);
- **7,20 m** per tre terne di cavi interrati poste ad una distanza di 4 m dall'asse (ipotesi cautelativa).

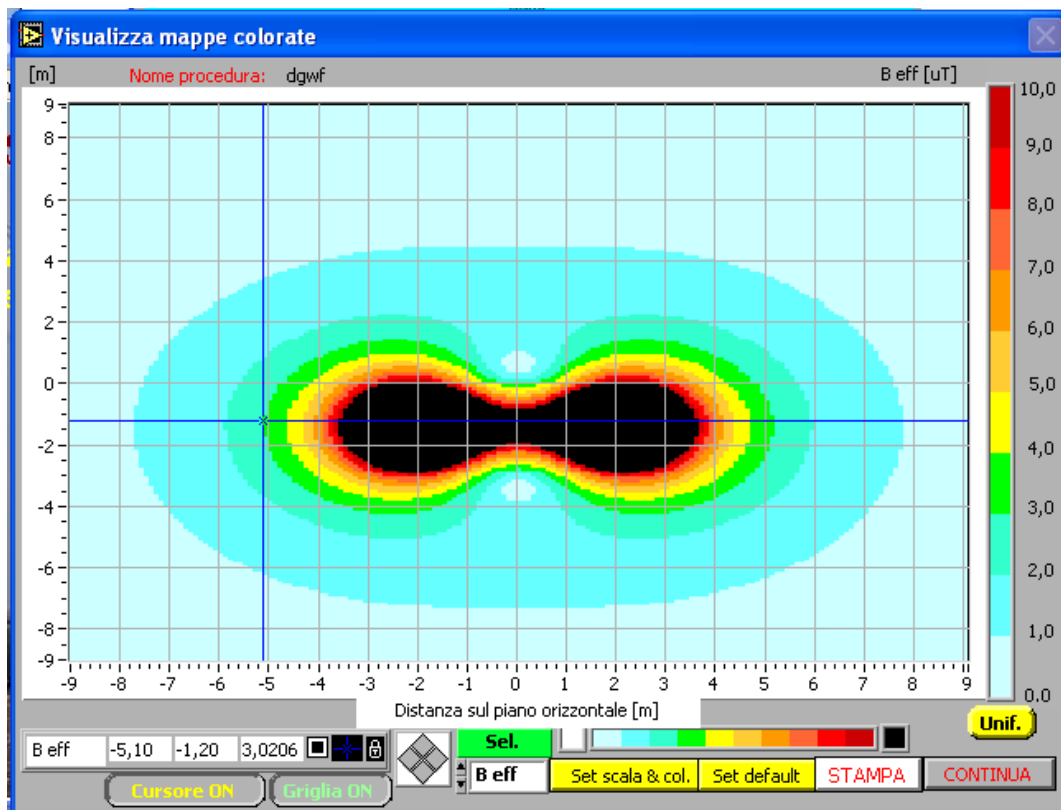


