



SOCIETA' AUTOSTRADE VALDOSTANE S.p.A.
 Autostrada A5 Quincinetto - Aosta

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLE GALLERIE AL DECRETO LEGISLATIVO N° 264 DEL 5 OTTOBRE 2006

GALLERIE: - HONE
 - MONTJOVET
 - PETIT MONDE (Fornice Sud)

PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA MONTJOVET PARTE GENERALE

RELAZIONE DI CALCOLO CAMPI MAGNETICI CAVIDOTTO MT

CODIFICA		<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Codice attività</td> </tr> <tr> <td colspan="5">A.101.S.129.E3</td> </tr> </table>					Codice attività					A.101.S.129.E3					<table border="1"> <tr> <td colspan="6">CODICE DOCUMENTO</td> </tr> <tr> <td>Comm.SAV</td> <td>Linea Proj.</td> <td>Opera</td> <td>Sezione</td> <td>WBS</td> <td>Tipo doc.</td> <td>N° tab.</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>P E</td> <td>1</td> <td>G G</td> <td>0 0</td> <td>R C</td> <td>0 1</td> </tr> </table>			CODICE DOCUMENTO						Comm.SAV	Linea Proj.	Opera	Sezione	WBS	Tipo doc.	N° tab.	-	P E	1	G G	0 0	R C	0 1	REV.	FOGLIO	SCALA
Codice attività																																										
A.101.S.129.E3																																										
CODICE DOCUMENTO																																										
Comm.SAV	Linea Proj.	Opera	Sezione	WBS	Tipo doc.	N° tab.																																				
-	P E	1	G G	0 0	R C	0 1																																				
							00	1 di 1	-																																	
COMMITTENTE							PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO Dott. Ing. Ivano Barilli Ordine degli Ingegneri di Verbano-Cusio-Ossola n° 122			 CONSULENZA																																
Rev.	Data	Descrizione					Redatto	Controllato	Approvato																																	
00	Maggio 2018	Emissione					F. Farronato	M. Tacca	I. Barilli																																	



1. INTRODUZIONE	2
2. DOCUMENTI E LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO.....	3
2.1 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	3
3. SIMBOLI SIGLE E TERMINOLOGIA.....	3
4. INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	4
5. METODOLOGIA DI CALCOLO	5
6. CALCOLI CAMPO MAGNETICO.....	6
6.1 DATI DI INGRESSO.....	6
6.2 RISULTATI DI CALCOLO.....	8
CONCLUSIONI.....	12

1. INTRODUZIONE

Il calcolo del campo magnetico a 50 Hz, oggetto del presente documento, è eseguito con riferimento all'elettrodotto in cavo di media tensione di collegamento tra la cabina di consegna e la cabina di trasformazione della galleria Autostradale di Montjovet (AO).

I calcoli sono svolti in ottemperanza al DPCM 8 luglio 2003 (esposizione popolazione) e al D.Lgs. 81/2008 - allegato XXXVI – tabelle 1 e 2 (esposizione lavoratori).

La specifica tipologia delle sorgenti del campo magnetico richiede un metodo di calcolo tridimensionale.

Nei calcoli dei campi magnetici, per il cavo di media tensione in oggetto, è stata assunta la massima corrente che possono assorbire le utenze alimentate dalla stessa linea, ovvero i trasformatori MT/BT, in condizione di carico massimo (n.2 trasformatori di taglia rispettivamente 800 kVA e 200 kVA).

Si riporta nel seguito lo schema della cabina di trasformazione della galleria di Montjovet:

