

# ASJA AMBIENTE ITALIA S.p.A.

via Ivrea, 70 - 10098 Rivoli (To)

## REALIZZAZIONE DI NUOVA STAZIONE TERNA DI SMISTAMENTO A 150 kV AD AMPLIAMENTO DELLA STAZIONE 380/150 kV DI TROIA (FG)

### PROGETTO DEFINITIVO



Via Napoli, 363/I - 70123 Bari - Italy  
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

Via Salandra, 18 - 00187 Roma - Italy  
tel. (+39) 0642272305 - fax (+39) 0642274000  
www.studiobfp.com - info@studiobfp.com

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE QUALITÀ**  
**UNI EN ISO 9001:2008**  
**CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

#### Tecnico

ing. Gianluca B. BISCOTTI

#### Collaborazioni

ing. Antonio Crisafulli

#### Responsabile Commessa

ing. Gianluca B. BISCOTTI



ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
<b>R02</b>		<b>RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA RACCORDO INTERRATO AT</b>	<b>11037</b>	<b>D</b>	
			CODICE ELABORATO		
			<b>DC11037D-R02</b>		
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l. e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
<b>00</b>			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			<b>DC11037D-R02.doc</b>	<b>19 + copertina</b>	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	12/04/11	Emissione	Crisafulli	Biscotti	Biscotti
01					
02					
03					
04					
05					
06					

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI.....	2
3. DESCRIZIONE STAZIONE E RACCORDO .....	3
3.1 Stazione di smistamento Terna .....	3
3.2 Raccordo a 150 kV .....	3
3.3 Comuni interessati .....	4
3.4 Vincoli aeroportuali .....	5
3.5 Attraversamenti .....	5
4. CARATTERISTICHE TECNICHE RACCORDO .....	5
4.1 Generalità .....	5
4.2 Esecuzione degli scavi.....	5
4.3 Caratteristiche elettriche.....	6
4.4 Caratteristiche costruttive dell'elettrodotto a 150 kV .....	6
4.4.1 Conduttore.....	6
4.4.2 Schermo sul conduttore.....	6
4.4.3 Isolamento .....	6
4.4.4 Schermo semi-conduttivo sull'isolante .....	7
4.4.5 Protezione longitudinale contro la penetrazione dell'acqua.....	7
4.4.6 Schermo metallico .....	7
4.4.7 Protezione esterna.....	8
4.4.8 Giunzioni e atterramento degli schermi.....	8
4.4.9 Terminali per esterno .....	10
4.5 Esecuzione di camerette interrato.....	11
5. COESISTENZA FRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE .....	11
6. NORMATIVA VIGENTE SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE .....	12
6.1 Legislazione italiana.....	12
6.2 Normativa italiana CEI.....	14
6.3 Cenni teorici sui campi magnetici ed elettrici .....	15
6.4 Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione.....	16
6.5 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dai raccordi in cavo AT .....	17
6.6 Valutazione dei campi elettrici generati dal raccordo AT .....	19
6.7 Conclusioni .....	19



## **1. PREMESSA**

Il presente documento ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica delle opere di rete TERNA S.p.A., necessarie per la connessione in antenna della nuova stazione di smistamento a 150 kV da realizzarsi nel comune di Troia, con la sezione a 150 kV della stazione elettrica a 380 kV nello stesso comune, collegata in entra-esce sulla linea a 380 kV "Benevento 2 – Foggia".

L'ubicazione della stazione e del relativo raccordo interrato è stato già valutato in fase preliminare dal personale Terna, inoltre è stato eseguito un approfondito screening vincolistico, che esclude vincoli particolari che possano in alcun modo impedire la realizzazione delle opere suddette in tali zone.

Sarà possibile collegare eventuali impianti di utenza in antenna sugli stalli della futura Stazione di Smistamento a 150 kV da connettere a sua volta in antenna mediante cavo interrato AT alla stazione AT/AAT nel Comune di Troia, secondo quanto previsto dal punto 7.1.3.2 della Norma CEI 0/16.

La soluzione adottata sarà conforme ai requisiti Terna, permettendo l'inserimento di impianti per la produzione di energia elettrica sulla sezione 150 kV dalla stazione AT/AAT d Troia.

La soluzione prevede:

- la costruzione della stazione di smistamento secondo gli "standard" prescritti da Terna S.p.A.;
- l'inserimento della stessa in modalità "doppia antenna" sulla sezione 150 kV della stazione 380/150 kV di Troia "Cancarro", mediante raccordi in cavo AT interrati a singola terna secondo gli standard Terna.

Tutti i calcoli di seguito riportati e la relativa scelta di materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche sostanziali per mantenere i necessari livelli di sicurezza.

## **2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI**

Nella redazione del presente progetto sono state e dovranno essere osservate anche in fase di esecuzione dei lavori di installazione, le disposizioni di legge vigenti in materia e le norme tecniche del CEI.

In particolare, si richiamano le seguenti Norme e disposizioni di legge:

- Impianti elettrici in generale: CEI 64-8, CEI 81-10, CEI 81-3, CEI 0-2, CEI 0-3;
- Connessione alla rete: CEI 11-20, CEI 0-16;
- Guide tecniche TERNA S.p.A.;
- Guide tecniche Enel Distribuzione S.p.A.;
- Impianti di terra e impianti elettrici con tensione superiori a 1000 V: CEI 11-1;

- Sicurezza del lavoro: DPR 303/56, D.M. 37/08 (ex L. 46/90) ed attuativi, D. Lgs. 81/08.

