

***Intervento G***

**Variante agli elettrodotti 132 kV s.t. C.P. Querceto – Pietramala (T.900) e 132 kV s.t.  
Firenzuola AI – Pietramala (T.8031)**

***PIANO TECNICO DELLE OPERE***  
***RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA***




***Storia delle revisioni***

Rev. 00	30/08/2019	Prima emissione
---------	------------	-----------------


Elaborato	Verificato	Approvato
Mancuso C. ING-PRE-APRINE	Salaro S. ING-PRE-APRINE	Simeone L. ING-PRE-APRINE

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	MOTIVAZIONI DELL'OPERA.....	4
3	UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE .....	4
	3.1 Opere attraversate.....	5
	3.2 Compatibilità urbanistica.....	5
	3.3 Vincoli.....	5
	3.4 Distanze di sicurezza rispetto alle attività soggette a controllo prevenzione incendi.....	5
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	6
5	CRONOPROGRAMMA .....	7
6	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO AEREO .....	7
	6.1 Premessa .....	7
	6.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto .....	7
	6.3 Distanza tra i sostegni.....	8
	6.4 Conduttori e corde di guardia.....	8
	6.4.1 Stato di tensione meccanica .....	8
	6.5 Capacità di trasporto.....	9
	6.6 Sostegni .....	9
	6.7 Isolamento .....	11
	6.7.1 Caratteristiche geometriche .....	11
	6.7.2 Caratteristiche elettriche.....	12
	6.8 Morsetteria ed armamenti .....	13
	6.9 Fondazioni.....	14
	6.10 Messa a terra dei sostegni.....	15
	6.11 Caratteristiche dei componenti.....	15
7	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO INTERRATO.....	16
	7.1 Premessa .....	16
	7.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto .....	16
	7.3 Caratteristiche del cavidotto.....	16
	7.3.1 Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia .....	16
	7.4 Composizione del cavidotto .....	17
	7.5 Modalità di posa e di attraversamento .....	18
	7.6 Sistemi di telecomunicazione.....	18
	7.7 Caratteristiche sezioni di posa e componenti .....	19
8	RUMORE .....	26

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 3 di 26</small>

9	INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE .....	26
10	TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	26
11	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	26
12	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	26
13	AREE IMPEGNATE .....	26
14	FASCE DI RISPETTO .....	26
15	SICUREZZA NEI CANTIERI .....	26

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 4 di 26</small>

## 1 PREMESSA

La Società TERNA – Rete Elettrica Nazionale S.p.A. (di seguito Terna) è la società responsabile in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta (AT) e altissima tensione (AAT) ai sensi del Decreto del Ministero delle Attività Produttive del 20 aprile 2005 (concessione).

Terna S.p.A., nell'ambito dei suoi compiti istituzionali e del vigente programma di sviluppo della Rete di Trasmissione (RTN), approvato dal ministero per lo Sviluppo Economico, intende realizzare una variante a 132kV, da realizzarsi parte in cavo interrato e parte in tratto aereo, dell'esistente elettrodotto aereo 132kV semplice terna "Querceto CP – Firenze All" ad oggi suddiviso in due tronchi 132kV Querceto CP – Pietramala (T.900) e Pietramala – Firenzuola All (T.8031).

## 2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Per le motivazioni dell'opera si rimanda al capitolo 2 della "Relazione Tecnica Generale" doc. n. RGDR04002BGL00016 rev 01.

## 3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSAE


Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

Il percorso dell'elettrodotto è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11/12/1933 n.1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione degli elettrodotti.

I comuni interessati dal passaggio dell'elettrodotto sono elencati nella seguente tabella:

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	PERCORRENZA TRACCIATO
---------	-----------	--------	-----------------------

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>  <b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>		Codifica <b>RGDR13008B817449</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>5</b> di 26

Emilia-Romagna	Bologna	Monterenzio	0.2 km in cavo
			3.3 km in linea aerea
Emilia-Romagna	Bologna	Monghidoro	0.2 km in cavo
			3.9 km in linea aerea
Toscana	Firenze	Firenzuola	6.5 km in cavo

### 3.1 Opere attraversate

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo degli Enti competenti è riportato nell'elaborato Doc. n EGDR13008B817451 (Elenco opere attraversate). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati anche nella planimetria in scala 1:5.000 Doc. n DGDR13008B817450 allegata.