Fig. 4 – DPA risultante per 2 terne di cavi a 150 kV

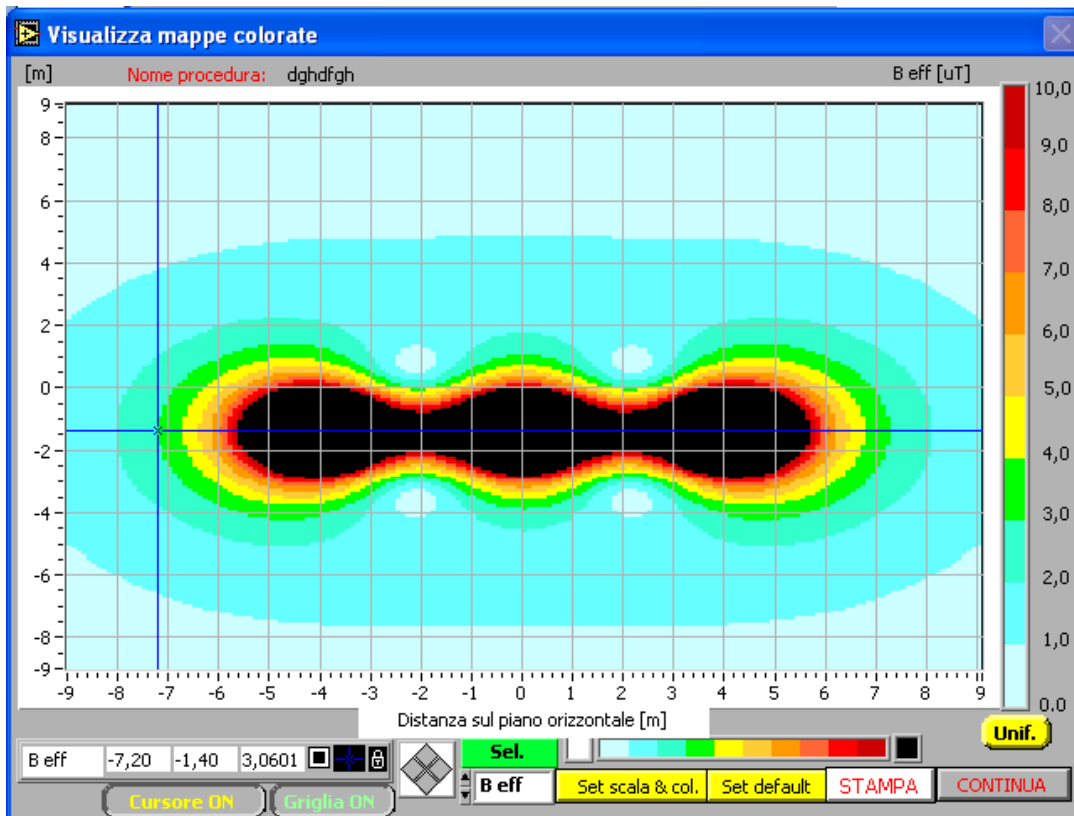


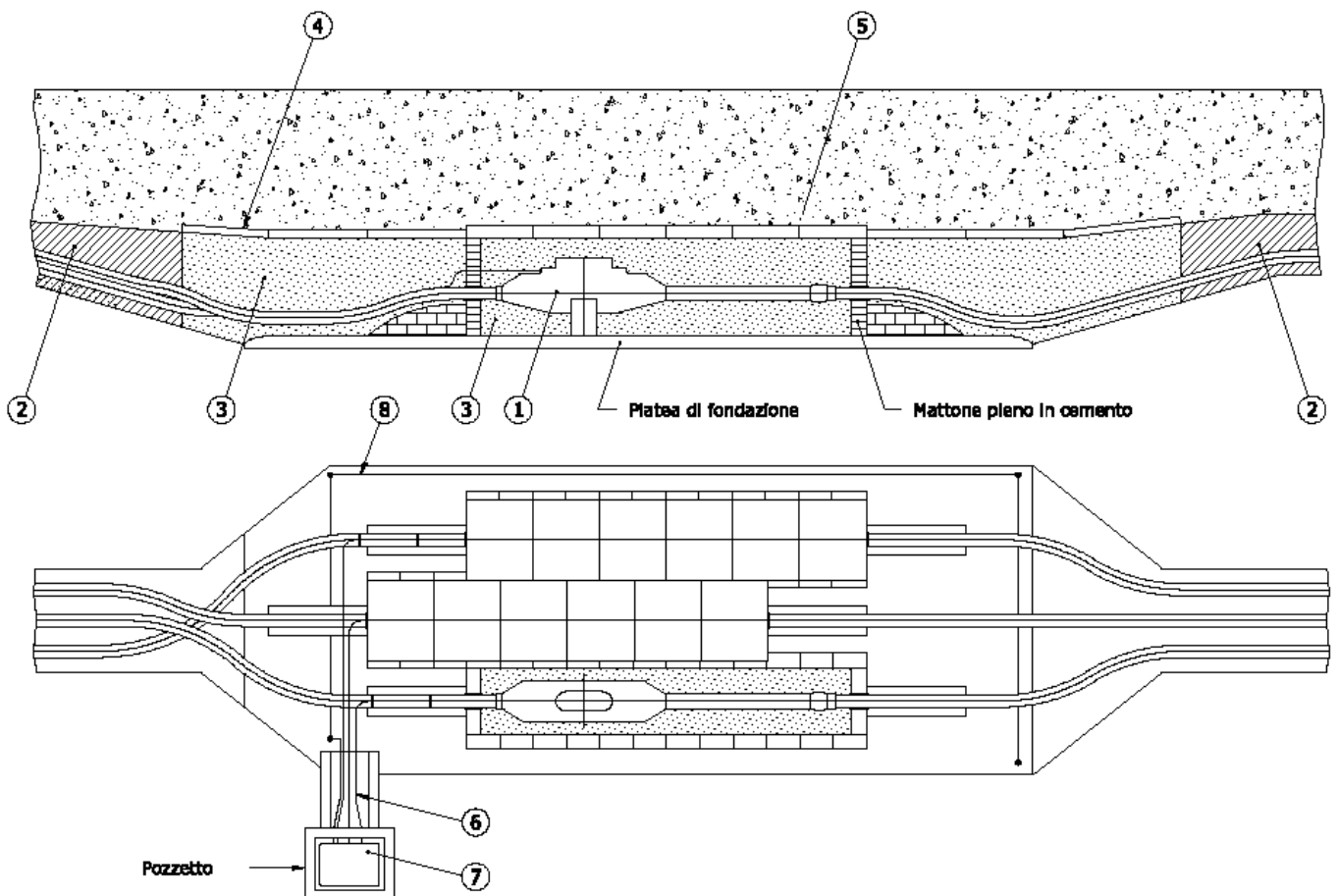
Fig. 5 – DPA risultante per 3 terne di cavi a 150 kV