### **3. DESCRIZIONE STAZIONE E RACCORDO**

#### **3.1 Stazione di smistamento Terna**

La nuova stazione elettrica verrà inserita in antenna sulla sezione a 150 kV della stazione Terna 380/150 kV di Troia "Cancarro". La stazione sarà ubicata nel territorio del Comune di Troia sulla base delle indicazioni fornite da Terna e sarà costituita da:

- sistema 150 kV a doppia sbarra a 150 kV con relativo montante parallelo sbarre (come da richieste Terna),
- n. 2 montanti linea con uscita in cavo interrato per la connessione in antenna alla stazione AT/AAT di Troia;
- n. 1 montante linea con uscita in cavo interrato con predisposizione di ulteriore cavo per la connessione in antenna alla stazione AT/AAT di Troia;
- n. 2 raccordi in cavo interrato a 150 kV più n. 1 predisposizione posa terzo cavo, per la suddetta connessione;
- n. 7 montanti linea disponibili, per futuri ampliamenti;
- n. 2 moduli generali di sezione (TV e terra sbarre);
- n. 1 montante di parallelo sbarre;
- n. 1 sezione a doppia sbarra;
- condotti rettilinei di collegamento.
- un edificio per le apparecchiature di comando e di controllo e per i servizi generali di stazione;
- un edificio di consegna MT per i servizi ausiliari di stazione.

É stata prevista per la nuova stazione di smistamento un'area di circa 17400 mq più un'area di pertinenza di circa 4900 mq (si vedano gli allegati grafici), in prossimità della stazione AT/AAT di Troia "Cancarro".

#### **3.2 Raccordo a 150 kV**

La stazione elettrica di smistamento a 150 kV di Troia dovrà collegarsi elettricamente alla sezione a 150 kV della stazione AT/AAT di Troia, mediante n. 2 raccordi in cavo interrato che si attesteranno su due diversi stalli linea della stazione esistente; inoltre è prevista la predisposizione per un eventuale terzo cavo AT interrato.

Nella scelta tecnica per la realizzazione dell'elettrodotto interrato si è tenuto conto principalmente dei seguenti fattori:



- Posizione della stazione AT/AAT;
- posizione e configurazione del punto di raccolta e della stazione di smistamento;
- minimizzare la costruzione di nuovi elettrodotti;
- ottimizzare i collegamenti elettrici utilizzando, per quanto possibile, tracciati più brevi, salvaguardando nel contempo eventuali presenze di zone antropizzate;
- minimizzare l'impatto ambientale e le interferenze.

Il tracciato dell'elettrodotto a 150 kV è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11-12-1933 n. 1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti; esso si sviluppa interamente in fondi adiacenti a quelli già di proprietà di Terna SpA e non modificheranno la destinazione d'uso dei suoli.

Il tracciato, come si evince dagli elaborati grafici allegati, ricade interamente nel territorio del comune di Troia (FG), e si sviluppa a quota altimetrica intorno a 440 m s.l.m., lungo i terreni agricoli adiacenti alla stazione 150/380 kV; esso risulta idoneo dal punto di vista tecnico-ambientale ed urbanistico, tenuto conto dello stato dei luoghi, dei vincoli attuali, dell'ubicazione delle infrastrutture elettriche esistenti e degli eventuali impianti di utenza da collegare. Inoltre, non interessa aree destinate allo sviluppo urbanistico e industriale, di particolare interesse paesaggistico ed ambientale e/o con vincoli particolarmente restrittivi, ricadendo in area agricola. Per quanto concerne i vincoli che interessano la zona, così come rappresentati nelle tavole del PUG di Troia, sono da segnalare la presenza di pericolosità geomorfologia media-moderata (PG1) su tutta l'area e la presenza di ATE D (si vedano le tavole allegate al progetto). Sulle tavole del PUTT/P l'area in oggetto è interessata da pericolosità geomorfologica PG1 e vincolo idrogeologico che però non compare nelle tavole del PUG di Troia. L'area per cui insiste l'ATE D secondo il PUG, a livello regionale è classificata come ATE E.

Per risolvere tali compatibilità si osserveranno le prescrizioni delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, del PUTT/P e del PUG del Comune di Troia.

Nei riguardi dei fenomeni prodotti dai campi elettromagnetici sono stati rispettati i vincoli prescritti dalla normativa vigente; a tale scopo si evidenzia che nell'attuale assetto del territorio, non sono presenti immobili soggetti alla presenza di persone.

Il collegamento del tipo in "antenna" sarà realizzato tra i terminali verticali da esterno relativi agli stalli linea della nuova stazione a 150 kV e gli analoghi terminali relativi agli stalli linea di arrivo all'interno della stazione AT/AAT di Troia "Cancarro". I suddetti stalli linea di arrivo e partenza sono identificati negli elaborati grafici allegati.

### **3.3 Comuni interessati**

Comune di Troia (FG).



### **3.4** Vincoli aeroportuali

Risultano assenti vincoli aeroportuali. Ai fini della sicurezza dei voli a bassa quota, nessuna opera sarà influente, in quanto l'elettrodotto è sotterraneo e i terminali da esterno (da realizzare all'interno delle aree di stazione) raggiungono una altezza dal suolo di circa 4,5 m.

### **3.5** Attraversamenti

Il nuovo elettrodotto aereo presenta un'unica interferenza con la linea aerea a 380 kV cui è connessa la stazione AT/AAT, pertanto le uniche prescrizioni riguardano il rispetto delle distanze dalle parti in tensione durante la realizzazione delle opere di scavo e posa del cavo AT.

## **4. CARATTERISTICHE TECNICHE RACCORDO**

### **4.1** Generalità

Il collegamento alla stazione AT/AAT "Troia Cancarro" sarà realizzato mediante n. 2 terne di conduttori AT del tipo RE4H1H5E (o similare) unipolari, disposti ad elica visibile, a corda rigida compatta in rame (o alluminio), con isolamento estruso in XLPE, per una tensione di 87/150 kV, dotati di schermo metallico. Saranno posati alla profondità di almeno 1,5 metri dal p.c., disposti a triangolo (disposizione a trifoglio), e ad una distanza tra le terne di almeno 70 cm.

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato della speciale guaina metallica schermante del cavo e della presenza del terreno.