### 3.2 Compatibilità urbanistica

L'elaborato Doc. n EGDR04002B817723 Appendice "C" - Estratto Piani Regolatori Generali Comunali, riporta i tracciati dei nuovi interventi sovrapposti alle carte con gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti ed esecutivi.


### 3.3 Vincoli

Si faccia riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.3 "Vincoli" della Relazione Generale" doc. n. RGDR04002BGL00016 rev 01.

### 3.4 Distanze di sicurezza rispetto alle attività soggette a controllo prevenzione incendi

Recependo quanto richiesto dal Ministero dell'Interno, Dipartimento Vigili del Fuoco, Soccorso Pubblico e Difesa Civile, con Circolare Prot. DCPST/A4/RA/1200 del 4 maggio 2005 e con successiva nota inviata a Terna n. DCPST/A4/RA/EL/ sott.1/1893 del 09/07/08 si è prestata particolare attenzione a verificare il rispetto delle distanze di sicurezza tra gli elettrodotti in progetto e le attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco o a rischio di incidente rilevante di cui al D. Lgs. 334/99.

Le risultanze delle valutazioni effettuate sono riportate negli elaborati elencati nel Doc. n. EGDR04002B814602 Appendice "E" Distanze di sicurezza relative ai rischi d'incendio.

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 6 di 26</small>

## 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE


Con riferimento alla Planimetria con opere attraversate allegata (Doc. n DGDR13008B817450) in scala 1:5.000, il tracciato dell'elettrodotto, inizialmente in cavo interrato, parte dalla SE di S. Benedetto del Querceto fino al sostegno di transizione aereo/cavo 1G. Tale tratto di circa 150 m sarà quasi tutto all'interno dell'area della stazione elettrica.

Arrivato sul sostegno 1G, dove sarà realizzata la transizione da elettrodotto aereo a cavo interrato, il tracciato devia in direzione Sud-Est iniziando il suo andamento in destra orografica del torrente Idice, tenendosi pressoché parallelo allo stesso, dal sostegno 2G, tenendosi sulla mezzacosta dei versanti appenninici attraversati.

Successivamente l'opera, risalendo la vallata dell'Idice, piega verso ovest dapprima con il sostegno 4G e poi in corrispondenza del sostegno 6G mantenendo un andamento pressoché parallelo al corso d'acqua, per poi avvicinarlo in prossimità del sostegno 9G. Entrato nel comune di Monghidoro in corrispondenza del sostegno 10G il tracciato costeggia il corso d'acqua ponendosi sulla mezza costa del versante, rimanendo ad Est della località "Molino della Fiumana di Sotto".

Arrivato in prossimità del sostegno 15G appena dopo il Fosso Grotta, il tracciato devia in direzione Sud-Est per poi rideviare in direzione Sud-Ovest in prossimità del sostegno 16G, sempre in parallelo all'elettrodotto aere 380kV Colunga-Calenzano. Da qui il tracciato, puntando sempre verso ovest e assumendo un andamento rettilineo con direzione Nord Est – Sud Ovest, arriva fino al sostegno 21G, attraversando l'impluvio Fosso del Querceto. Dal sostegno 21G, il tracciato devia in direzione Sud Est fino ad arrivare al sostegno 22G di transizione aereo/cavo localizzato nei pressi della SP7 dell'Idice. Da qui, l'elettrodotto passa in cavo interrato immettendosi in strada e dirigendosi verso Sud. In questo punto si ha l'attraversamento del confine regionale entrando così in territorio Toscano e si prosegue lungo la SP121 Frassineta – Borgo Pisano. Dopo circa 3 km sulla SP121, il tracciato si immette sulla SP58 Piancaldolese percorrendola fino ad immettersi nella strada regionale SR65 dopo aver attraversato il Passo della Raticosa. Dopo circa 530 m sulla SR 65, il cavo entra nella S.E Monte Carpinaccio

Dalla S.E Monte Carpinaccio, il tracciato riparte in direzione Sud-Ovest in Via Pietramala Casa Badini che percorre per circa 250 metri per poi deviare in direzione Sud in allontanamento dal centro abitato di Casa Baldini, per poi reimmettersi in Via Pietramala Casa Badini in prossimità del sostegno esistente n°106 della linea 132 kV "Barberino CP – Quarceto CP". Continuando per altri circa 280 m in direzione Sud-Est, il tracciato raggiunge il sostegno PBG di transizione aereo/cavo, posto in asse con la linea 132 kV "Barberino CP – Quarceto CP", a circa 30 metri dal sostegno esistente 105 di futura demolizione.