### 2.3 Calcolo della DPA in corrispondenza delle buche giunti

Per lunghi collegamenti in cavo interrato a 150 kV, data la lunghezza limitata delle pezzature, si rende necessaria l'esecuzione di giunti alloggiati all'interno di un idonea buca, di cui si riporta un tipico comprensivo di dimensioni.

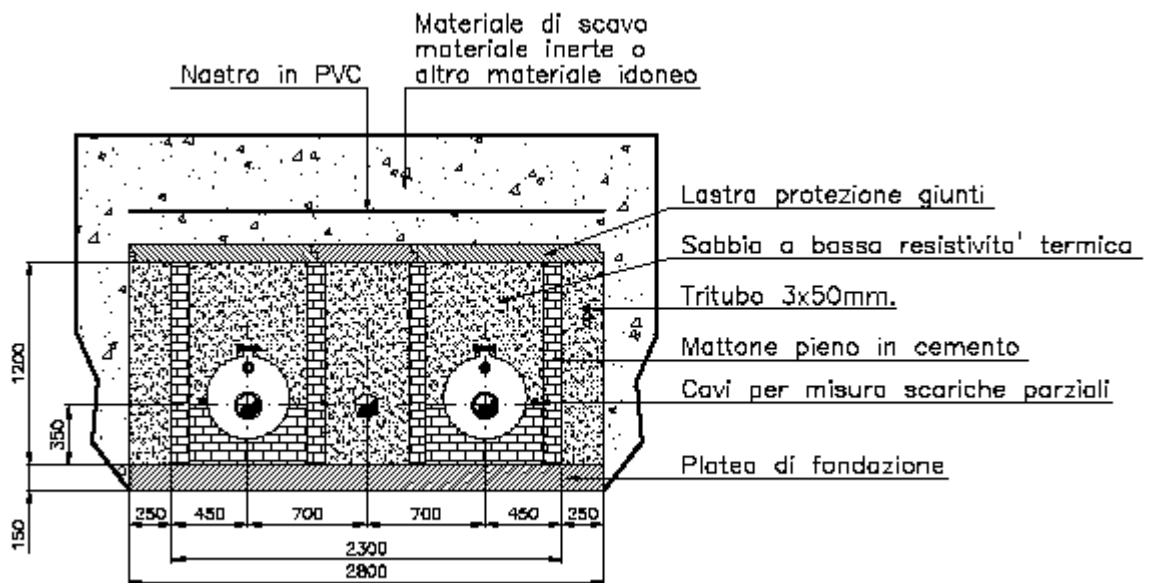
Dimensioni standard delle buche giunti sezionati		
Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Profondita' (m)
6	2,5	2