La sezione impiegata sarà pari a 1200 mmq, ed è stata dimensionata (secondo le norme CEI) in modo che la portata del cavo non risulti inferiore alla corrente di impiego corrispondente a circa 300 MW di potenza trasmessa;

In fase esecutiva si valuterà con maggiore precisione la caduta di tensione sulle linee, verificando che non influenzi il corretto funzionamento dell'impianto e la connessione alla rete elettrica pubblica.

La curvatura dei cavi d essere tale da non provocare danno gli stessi, e le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi dovranno essere nel range fissato dal fabbricante dei cavi.

### **4.2** Esecuzione degli scavi

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per le linee BT;
- 0,8 m per i cavi MT (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m)

- 1,2 m per i cavi AT (nel caso specifico si è scelta una profondità di 1,5 m)

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicate in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada. Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previa accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

All'interno degli scavi potranno essere incluse, oltre ai cavi di potenza, anche altre tubazioni opzionali per il passaggio di eventuali cavi a BT o di segnale che dovessero rendersi necessarie, per il monitoraggio ed il controllo della stazione.

#### **4.3 Caratteristiche elettriche**

Frequenza nominale:	50 Hz
Tensione di isolamento:	87/170 kV
Tensione nominale:	150 kV
Potenza nominale:	circa 300 MVA
Portata di corrente nominale:	circa 1230 A (per una potenza di circa 300 MW @ $\cos\phi$ 0,95, resistività termica del suolo $1^\circ\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$ , temperatura del terreno $20^\circ$ ).

#### **4.4 Caratteristiche costruttive dell'elettrodotto a 150 kV**

##### **4.4.1 Conduttore**

I conduttori sono costituiti da corde rotonde compatte costituite da fili di rame (o di alluminio), conformi alla Norma IEC 60228 per conduttori di Classe 2.

##### **4.4.2 Schermo sul conduttore**

Lo schermo sul conduttore è costituito da uno strato polimerico semi-conduttivo estruso. L'estrusione di questo strato avviene in contemporanea a quella dell'isolante, in modo da garantire la perfetta adesione dei due strati polimerici.

##### **4.4.3 Isolamento**

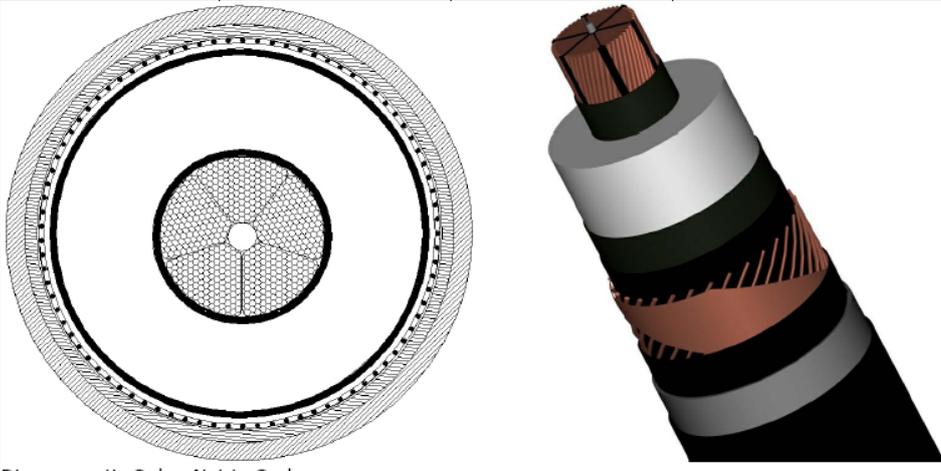
L'isolamento è composto da uno strato di Polietilene reticolato (XLPE) adatto a temperature di lavoro continuative del conduttore pari a  $90^\circ\text{C}$ . L'isolamento è estruso simultaneamente agli schermi sul conduttore e sull'isolante (triplo estrusione).

#### 4.4.4 Schermo semi-conduttivo sull'isolante

Lo schermo sull'isolamento è costituito da uno strato polimerico semi-conduttivo estruso. L'estrusione di questo strato è in contemporanea a quella dello schermo sul conduttore e dell'isolante.

#### 4.4.5 Protezione longitudinale contro la penetrazione dell'acqua

Prima dell'applicazione della schermatura metallica, il cavo viene fasciato per mezzo di nastri igroespandenti. Tali nastri hanno la funzione di limitare la penetrazione longitudinale dell'acqua all'interno dell'anima in caso di danneggiamento del cavo.

Voltage	Conductor Size	Insulation	Screen/Sheath Short Circuit Curr.	
87/150(170) kV	1200 mm <sup>2</sup>	XLPE	31.5 kA for 0.5 sec	
				
Diagrammatic Only - Not to Scale				
Item	Description	Nominal Thickness [mm]	Details	Diameters [mm]
1	Conductor	17.0	Copper Milliken Watertight	42.6
2	Conductor Screen		Semi-conductive polymer	
3	Insulation		XLPE	
4	Insulation Screen		Semi-conductive polymer	
5	Water Barrier	4.5	Hygroscopic Tapes	100.0
6	Metallic Screen		Copper Wires	
7	Equalising Tape	Copper Tape		
8	Water Barrier	Hygroscopic Tapes		
9	Metallic Sheath	Al Longitudinal Tape		
10	Outer Serving	PE with Graphite Coating		

**Figura 1 Caratteristiche tipologiche dei cavi AT da utilizzare per il raccordo alla stazione di Troia**

#### 4.4.6 Schermo metallico

Lo schermo metallico è costituito da uno strato di fili di rame e da un foglio di alluminio monoplaccato applicato longitudinalmente.