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 7 di 26</small>

## 5 CRONOPROGRAMMA

Il programma di massima dei lavori è riportato al capitolo 5 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n. RGDR04002BGL00016.

## 6 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO AEREO

### 6.1 Premessa

I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi anche al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

Il progetto dell'opera è conforme al Progetto Unificato Terna per gli elettrodotti aerei, dove sono riportati tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.


In particolare, la tratta di elettrodotto qui descritta sarà realizzata con sostegni di elevate prestazioni meccaniche con lo scopo di aumentarne la resilienza anche in condizioni di carico particolarmente gravose, causate dalla formazione, nel periodo invernale, di manicotti di ghiaccio e di neve sui conduttori.

L'elettrodotto aereo sarà costituito da una palificazione con sostegni del tipo tubolari e troncopiramidale per il passaggio aereo-cavo. I sostegni saranno realizzati con angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. La palificata sarà armata con tre (semplice terna), ciascuna composta da 1 conduttori di energia, e una corda di guardia, fino al raggiungimento del sostegno di raccordo con la linea esistente. Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro complessivo pari a 31.5 mm.

Per le caratteristiche tecniche degli elementi di impianto descritti nei paragrafi seguenti si rimanda al doc. n. EEDR04002B817650 Appendice “B” – “Caratteristiche dei componenti degli elettrodotti aerei”

### 6.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>  <b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	Codifica <b>RGDR13008B817449</b>	
		Rev. N° 00	Pag. <b>8</b> di 26

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Portata di corrente alle condizioni di progetto (per fase)	675 A

La portata in corrente sopra indicata è conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti a 132 kV in zona B.

### 6.3 Distanza tra i sostegni

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a 400 m.

### 6.4 Conduttori e corde di guardia

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da un fascio di 1 conduttore. Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mmq composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm. Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16852 daN.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni, ed al sistema di protezione, controllo e conduzione degli impianti. La corda di guardia sarà in acciaio rivestito di alluminio incorporante fibre ottiche, del diametro di 11.50 mm e sezione di 80.65 mm<sup>2</sup>, e sarà costituita da n. 7 fili del diametro di 3.83 mm.

In alternativa è possibile l'impiego di una corda di guardia in alluminio-acciaio incorporante fibre ottiche, del diametro di 15.0 mm o 17.9 mm.

#### 6.4.1 Stato di tensione meccanica


Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è stato fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS - "every day stress"). Ciò assicura un'uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro varia in funzione della campata equivalente di ciascuna tratta e delle condizioni atmosferiche (vento, temperatura ed eventuale presenza di ghiaccio). La norma vigente divide il territorio italiano in due zone, A e B, in relazione alla quota e alla disposizione geografica.

Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nello schema seguente:

- **EDS** – Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MSA** – Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h



 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 9 di 26</small>

- **MSB** – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h
- **MPA** – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MPB** – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFA** – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFB** – Condizione di massima freccia (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **CVS1** – Condizione di verifica sbandamento catene : 0°C, vento a 26 km/h
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h

I sostegni della linea in oggetto sono situati in **“ZONA B”** ad eccezione del sostegno PG che è situato in **“ZONA A”**.

## 6.5 Capacità di trasporto

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase.

La norma CEI 11-60 definisce le portate di corrente nel periodo caldo e freddo per un conduttore definito “conduttore standard” e applica una serie di coefficienti per gli altri conduttori che tengono conto delle caratteristiche dimensionali, dei materiali e delle condizioni di impiego. Il conduttore in oggetto corrisponde al “conduttore standard” preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo.


La portata di corrente dell'elettrodotto alle condizioni di progetto, ai sensi della norma CEI 11-60, risulta pari a 675 A.

## 6.6 Sostegni

I sostegni saranno per la maggior parte del tipo in semplice terna tubolare monostelo, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno. Essi saranno costituiti elementi tronco-conici di acciaio zincati a caldo assemblati tramite innesto e/o bullonatura. I sostegni a traliccio del tipo semplice terna a delta e palo gatto saranno invece costituiti da angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature sono stati eseguiti conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona “A” che in zona “B”.

Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 61 m. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, TERNA si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, senza però

 <small>TERN A G R O U P</small>	<b>Intervento G</b>	Codifica <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	Rev. N° 00	Pag. <b>10</b> di 26

modificare sostanzialmente la tipologia dei sostegni stessi e ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

Ciascun sostegno si può considerare composto dal tronco di fondazione, dalla base, da un tronco e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Infine, vi è il cimino, atto a sorreggere la corda di guardia.

I sostegni a traliccio potranno avere piedi, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

La serie 132 kV semplice terna è composta da diversi tipi di sostegno, che variano a seconda delle prestazioni a cui possono resistere, disponibili in diverse "altezze utili".


I tipi di sostegno 132 kV semplice terna utilizzati e le loro prestazioni nominali riferiti alla zona B con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio  $\Phi$  31.5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (k) sono le seguenti:

#### SOSTEGNI 132 kV semplice terna tubolari - ZONA B

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"N" Normale Tubolare	15 ÷ 33 m	350 m	4° 50'	0.10
"M" Medio Tubolare	15 ÷ 33 m	350 m	9° 50'	0.12
"P" Pesante Tubolare	15 ÷ 36 m	350 m	19°	0.15
"PB" Pesante Tubolare a Bandiera	15 ÷ 33 m	350 m	33°50'	0.15
"C" Capolinea	15 ÷ 33 m	350 m	34°	0.20
"CB" Capolinea Tubolare a Bandiera	15 ÷ 33 m	350 m	63°00'	0.20
"E" Eccezionale Tubolare	15 ÷ 33 m	350 m	65°	0.25
"EB" Eccezionale Tubolare a Bandiera	15 ÷ 33 m	350 m	120°	0.25

#### SOSTEGNI 132 kV Palo Gatto- ZONA B

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
------	---------	---------------	-------------------	----------------------

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>  <b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>		Codifica <b>RGDR13008B817449</b>	
			Rev. N° 00	Pag. <b>11</b> di 26

<b>Palo Gatto</b>	12 ÷ 24 m	350 m	25°	0.3
-------------------	-----------	-------	-----	-----

### SOSTEGNI 132 kV semplice terna a delta ZONA B

<b>“EY”</b> Eccezionale (impiegato come capolinea)	15 ÷ 39 m	350 m	27°03'	0.36
--	-----------	-------	--------	------

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media), trasversali (angolo di deviazione) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio:

- partendo dai valori di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$  relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento;
- successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media, si vanno a determinare i valori di  $\delta$  e  $K$  che determinano azioni di pari intensità.

In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

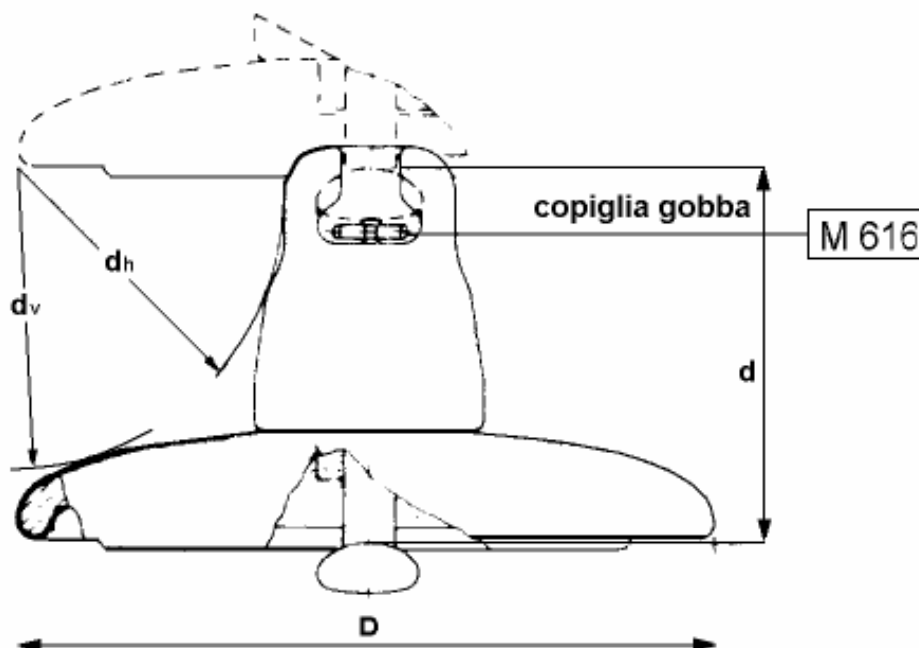
La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevola la progettazione, in quanto consente di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l'altezza utile, e quindi i valori a picchetto di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$ , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

## 6.7 Isolamento

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 150 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 70 kN (o in alternativa 120 kN) nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi. Le catene di sospensione saranno del tipo a I semplici o doppia, mentre le catene in amarro saranno del tipo ad I doppia. Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

### 6.7.1 Caratteristiche geometriche

Nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate le caratteristiche geometriche tradizionali e le due distanze "dh" e "dv" (vedi figura) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra in caso di pioggia.