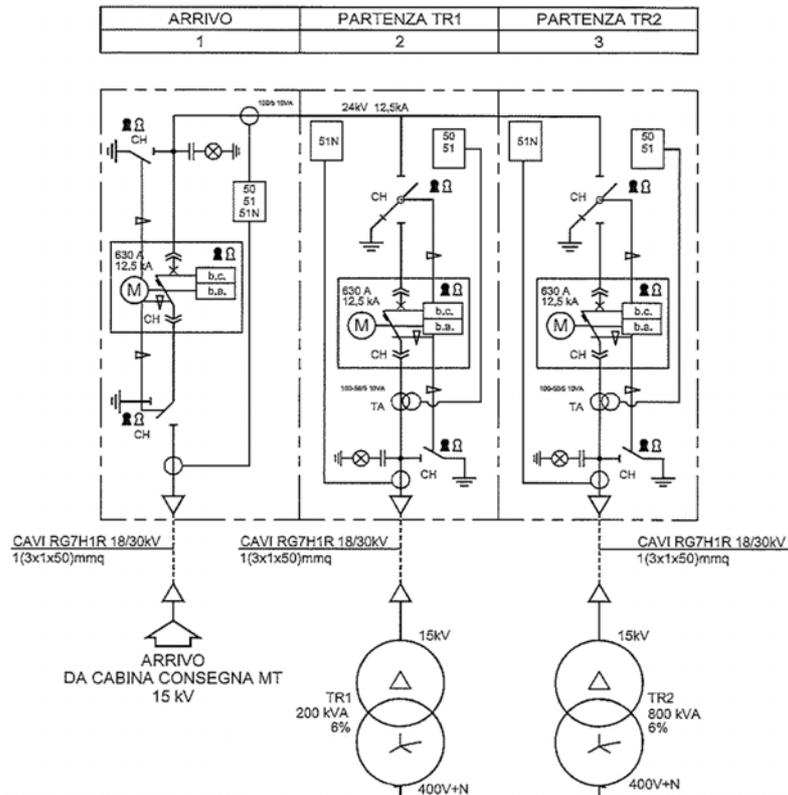


Fig. 1-1: Schema unifilare della cabina di trasformazione

Come meglio dettagliato nel seguito, dalle risultanze dell'analisi eseguita per il DPCM 8 luglio 2003, risulta che l'andamento del livello di induzione magnetica a $3\mu\text{T}$ rimane sempre confinato all'interno della recinzione perimetrale ed, in ogni caso ove non vi è la presenza di ricettori sensibili.

	<p>Interventi di adeguamento delle gallerie al D. Lgs. n° 264 del 5 ottobre 2006</p> <p>Progetto esecutivo gallerie Hone, Montjovet e Petit Monte (fornice sud)</p> <p>Galleria Montjovet</p> <p>Relazione di calcolo campi magnetici cavidotto MT</p>	
---	--	---

Per quanto riguarda il limite di indizione pari a 500 μ T prescritto dal DLgs 81/2008 per i lavoratori, è risultato che in tutte le zone oggetto di studio non sussistono condizioni di pericolo per la sicurezza dei lavoratori che accedono alle zone. I valori calcolati di campo magnetico sono inferiori al limite prescritto.

2. DOCUMENTI E LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

2.1 Leggi e norme di riferimento

- DPCM 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 50 Hz generati da elettrodotti” (popolazione)
- DLgs 81/2008 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” (lavoratori)
- Decreto 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” Prima edizione, 2006
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008

3. SIMBOLI SIGLE E TERMINOLOGIA

Nella presente relazione sono stati usati i seguenti simboli:

- I = corrente elettrica
- H = campo magnetico
- B = induzione magnetica
- μ = permeabilità magnetica

Nella presente relazione sono state usate le seguenti sigle (in ordine alfabetico):

- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
- DPA - Distanza di prima approssimazione
- DEVAL - Società di distribuzione Energia Elettrica in Vale d'Aosta
- AT - Simbolo generico di “Sistema di alta tensione in c.a.”
- MT - Simbolo generico di “Sistema di media tensione in c.a.”

Si ritiene inoltre utile chiarire il significato dei seguenti termini utilizzati:

- Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodoto (o comunque un conduttore percorso da corrente), 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 ($3 \mu\text{T}$). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (Fig. 3-1)

- Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è 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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (Fig. 3-1).