#### 4.4.7 Protezione esterna

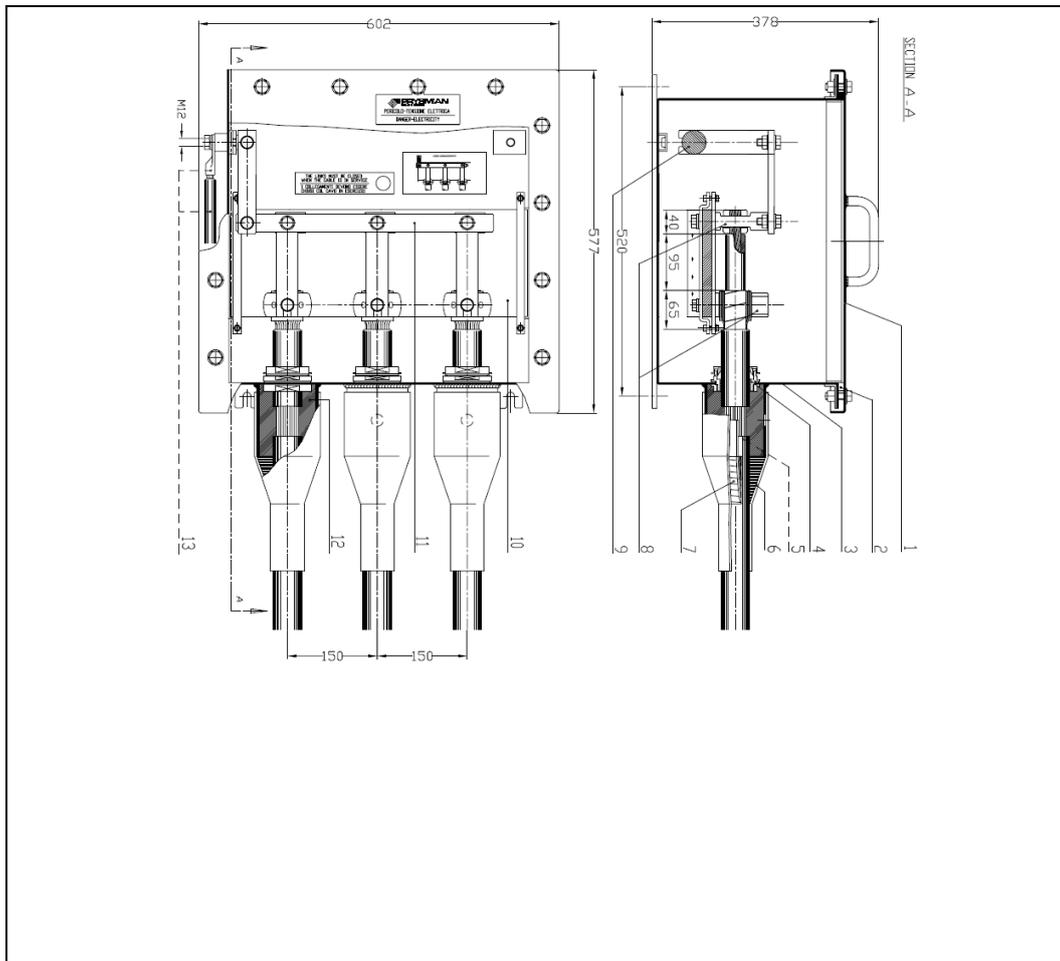
La guaina esterna è costituita da uno strato polimerico estruso in grado di proteggere lo strato metallico sottostante dalla corrosione e costituire un'ulteriore protezione contro la penetrazione radiale d'acqua. Il rivestimento esterno del cavo sarà costituito da uno strato di polietilene. Sulla guaina di PE è applicato un sottile strato di grafite, necessario per effettuare le prove elettriche dopo posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 60840.

#### 4.4.8 Giunzioni e atterramento degli schermi

Le pezzature saranno collegate per mezzo di giunti continui (di cui sono riportati di seguito dei grafici rappresentativi) e i rispettivi schermi metallici collegati per mezzo di un sistema "solid-bonding", basato sulla cortocircuitazione e messa a terra degli schermi metallici stessi rispetto alle fasi del sistema.

Ai sensi della CEI 11-17 gli schermi dei cavi AT saranno atterrati solo alle estremità, data la breve lunghezza del raccordo. E' vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

Ad entrambe le terminazioni gli schermi saranno collegati francamente a terra attraverso cassette unipolari di sezionamento (vedi figura seguente).



- 1 - COVER (Stainless Steel)
- 2 - GASKET (Rubber)
- 3 - BOX (Stainless Steel)
- 4 - COMPRESSION TYPE GLAND (Brass)
- 5 - CONCENTRIC CABLE (Not included in the supply)
- 6 - HEAT-SHRINKABLE TUBE
- 7 - SELF-AMALGAMATING TAPE
- 8 - CONCENTRIC CABLE CONDUCTORS CLAMPS (Brass)
- 9 - EARTHING LUG (Brass)
- 10 - INSULATING SUPPORT (Glass fiber)
- 11 - LINK (Copper)
- 12 - WATER PROOF RESIN
- 13 - EARTHING CABLE WITH END CONNECTOR (Not included in the supply)

NOTES FOR THE INSTALLATION OF CABLES IN THE LINK BOX  
REFER TO THE RELEVANT JOINTING INSTRUCTION

#### 4.4.9 Terminali per esterno

Per le terminazioni dell'elettrodotto sotterraneo si utilizzeranno terminali verticali da esterno fissati su opportune strutture di sostegno.

Le caratteristiche tipologiche dei terminali da utilizzare sono rappresentate nelle seguenti figure.