### 6.7.2 Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra. Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

Nella tabella che segue è poi indicato il criterio per individuare il tipo di isolatore ed il numero di elementi da impiegare con riferimento ad una scala empirica dei livelli di inquinamento.

LIVELLO DI INQUINAMENTO	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA' DI TENUTA (kg/m <sup>2</sup> )
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone agricole (2)</li> <li>• Zone montagnose</li> </ul> <p>Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)</p>	10
II – Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri) (3)</li> </ul>	40
III - Pesante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti</li> </ul>	160

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte</li> </ul>	
IV – Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi</li> <li>• Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti</li> <li>• Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, e soggette a intensi fenomeni di condensazione</li> </ul>	(*)

- (1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.
- (2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti.
- (3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona ed alle condizioni di vento più severe.
- (4) (\*) per tale livello di inquinamento non viene dato un livello di salinità di tenuta, in quanto risulterebbe più elevato del massimo valore ottenibile in prove di salinità in laboratorio. Si rammenta inoltre che l'utilizzo di catene di isolatori antisale di lunghezze superiori a quelle indicate nelle tabelle di unificazione (criteri per la scelta del numero e del tipo degli isolatori) implicherebbe una linea di fuga specifica superiore a 33 mm/kV fase-fase oltre la quale interviene una non linearità nel comportamento in ambiente inquinato.

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico medio e quindi si è scelta la soluzione dei n. 9 isolatori (passo 146) tipo J1/1 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e quella dei n. 9 isolatori (passo 146) tipo J1/1 (normale) per gli armamenti in amarro.

## 6.8 Morsetteria ed armamenti


Gli elementi di morsetteria per linee a 132 kV sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori agli isolatori, ovvero da questi alle mensole.

Sono stati previsti sei tipi di equipaggiamento: quattro impiegabili in sospensione e due in amarro. Per gli equipaggiamenti di amarro e di sospensione dei conduttori è stato previsto un unico carico di rottura pari a 120 kN.

Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

Per le linee a 132 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente:

EQUIPAGGIAMENTO	CARICO DI ROTTURA (kN)	SIGLA Tipo
SEMPLICE SOSPENSIONE	120	SS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA UNICA	120	DS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA DOPPIA	210	DM
SEMPLICE CATENE A "V"	120	VS
SEMPLICE PER AMARRO	120	SA

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 14 di 26</small>

DOPPIO PER AMARRO	210	DA
-------------------	-----	----

La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nel Progetto Unificato, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

A seguito delle verifiche di dettaglio, degli armamenti in sospensione, potranno essere utilizzati dei contrappesi agganciati sotto il morsetto di sospensione al fine di rendere stabile la struttura ai fini delle distanze elettriche.

## 6.9 Fondazioni

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:


- a) un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- b) un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- c) un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Per il calcolo di dimensionamento sono state osservate le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni, viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988.

L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M., prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze" che sono le seguenti:

- Tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;
- Tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino

 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 15 di 26</small>

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Come già detto le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate fondazioni speciali (pali trivellati, micropali, tubFix, tiranti in roccia).

Talvolta la scelta della tipologia di fondazione viene valutata in funzione anche delle aree e suoli interessate dai lavori per: gli accessi dei mezzi operativi, la morfologia del terreno, la litologia del terreno, la presenza della falda acquifera, riduzione dei movimenti terra, ed altri elementi che concorrono ad individuare la scelta eventuale di una fondazione di tipologia speciale dedicata.

#### **6.10 Messa a terra dei sostegni**

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, viene scelto il tipo di impianto di messa a terra da installare.

Il Progetto Unificato Terna ne prevede di 6 tipi; tuttavia potranno essere progettati e realizzati anche impianti di messa a terra speciali in linea con quanto previsto dalla norma CEI EN 50341.