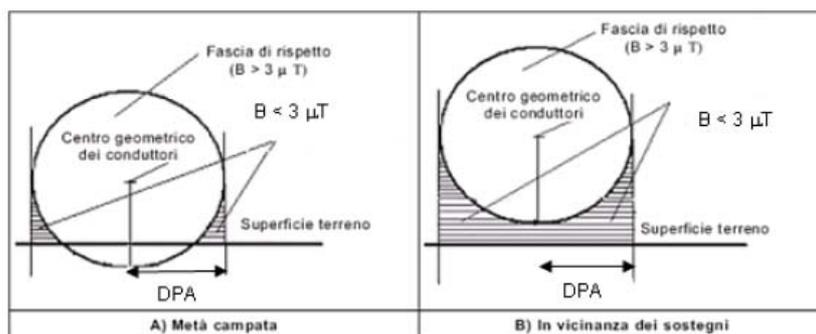


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

N.B. La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore (interpretazione prevalente delle ARPA).

Fig. 3-1: Fasce di rispetto e Distanza di Prima Approssimazione

4. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Come anticipato, i calcoli sono svolti in ottemperanza al DPCM 8 luglio 2003 (esposizione popolazione) e al DLgs 81/2008 (esposizione lavoratori).

Obiettivo del DPCM 8 luglio 2003, attuativo della L 36/01, è la tutela della popolazione dagli effetti a lungo termine dei campi elettrici e magnetici prodotti dagli elettrodotti e dalle sottostazioni.

Tali provvedimenti prevedono limiti particolarmente restrittivi per l'induzione magnetica nelle "aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere".

In particolare, nei suddetti ambienti di vita, non deve essere superato:

- Il limite di $10 \mu\text{T}$ (valore di attenzione) in ogni caso;
- Il limite di $3 \mu\text{T}$ (obiettivo di qualità) nella progettazione di nuovi elettrodotti e di nuovi insediamenti vicino a elettrodotti esistenti.

Nel caso specifico, saranno identificate le zone con induzione magnetica superiore a 3 e $10 \mu\text{T}$ e trattandosi di una nuova installazione sarà comunque valutato che nelle zone con ricettori sensibili l'induzione magnetica non sia superiore a $3 \mu\text{T}$.



Altresì, l'obiettivo del DLgs 81/2008 è la tutela dei lavoratori dagli effetti dei campi elettrici e magnetici.

Il DLgs 81/2008 richiede che nelle aree accessibili ai lavoratori, il livello di induzione magnetica non sia superiore al valore di azione fissato pari a 500 μT (Allegato XXXVI – Lettera B – Tabella 2).

Qualora il valore di azione sia superato, è necessario verificare se sia superato anche il valore limite di esposizione (Allegato XXXVI – Lettera A – Tabella 1). Tale valore fino a 1 kHz è stabilito solo per capo e tronco e pertanto, per persone adulte in posizione eretta il valore 500 μT si può applicare a partire da una altezza dal suolo ragionevolmente fissata a 1 m.

5. METODOLOGIA DI CALCOLO

Il metodo di calcolo adottato è tridimensionale e si basa sull'applicazione delle leggi della fisica.

Il metodo di calcolo adottato in sostanza generalizza alle 3 dimensioni dello spazio il campo di applicazione del metodo definito dalla norma CEI 211-4.

L'induzione magnetica è ottenuta come sovrapposizione degli effetti del contributo degli elementi secondo i quali viene frazionata la sorgente (ovvero i conduttori attivi).

Il calcolo è effettuato con un algoritmo generale che tiene conto della reazione del terreno e degli effetti induttivi.

A bassa frequenza il calcolo corrisponde sostanzialmente a quanto si potrebbe ottenere in condizioni stazionarie trascurando gli effetti della reazione del terreno per cui si possono senz'altro ritenere valide formule di seguito descritte.

Il contributo di ciascun elemento di lunghezza "l" percorso dalla corrente uniforme " \dot{I} " si ottiene con la (formula di Biot Savart):

$$\dot{\mathbf{B}} = \mu \dot{\mathbf{H}} = \mu \frac{\dot{I} \cdot l}{4\pi r^2} \mathbf{l} \times \mathbf{r}$$

ovvero secondo gli assi del sistema cartesiano di riferimento con le:

$$\dot{B}_x = \mu \frac{\dot{I}l}{4\pi r^2} (l_y r_z - l_z r_y)$$

$$\dot{B}_y = \mu \frac{\dot{I}l}{4\pi r^2} (l_z r_x - l_x r_z)$$

$$\dot{B}_z = \mu \frac{\dot{I}l}{4\pi r^2} (l_x r_y - l_y r_x)$$

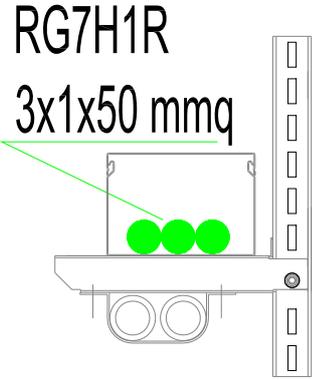
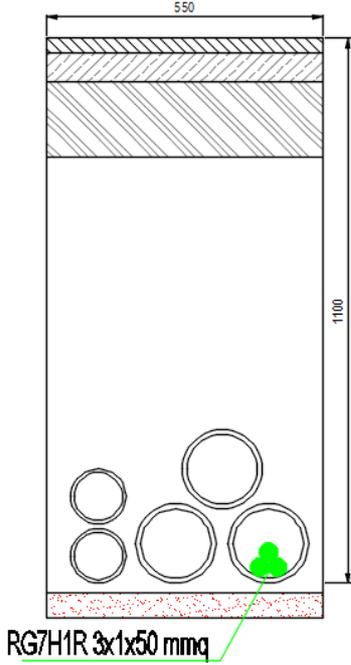
Sovrapponendo gli effetti di elementi interessati da correnti tra loro sfasate, il vettore induzione magnetica risultante è caratterizzato in generale da polarizzazione ellittica. Si considera il solo valore efficace (ovvero la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori efficaci delle sue componenti):

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Il campo magnetico si considera imperturbato (ovvero non distorto e non attenuato) dalla presenza di edifici, strutture, alberi, persone etc.

- Tipologia cavo MT: unipolare RG7H1R 18/30 kV, formazione 3x1x50 mm²
- Tensione di esercizio del sistema MT: 15 kV

Si riportano nel seguito i particolari delle modalità di posa dei cavi MT.

 <p>RG7H1R 3x1x50 mmq</p>	 <p>550</p> <p>1100</p> <p>RG7H1R 3x1x50 mmq</p>
<p>Modalità di posa in canale metallico e cavi MT con disposizione orizzontale</p>	<p>Modalità di posa in tubo interrato e cavi MT con disposizione a trifoglio</p>

6.2 Risultati di calcolo

Di seguito sono riportati i principali risultati dei calcoli effettuati.

Le distribuzioni di induzione magnetica sono state calcolate secondo superfici orizzontali e verticali.

Le superfici di calcolo orizzontali sono riferite ad una quota + 1 m rispetto al piano di riferimento per il recettore.

Le superfici di calcolo verticali sono riferite alle sezioni più significative.

Le figure 6.1, 6.2 e 6.3 rappresentano una panoramica del campo magnetico nell'area oggetto di studio e nelle immediate adiacenze.