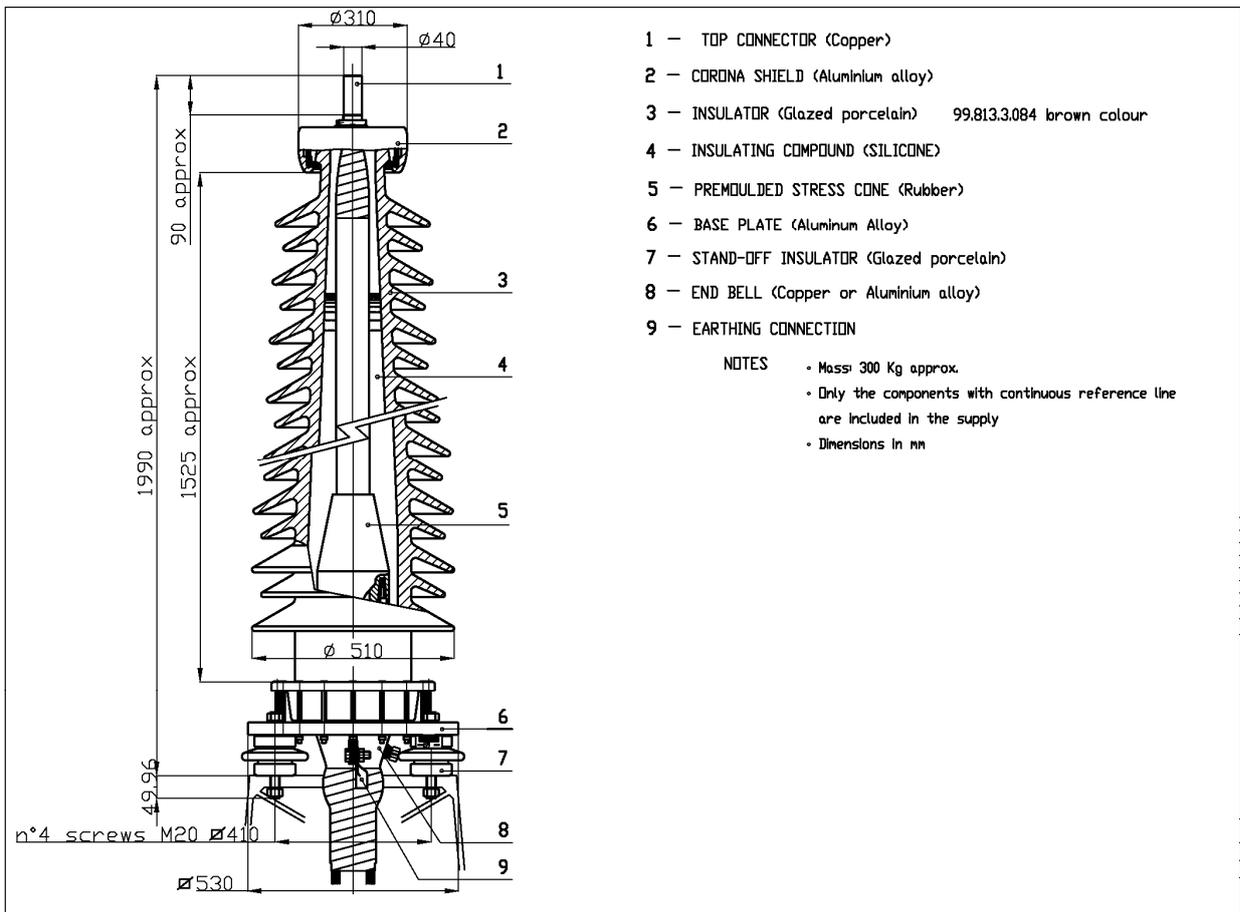
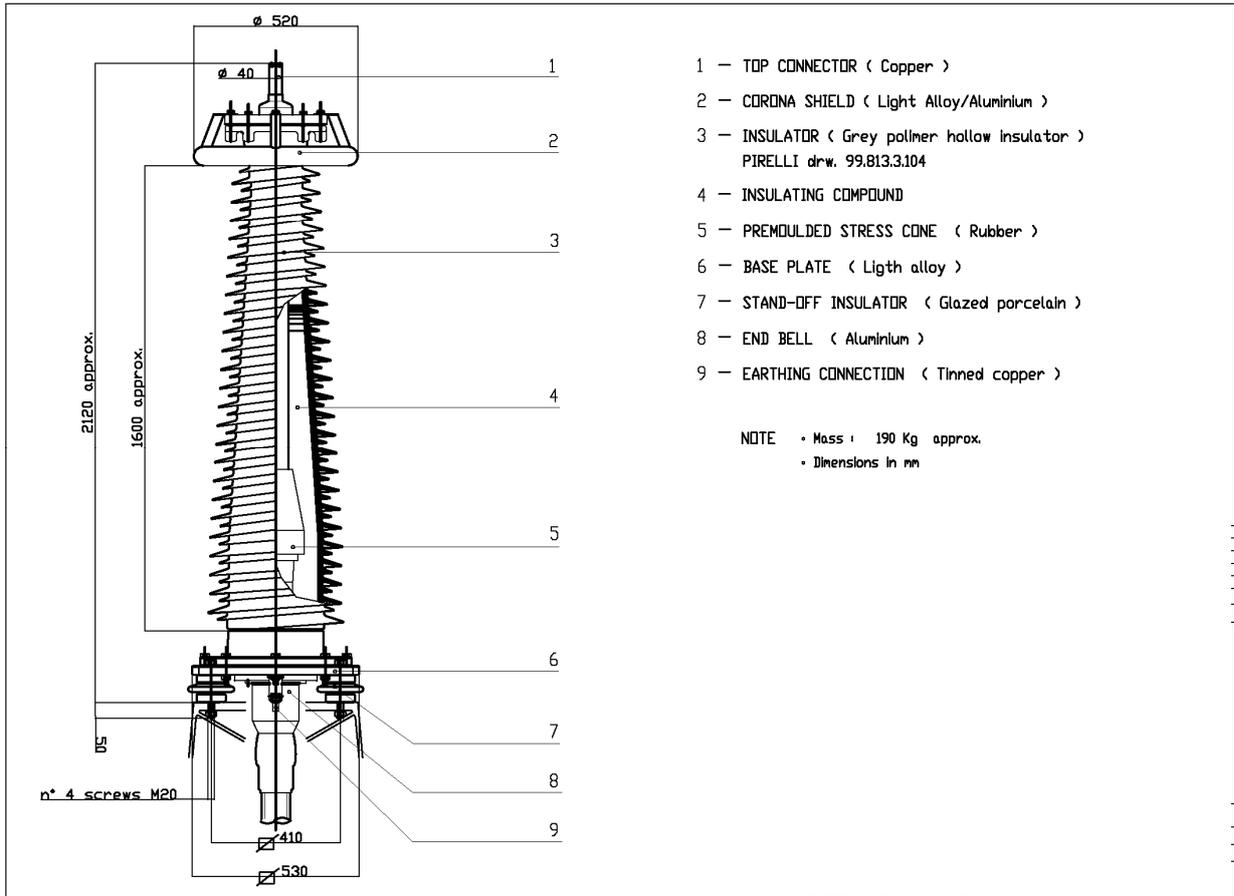