#### **6.11 Caratteristiche dei componenti**

Si rimanda alla consultazione dell'Appendice "B" doc. n EEDR04002B817650 Componenti elettrodotti aerei a 132 kV ST".

## 7 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO INTERRATO

### 7.1 Premessa

L'elettrodotto sarà costituito da una terna composta di tre cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 1600 mm<sup>2</sup>.

### 7.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche principali dei cavi e le sezioni tipiche. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori:

Frequenza	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Portata	1000 A

La portata in corrente sopra indicata è conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-17.

### 7.3 Caratteristiche del cavidotto

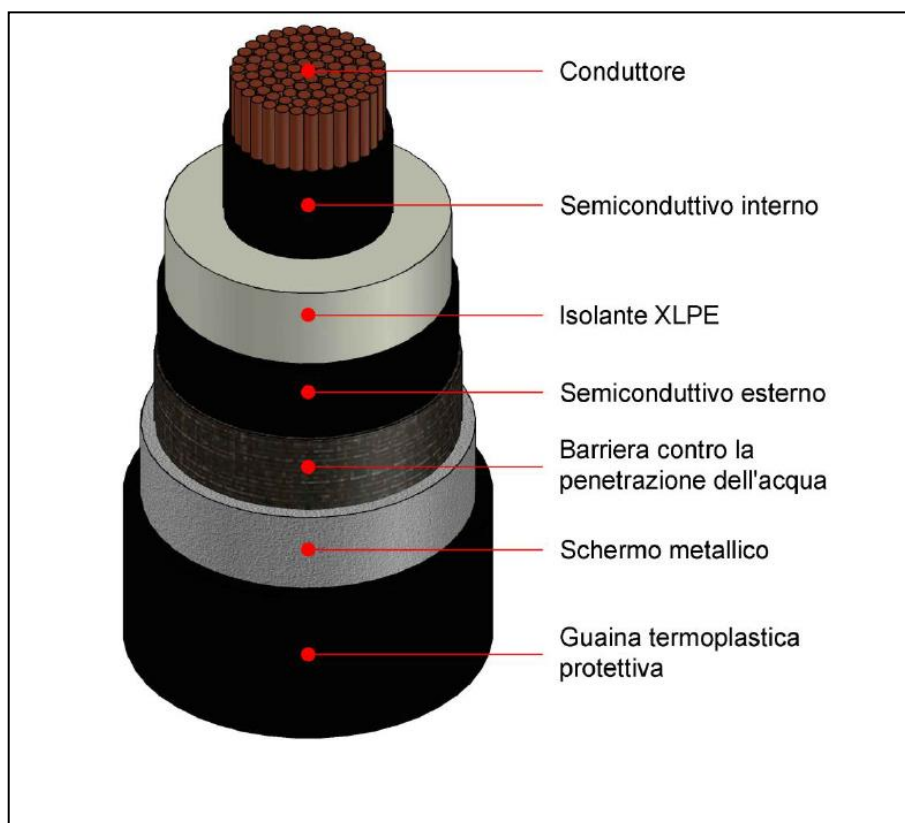
Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche principali dei cavi e le sezioni tipiche. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori:

Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm <sup>2</sup>
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm
Peso cavo	11,2 kg/m

#### 7.3.1 Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione indicativa del cavo che verrà utilizzato:





L'elettrodotto sarà costituito da una terna di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio e/o rame con sezione pari a circa 1600 mm<sup>2</sup>; esso sarà un conduttore di tipo milliken a corda rigida (per le sezioni maggiori), compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato o di alluminio, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, da nastri semiconduttivi igroespandenti. Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di rame o alluminio o a fili di rame ricotto non stagnati, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale, a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterne meccanica.

#### **7.4 Composizione del cavo**

L'elettrodotto è costituito dai seguenti componenti:

- n. 3 conduttori di energia;
- un giunto sezionato circa ogni 500-800 m con relative cassette di sezionamento e di messa a terra (il numero definitivo e la posizione dipenderanno dall'effettiva lunghezza delle pezzature di cavo che verranno determinate in fase di progettazione esecutiva in funzione anche delle interferenze che condizionano il piano di cantierizzazione);
- n. 3 terminali per esterno;
- n. 1 sostegno portaterminale;

- sistema di telecomunicazioni.

## 7.5 Modalità di posa e di attraversamento

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,4 m, con disposizione delle fasi a trifoglio.