Rif.	DESCRIZIONE DEI MATERIALI
1	Giunti unipolari sezionati
2	Cemento magro
3	Sabbia a bassa resistività termica
4	Lastra protezione cavi
5	Lastra protezione giunti
6	Cavo concentrico
7	Cassetta sezionamento guaine
8	Collegamento di messa a terra guaine metalliche

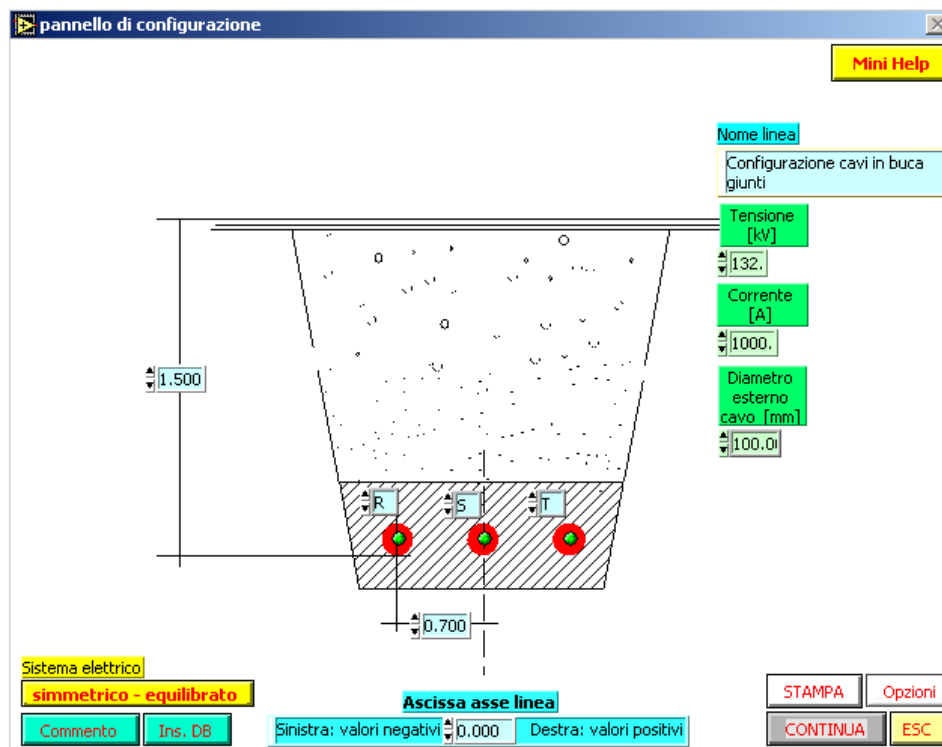
Ai fini del calcolo del campo magnetico prodotto dai cavi in corrispondenza di una buca giunti, si può procedere nel seguente modo:

- si ipotizza la terna di cavi in una buca giunti come se gli stessi fossero posati in piano ed opportunamente distanziati tra loro; tale schematizzazione è molto prossima al vero come si può constatare dalla sezione di seguito riportata relativa ad una buca giunti reale.