Figura 2 Tipologico terminale AT da esterno



**Figura 3** Tipologico terminale AT da esterno

#### 4.5 Esecuzione di camerette interrato

Per la costruzione ed il dimensionamento di eventuali camerette interrato, che dovranno essere ridotte ai soli casi di reale necessit , occorre tenere presente che:

- si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine;
- Il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.
- Si deve escludere la possibilit  di accesso senza l'esecuzione di uno scavo.

### 5. COESISTENZA FRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE

Anche se non rilevati in fase preliminare, qualora in fase autorizzativa dovessero riscontrarsi:

- Parallelismi e incroci fra cavi elettrici,
- Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione,
- Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato,
- Coesistenza fra cavi di energia e gasdotti

si dovranno rispettare le prescrizioni della norma CEI 11-17, e del D.M. 24.11.1984 *Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8"*.

## **6. NORMATIVA VIGENTE SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

### **6.1 Legislazione italiana**

In materia di prevenzione dai rischi di esposizione delle lavoratrici, dei lavoratori e della popolazione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici il riferimento legislativo è costituito dalla legge quadro n. 36 del 22 febbraio 2001.

La legge 36, all'art. 4 comma 2, rimanda ad un successivo decreto attuativo la definizione dei limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico. Di fondamentale importanza risulta l'art. 3 della legge che riporta le definizioni:

- *elettrodotto*: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- *esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici*: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- *esposizione della popolazione*: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- *limite di esposizione*: è 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;
- *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 e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;
- *obiettivi di qualità* sono:
  - 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;

- 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 mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il DPCM 8 luglio 2003 attua quanto previsto dalla legge quadro riguardo alla "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". Agli articoli 3 e 4 esso stabilisce i seguenti limiti:

- **Limite di esposizione:** **100  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico.
- **Valore di attenzione:** nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, **10  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto;
- **Obiettivo di qualità:** 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 ... (omissis)...., 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  $\mu\text{T}$**  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (*art. 1 comma 2*).

Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di "elettrodotto" o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999. In particolare, andrà rispettato, se applicabile nei

confronti della popolazione, per la sezione in corrente continua il limite di riferimento per induzione magnetica di 40.000  $\mu\text{T}$ .

L'art. 6 del DPCM 8/7/03 recita:

1. "Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 [...]"
2. "L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti".

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto riferite agli elettrodotti sia aerei che interrati, il Ministero dell'Ambiente ha comunicato con lettera prot. DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004, che *"la metodica da usarsi per la determinazione provvisoria delle fasce di rispetto pertinenti ad una o più linee elettriche aeree o interrate che insistono sulla medesima porzione di territorio può compiersi come segue:*

[...]

3. *Le linee possono essere schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", cap. 4.1. Il calcolo può essere eseguito secondo l'algoritmo definito al cap. 4.3.*
4. *Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3  $\mu\text{T}$  in termini di valore efficace.*
5. *Le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto. Le relative dimensioni, espresse in metri, possono essere arrotondate all'intero più vicino"*

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, con **Decreto 29 maggio 2008** ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, elaborata dall'APAT. In tale documento si evidenzia anche che la metodologia non si applica alle linee in media tensione in cavo cordato a elica (interrate o aeree), poiché, anche nelle condizioni peggiori (sezione e corrente massima), l'induzione scende al di sotto di 3  $\mu\text{T}$  già alla distanza di 50-60 cm: la fascia di rispetto perde dunque di significato.

## **6.2** Normativa italiana CEI

La costruzione ed esercizio della stazione elettrica sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché secondo le disposizioni normative di Terna e gli standard Enel. La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in

base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell'induzione magnetica; nella realtà, i conduttori suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui l'errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;

- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante disposti a fascio di 3 per fase; si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l'influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell'area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida 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" costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di  $3 \mu\text{T}$ , si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

### **6.3** Cenni teorici sui campi magnetici ed elettrici

I campi elettromagnetici consistono di onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce, e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda. I campi ELF (Extremely Low Frequency) sono definiti come quelli di

frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I **campi elettrici** sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

A ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato. L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I **campi magnetici** sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente.

Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla ( $\mu$ T). Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco, i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

#### **6.4** Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione

Essendo le zone direttamente confinanti con l'elettrodotto, non adibite né ad una permanenza giornaliera non inferiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole vanno verificati nell'intorno della posizione dello scavo esclusivamente i limiti di esposizione. Non trovano applicazione per le stesse motivazioni gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

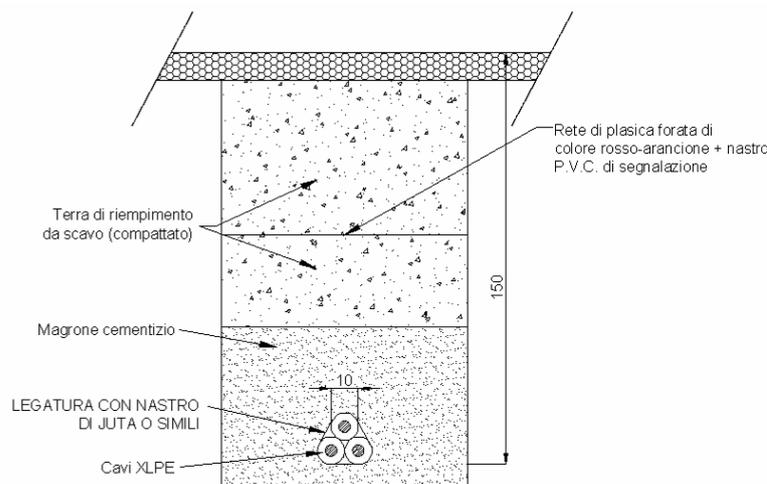
Peraltro non si rileva la presenza di fabbricati a distanze inferiori a 300 m dal percorso del raccordo interrato.