Le profondità reali di posa saranno meglio definite in fase di progetto esecutivo dell'opera.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche (f.o.) da 48 fibre per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

Saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di riporto.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Nella fase di posa dei cavi, per limitare al massimo i disagi al traffico veicolare locale, la terna di cavi sarà posata in fasi successive in modo da poter destinare al transito, in linea generale, almeno una metà della carreggiata.

In tal caso la sezione di posa potrà differire da quella normale sia per quanto attiene il posizionamento dei cavi che per le modalità di progetto delle protezioni.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

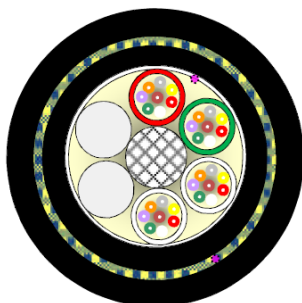
La modalità di collegamento degli schermi metallici sarà definita in sede di progettazione esecutiva.

## 7.6 Sistemi di telecomunicazione

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

Esso sarà costituito da un cavo con 48 fibre ottiche, illustrato nella figura seguente:

Numero Fibre	12 fibre x n.4 tubetti
Diametro esterno	13 mm
Peso cavo	0,13 kg/m



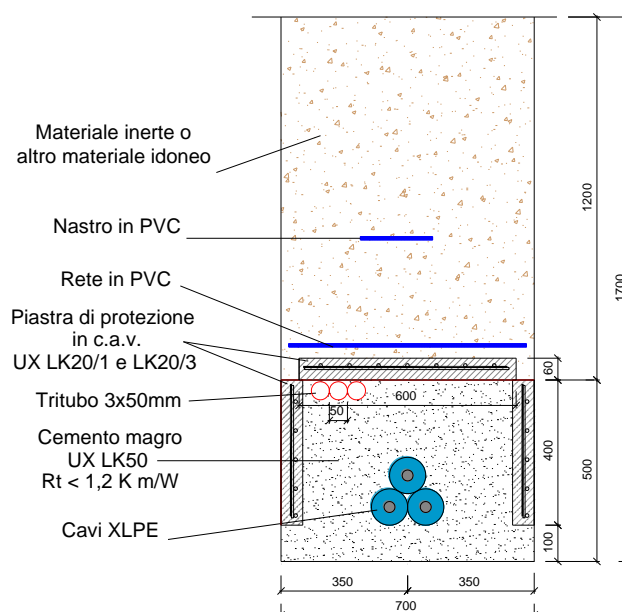
- **Elemento centrale di supporto** : tondino di vetroresina.
- **Tubetti loose**: in materiale termoplastico, contenenti 12 fibre, tamponanti con grasso sintetico.
- **Riunione**: gli elementi necessari per formare il cavo (tubetti e riempitivi) sono cordati con metodo SZ attorno all'elemento centrale.
- **Tenuta longitudinale all'acqua**: materiali igroespandibili tali da garantire la proprietà di non propagazione dell'acqua (dry core water tightness)
- **Filato tagliaguaina**
- **Guaina interna**: polietilene
- **Elementi di tiro non metallici**: filati aramidici e/o vetro
- **Filato tagliaguaina**
- **Guaina esterna**: polietilene

## 7.7 Caratteristiche sezioni di posa e componenti

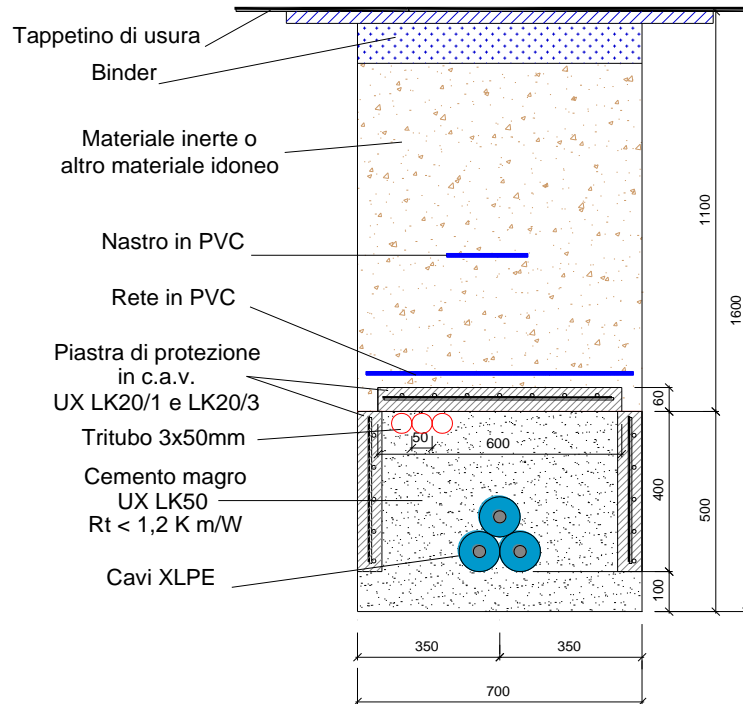
I disegni mostrati di seguito riportano la sezione tipica di scavo e di posa e le modalità tipiche per l'esecuzione degli attraversamenti.