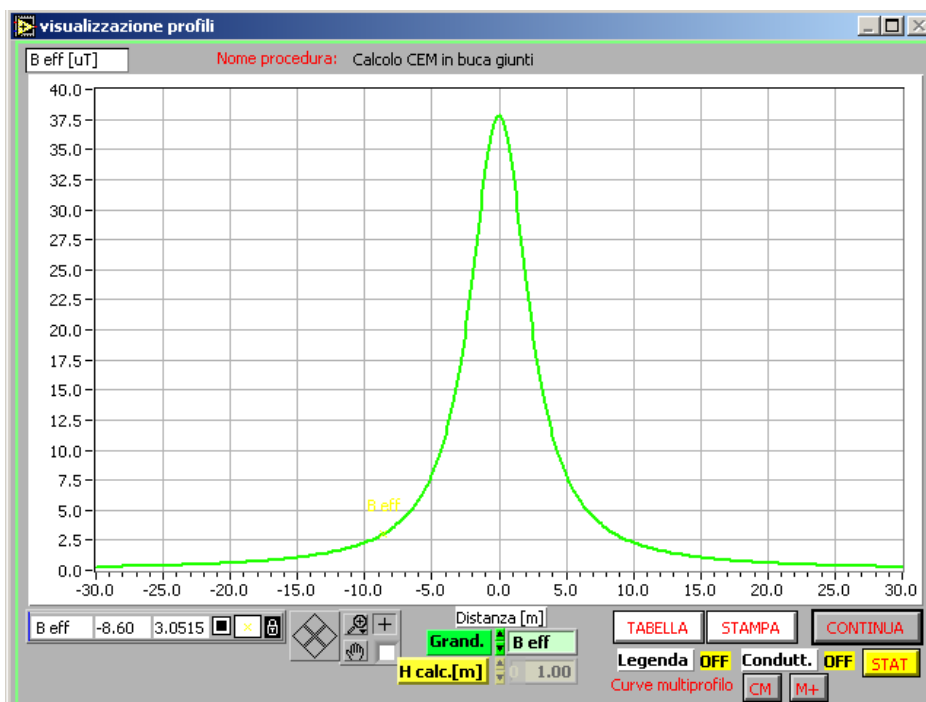


Nel caso specifico si è ipotizzata una distanza di 70 cm tra gli assi dei cavi vicini.

- Si schematizza la configurazione di cui sopra, come riportato nel seguito, col software "EMF Vers 4.0", sviluppato per T.E.R.NA. da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

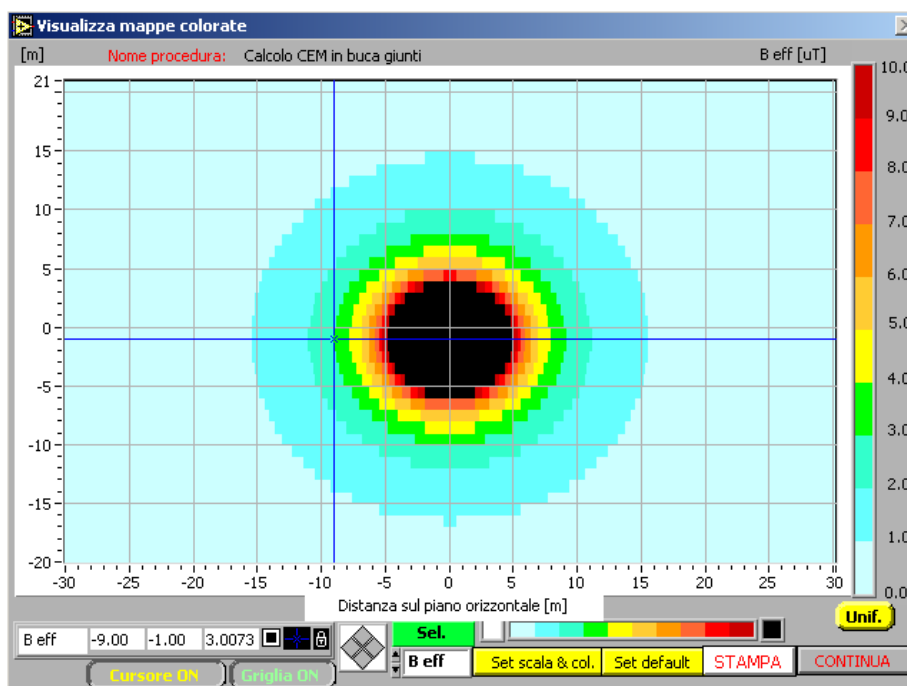


- nell'ipotesi di posa a 1,5 m di profondità, corrente di calcolo pari a 1000 A (ipotesi valida per un collegamento in cavo interrato a 150 kV) ed altezza di calcolo pari a 1 m, si ottiene la seguente sezione di campo magnetico:



Dalla quale si evince il rispetto dell'obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003 a poco meno di 9 metri dall'asse centrale della terna di cavi.