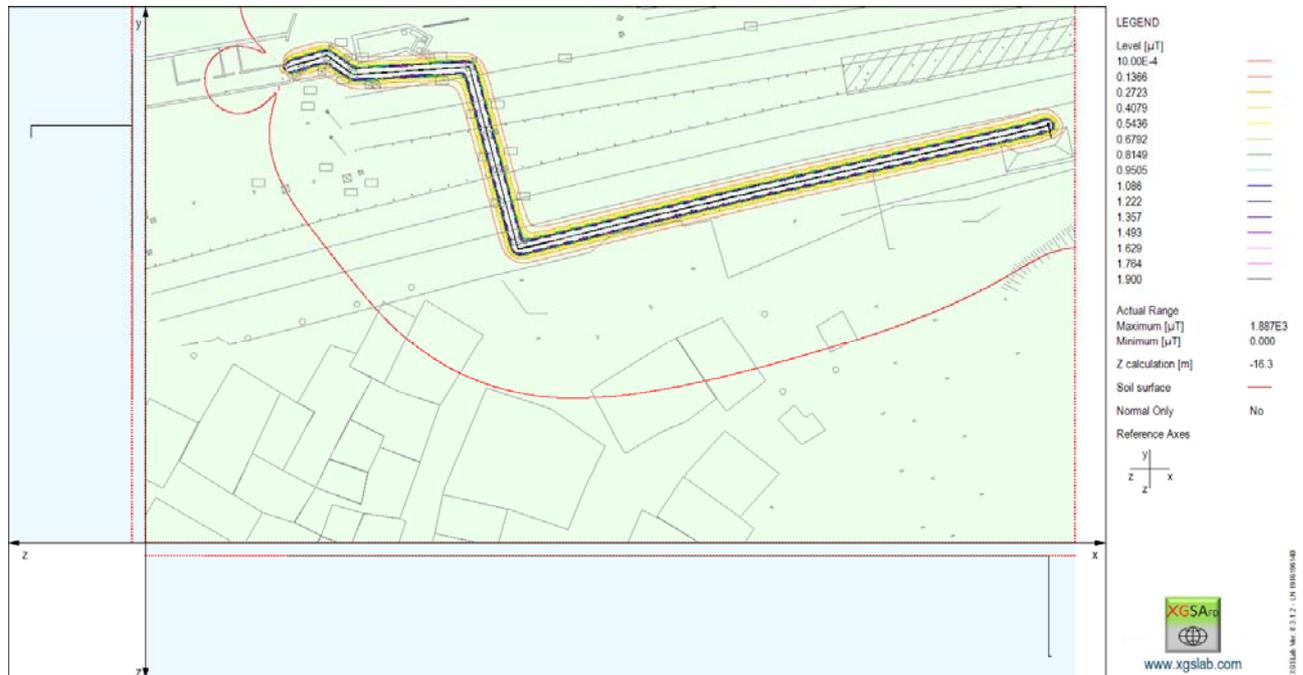


Fig. 6-1: Campo magnetico a livello delle condutture MT – in rosso curva del campo a 1 nT