## 6.5 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dai raccordi in cavo AT

Come si evince dagli elaborati allegati, la connessione in antenna prevede un breve percorso interrato che in parte costeggia il lato est della stazione AT/AAT fino a raggiungere, sempre in sotterraneo, lo stallo di arrivo all'interno della recinzione. Per il primo tratto si poseranno n. 2 terne di cavi affiancati, mentre per l'ultimo tratto, oltre la prima connessione di stallo, ne resterà solo una.

Per la valutazione delle emissioni elettromagnetiche, i calcoli sono stati effettuati senza portare in conto la presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già esistenti, oltre quella in oggetto.

I dati geometrici di calcolo si deducono dalla figura sotto riportata (tipologico di scavo):



- ✓ Profondità di posa (piano d'appoggio dei cavi): 1,5 m;
- ✓ cavi disposti a trifoglio chiuso (cavi unipolari a contatto);
- ✓ diametro esterno max dei cavi unipolari: 10 cm.

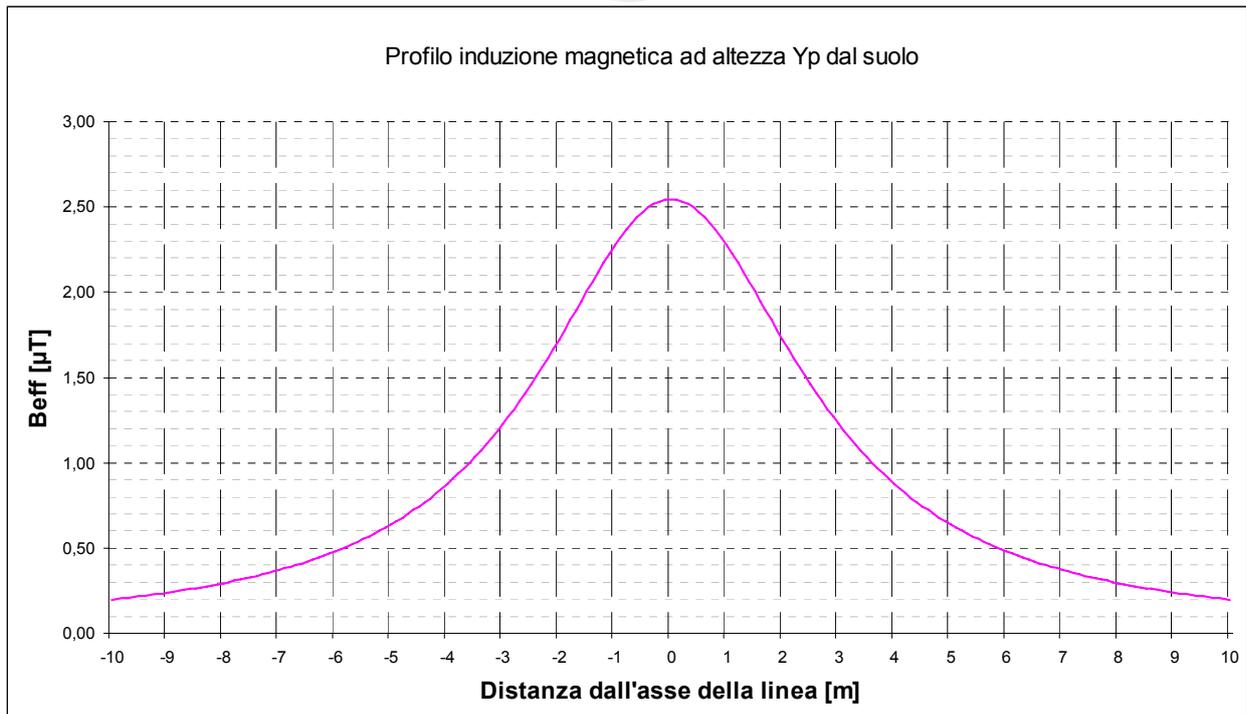
Si sottolinea che, ai sensi della comunicazione del Ministero dell'Ambiente già citata, la quota dei conduttori non è influente ai fini del calcolo della fascia di rispetto (in condizioni a vantaggio di sicurezza), mentre è importante il numero e la disposizioni dei conduttori paralleli.

Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori, assumendo una disposizione delle fasi generica:

- Corrente (portata termica del cavo)  $I = 1230 \text{ A}$ ;
- Tensione di esercizio: 150 kV.

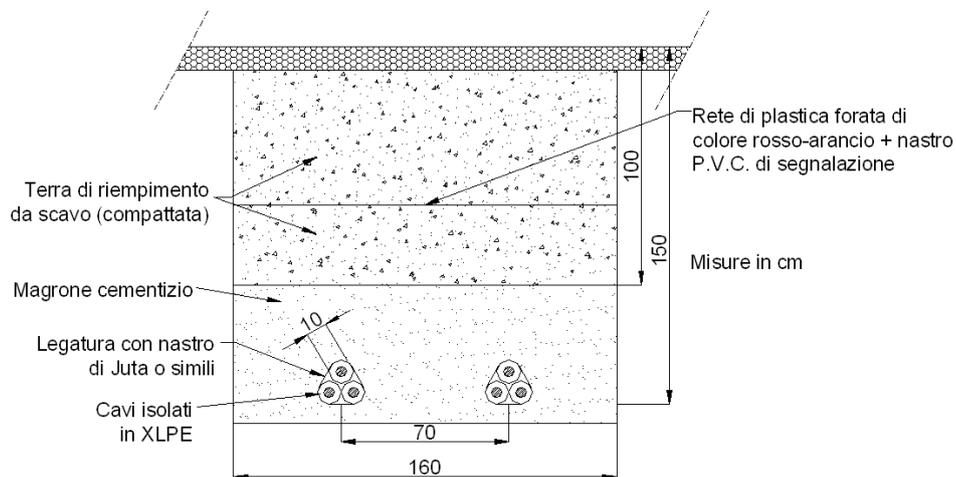
Si precisa che il valore di corrente inserito nel calcolo è pari alla portata termica del conduttore, secondo le norme CEI, e la sezione scelta è sufficiente a permettere il transito di una potenza pari a circa 300 MW a tensione 150 kV.