- Considerando tra le curve di isocampo ricavabili nelle condizioni di posa sopra indicate, quella a  $3 \mu\text{T}$  si ottiene Distanza di Prima Approssimazione che risulta pari a **9 metri**.



L'esatta ubicazione delle buche giunti dipende principalmente dai seguenti fattori:

- lunghezza delle pezzature determinata dalla possibilità di trasporto delle bobine in relazione al diametro del cavo stesso. Nel caso specifico per un cavo XLPE 150 kV la lunghezza di ogni singola pezzatura è dell'ordine di 600-800 m.
- analisi dei sottoservizi interrati esistenti, nel caso di posa su sedime stradale esistente;
- caratteristiche plano altimetriche del tracciato (possibile impiego di trasporti eccezionali);
- accessibilità ai mezzi di posa, di ispezione e riparazione in esercizio.

Per quanto sopra, il posizionamento delle buche giunti che incidono nel calcolo puntuale della DPA potrà essere definito solo in fase di progettazione esecutiva.

In questa fase di progettazione TERNA si impegna sin da subito e per quanto tecnicamente possibile a realizzare il collegamento evitando di posizionare buche giunti in prossimità di recettori sensibili prospicienti la viabilità su cui vengono posati i cavi. Ciò è possibile potendo realizzare pezzature di cavi di lunghezza variabile e quindi facendo in modo che le buche giunti siano posizionate in aree sgombre da luoghi in cui si prevede la permanenza prolungata.

Qualora motivazioni di carattere tecnico non permettessero di posizionare le buche giunti lontano dai recettori di cui sopra, TERNA si impegna a schermare la buca giunti con canalette in materiale ferromagnetico in modo da abbattere il campo magnetico prodotto garantendo il rispetto dell'obiettivo di qualità.

## 2.4 Calcolo della DPA in presenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni

Relativamente agli elettrodotti aerei, 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 a 380 kV in doppia e semplice terna 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 si è applicato il metodo riportato al par. 5.1.4.4 dell'allegato al Decreto relativo alla metodologia di calcolo, valido per incroci tra linee ad alta tensione applicando il caso D.

La rappresentazione di tali distanze ed aree di prima approssimazione è riportata nella corografia in scala 1:5.000 allegata (doc. n. DG0584QSWBER00084\_00).

**Al completamento della realizzazione dell'opera si procederà alla ridefinizione della distanza di prima approssimazione in accordo al come costruito, in conformità col par. 5.1.3 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.**

## 2.5 Calcolo del campo magnetico

Dalle corografie di cui sopra si evince che all'interno delle DPA ricadono alcuni fabbricati.

Tali fabbricati sono stati catalogati all'interno dell'**Allegato 1 - Schede recettori**.

Per i fabbricati ascrivibili a recettori sensibili (civili abitazioni, scuole, etc...) si è provveduto ad effettuare il calcolo puntuale di induzione magnetica secondo quanto indicato nel seguito.

Non si è provveduto invece ad effettuare le verifiche elettromagnetiche per quei manufatti quali baracche / tettoie / depositi attrezzi / ruderi / magazzini / stalle / prati etc., in quanto gli stessi non sono interessati da permanenza prolungata maggiore di 4 ore.

Relativamente ai fabbricati esistenti da assoggettare a verifica, al fine di evidenziare la compatibilità con le nuove realizzazioni, per ciò che concerne i valori limite dell'induzione magnetica, risulta necessario

effettuare, come previsto dal Decreto, il calcolo della fascia di rispetto in corrispondenza delle sezioni dell'elettrodotto interessate dalla vicinanza di tali edifici considerando l'effettiva geometria dei sostegni e la reale disposizione dei conduttori nello spazio nella sezione considerata.

Per il calcolo è stato utilizzato uno specifico software finalizzato al calcolo del campo induzione magnetica generato da una o più linee ad alta tensione a frequenza industriale, composto da più moduli. Esso supporta il calcolo delle fasce di rispetto.