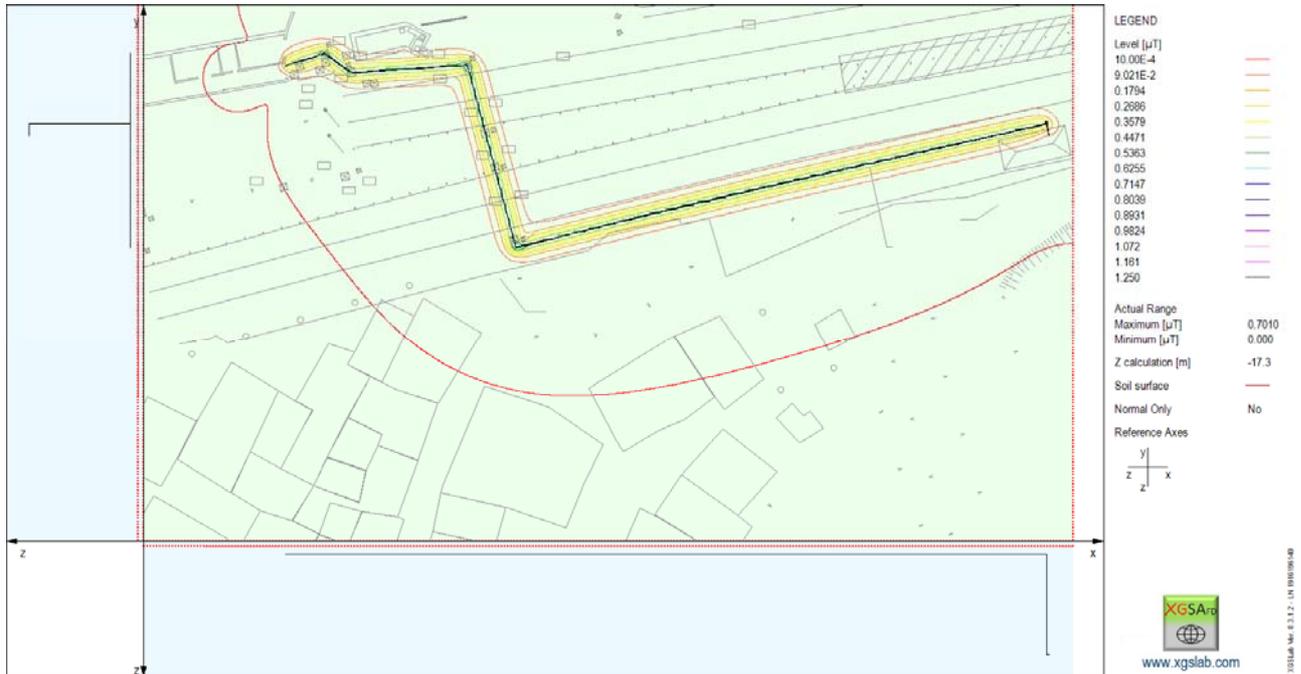


Fig. 6-2: Campo magnetico ad 1 m dal suolo a livello della piattaforma autostradale – in rosso curva del campo a 1 nT



Fig. 6-3: Campo magnetico ad 1 m dal suolo a livello cabina – in rosso curva del campo a 1 nT

Le successive figure 6.4, 6.5 rappresentano le distribuzioni del campo magnetico nel range 0 – 10 µT.

Il confronto tra valori di induzione magnetica calcolati e limiti ammessi per la popolazione dal DPCM 8 luglio 2003 evidenzia i seguenti aspetti:

- Il livello di induzione magnetica supera i 3 μT solo in aree estremamente vicine alla line in cavo.
- L'elettrodotta si contraddistingue per una DPA di 1 m (Fig. 6.6)