Dai calcoli effettuati si ricava che, nelle ipotesi conservative assunte, la **fascia di rispetto** entro la quale non sono permessi edifici con permanenza umana superiore alle quattro ore giornaliere, è **inferiore a 3,5 m** per lato dall'asse della linea.



**Figura 4 - Profilo dell'induzione magnetica calcolata a Yp=1,5 m dal suolo. Si nota come le ipotesi assunte per il calcolo siano conservative.**

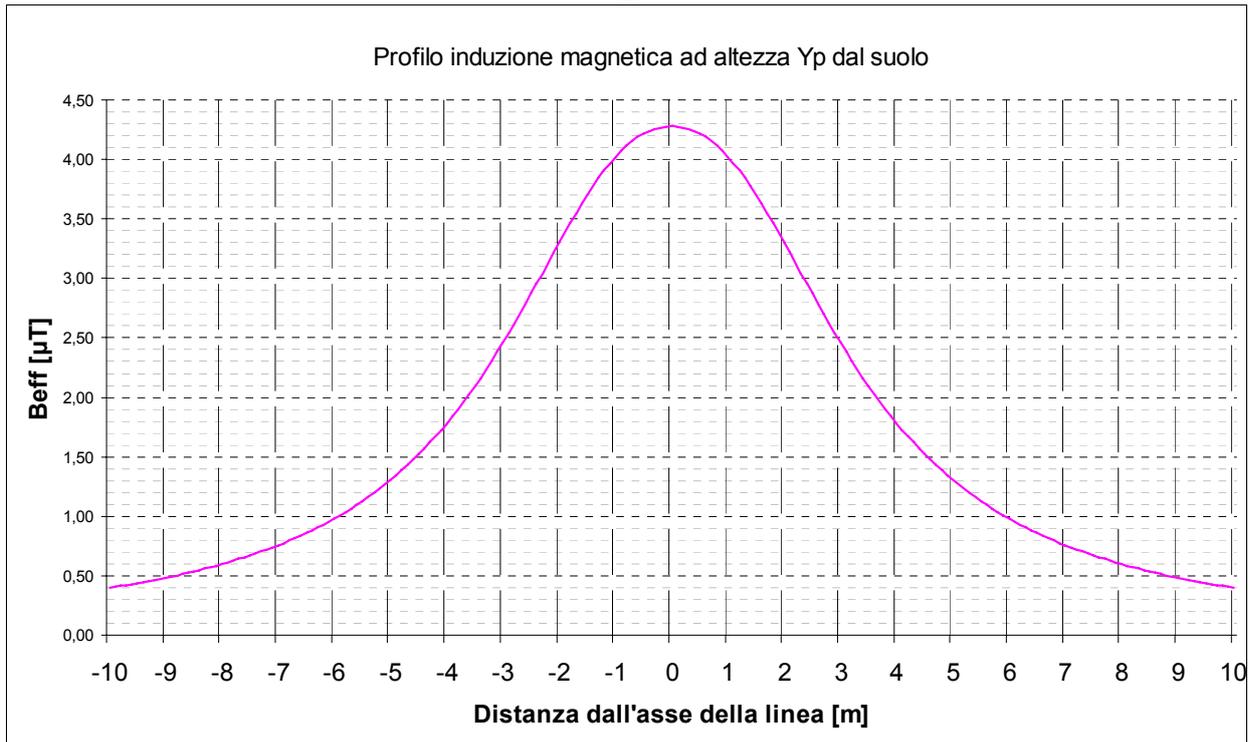
Si riporta di seguito il calcolo effettuato nei confronti del tratto in cui sono presenti n. 2 terne affiancate:



Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori, assumendo una disposizione delle fasi generica:

- Corrente (portata termica del cavo)  $I = 1230 \text{ A}$ ;
- Distanza tra le terne circa 70 cm;
- Tensione di esercizio: 150 kV.

Dai calcoli effettuati si ricava che, nelle ipotesi conservative assunte, la **fascia di rispetto** entro la quale non sono permessi edifici con permanenza umana superiore alle quattro ore giornaliere, è **pari a circa 4,5 m** per lato dall'asse dello scavo.



**Figura 5 - Profilo dell'induzione magnetica calcolata a  $Y_p=1,5$  m dal suolo. Si nota come le ipotesi assunte per il calcolo siano conservative.**

### 6.6 Valutazione dei campi elettrici generati dal raccordo AT

I campi elettrici prodotti sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi atterrato ad entrambe le estremità e all'effetto schermante del terreno stesso.

### 6.7 Conclusioni

A seguito delle valutazioni preventive eseguite, tenendo sempre presente le dovute approssimazioni dovute alla complessità geometrica della sorgente emissiva, si presume che l'opera proposta, per le sue caratteristiche emissive e per l'ubicazione scelta, sarà conforme alla normativa italiana in tema di protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici.

Successivamente alla realizzazione ed entrata in esercizio dell'impianto, se necessario, il rispetto dei limiti di esposizione potrà essere verificato e confermato con misure dirette in campo.

\*\*\*\*\*