Per la memorizzazione delle informazioni relative alla linea (sostegni, conduttori, campate, gestori) il software si appoggia ad un Data Base esterno nel quale sono contenuti tutti i parametri relativi agli elettrodotti che influenzano l'area di interesse da analizzare, mentre in un secondo modulo esterno sono contenuti i dati relativi alla geometria del terreno e dei recettori. Infine, con il modulo grafico, è possibile rappresentare i risultati mediante raffigurazioni 2D o 3D.

Il calcolo del campo magnetico viene effettuato secondo il metodo indicato dalla Norma CEI 211-4 o con un'integrazione lungo la catenaria.

Il campo magnetico può essere valutato direttamente in un punto di interesse, oppure in zone o anche lungo piani con qualunque inclinazione.

Le caratteristiche principali del software sono riportate nel seguito:

**Campo calcolato:** Campo induzione magnetica

**Modelli di calcolo:** secondo Norma CEI 211-4 per integrazione lungo la catenaria

**Unità di misura:**  $\mu\text{T}$  (microTesla)

**Scala cromatica di rappresentazione:** definibile dall'operatore

**Soglia:** definibile dall'operatore

**Passo di calcolo:** definibile dall'operatore

**Data base:** MS Access, MS Excel, tabelle testuali in formati standard

**Zona di influenza:** definibile dall'operatore

**Criteri di selezione campate:** Area geografica, Tensione

**Criteri di calcolo:** Per punto – Per area (sul modello orografico, su piani verticali e orizzontali).

**Output:** tabelle testuali in formato standard, grafico (2D-3D)

Ai fini del calcolo reale del campo magnetico in corrispondenza dei recettori sensibili ricadenti all'interno delle DPA si è provveduto a considerare i seguenti valori di corrente per gli elettrodotti aerei esistenti interferiti (incroci e parallelismi)

- per gli elettrodotti a 380 kV e conduttore trinato in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm si è considerato il valore di **2955 A per terna** (corrispondente alla portata di corrente massima in servizio normale calcolata ai sensi della norma CEI 11-60);

- per gli elettrodotti a 380 kV e conduttore binato in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm si è considerato il valore di **1970 A per terna** (corrispondente alla portata di corrente massima in servizio normale calcolata ai sensi della norma CEI 11-60);
- per gli elettrodotti a 220 kV e conduttore binato in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm si è considerato il valore di **1810 A per terna** (corrispondente alla portata di corrente massima in servizio normale calcolata ai sensi della norma CEI 11-60);
- per gli elettrodotti a 220 kV e conduttore singolo in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm si è considerato il valore di **905 A per terna** (corrispondente alla portata di corrente massima in servizio normale calcolata ai sensi della norma CEI 11-60);
- per gli elettrodotti a 150/132 kV e conduttore singolo in all./acc. di diametro pari a 31,5 mm si è considerato il valore di **870 A per terna** (corrispondente alla portata di corrente massima in servizio normale calcolata ai sensi della norma CEI 11-60);
- per gli elettrodotti a 150/132 kV e conduttore singolo in all./acc. di diametro pari a 22,8 mm si è considerato il valore di **576 A per terna** (corrispondente alla portata di corrente massima in servizio normale calcolata ai sensi della norma CEI 11-60);

Nelle corografia allegata sono riportate in corrispondenza dei citati recettori le DPA (calcolate secondo il richiamato Decreto 29 maggio 2008); mentre le curve isocampo a 3  $\mu$ T su piani passanti per i recettori e normali all'asse dell'elettrodotto in oggetto, calcolate tenendo conto dell'effettiva geometria dei sostegni e la reale disposizione dei conduttori in prossimità dei ricettori stessi, sono incluse nel documento RG0584QSWBER00084\_00 "Allegato 1 - Schede recettori".

### 3 CONCLUSIONI

L'applicazione del decreto ha permesso la definizione delle distanza di prima approssimazione all'interno delle quali sono stati individuati i recettori sensibili.

Il calcolo puntuale in corrispondenza dei luoghi sensibili è stato effettuato considerando il modello tridimensionale.

Attraverso questa procedura è stato possibile **evidenziare il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003.**