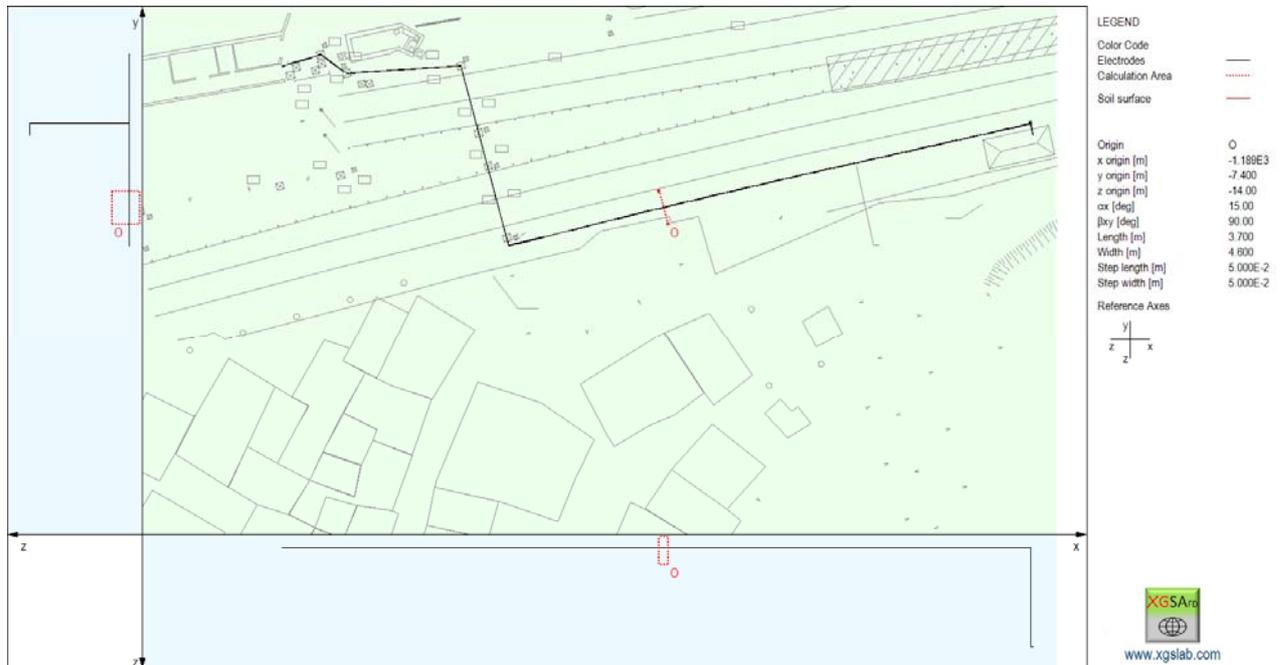


Fig. 6-4: Area di calcolo campo magnetico su superficie verticale

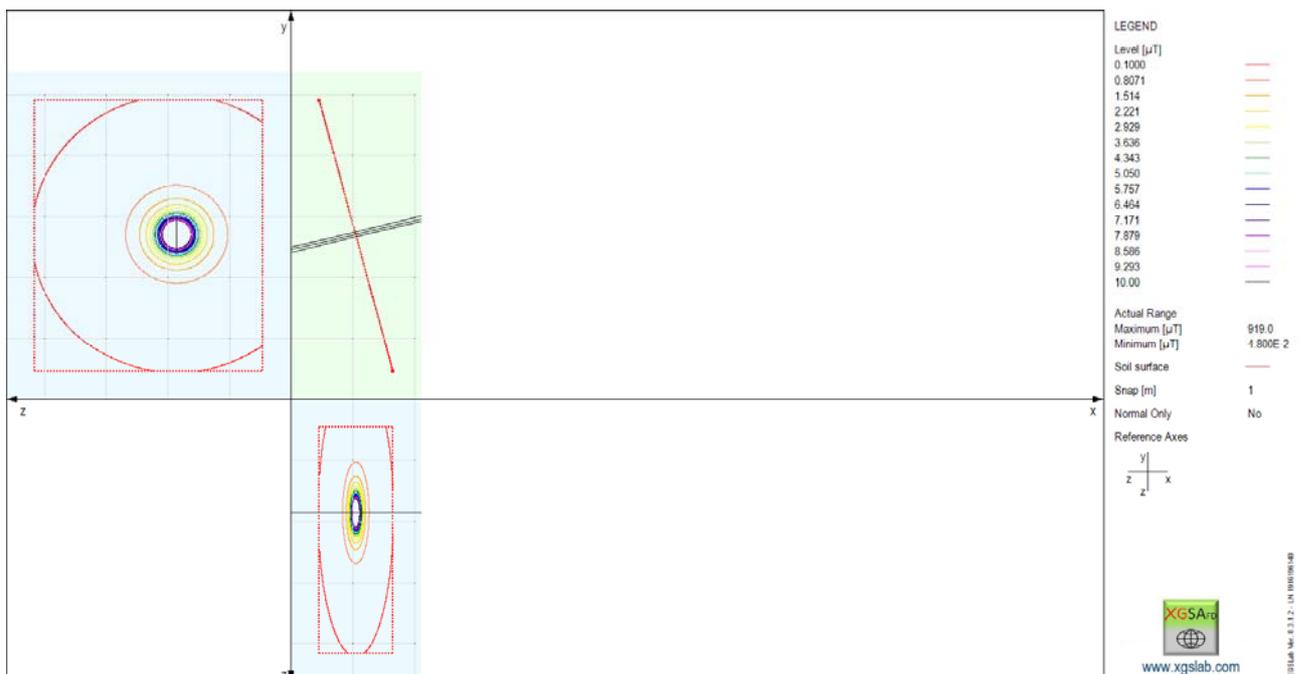


Fig. 6-5: Risultato in dettaglio del campo magnetico su area verticale (range 0,1 - 10 μT) - rappresentazione 2D - Snap 1 m

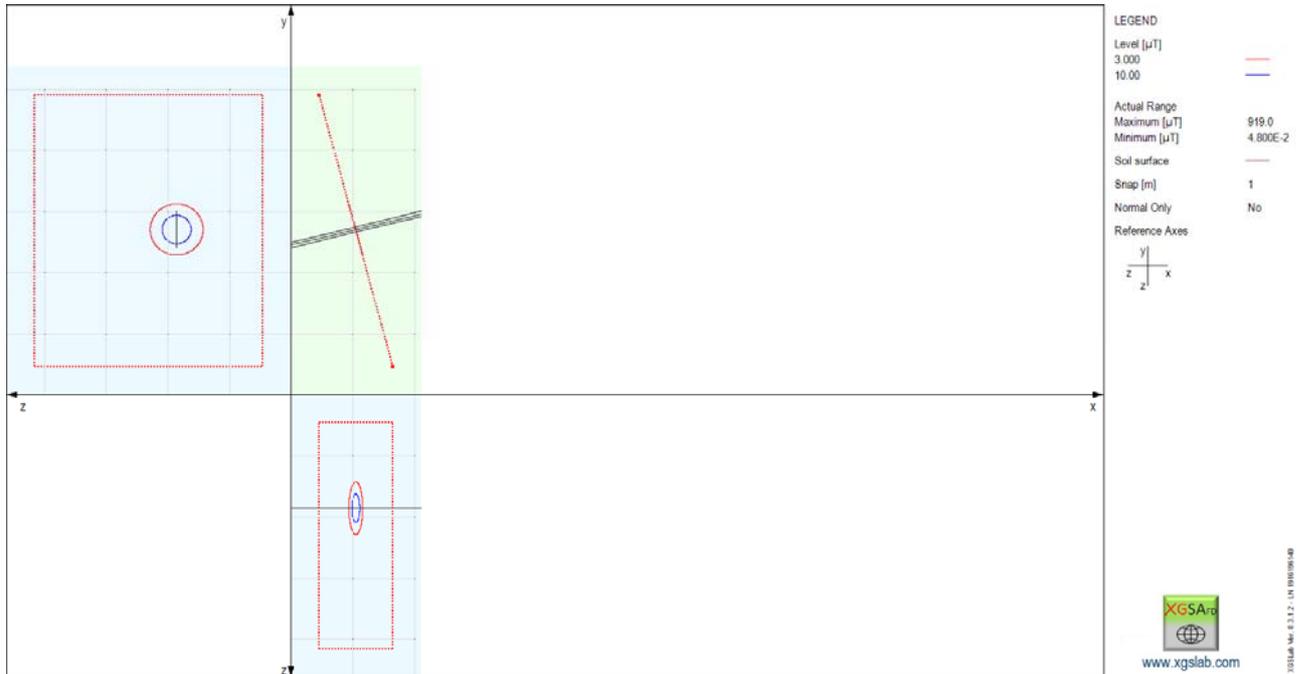


Fig. 6-6: Risultato in dettaglio del campo magnetico su area verticale (step 3 – 10 μT) – rappresentazione 2D - Snap 1 m



Fig. 6-7: Risultato in dettaglio del campo magnetico su area verticale (step 0 – 500 μT) – rappresentazione 2D - Snap 1 m

	<p>Interventi di adeguamento delle gallerie al D. Lgs. n° 264 del 5 ottobre 2006 Progetto esecutivo gallerie Hone, Montjovet e Petit Monte (fornice sud) Galleria Montjovet Relazione di calcolo campi magnetici cavidotto MT</p>	
---	---	---

CONCLUSIONI

Sono stati effettuati i calcoli dei valori efficaci dell'induzione magnetica associati alla condotta MT in oggetto.

Le conclusioni sui risultati dei calcoli riportati nel paragrafo 6.2 sono riassunti nel seguito.

Il confronto tra valori di induzione magnetica calcolati e i limiti ammessi per la popolazione nella costruzione di nuovi elettrodotti dal DPCM 8 luglio 2003 evidenzia quanto segue:

- Il livello di induzione magnetica supera i 3 μT solo in aree estremamente vicine alla condotta MT (< circa 0,45 m).

Il confronto tra valori di induzione magnetica calcolati e i limiti ammessi per i lavoratori dal DLgs 81/2008 evidenzia i seguenti aspetti:

- Il livello di induzione magnetica supera i 500 μT solo nelle estreme vicinanze dei cavi della linea. In particolare si pone in evidenza come, in corrispondenza dei cavidotti MT, i livelli di induzione magnetica superiori ai 500 μT si spingano, al massimo, fino a circa 0,04 m dall'asse della linea. Ciò, in ragione del valore limite di esposizione (DLgs 81/2008 - Allegato XXXVI – Lettera A – Tabella 1) che fino a 1 kHz è stabilito solo per capo e tronco, non costituisce un rischio per i lavoratori.