### SEZIONE TIPICA DI SCAVO E DI POSA

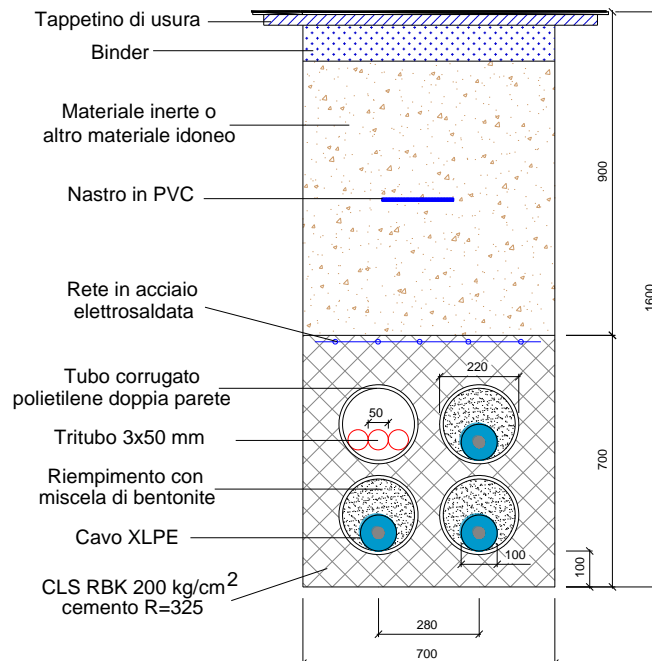
#### ESEMPIO DI POSA A TRIFOGLIO IN TERRENO AGRICOLA



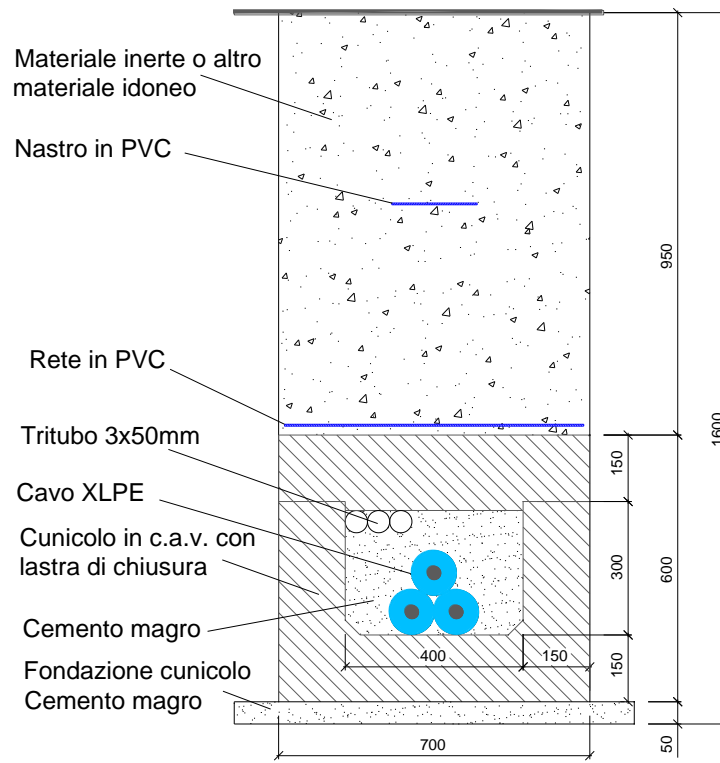
#### ESEMPIO DI POSA A TRIFOGLIO SU SEDE STRADALE

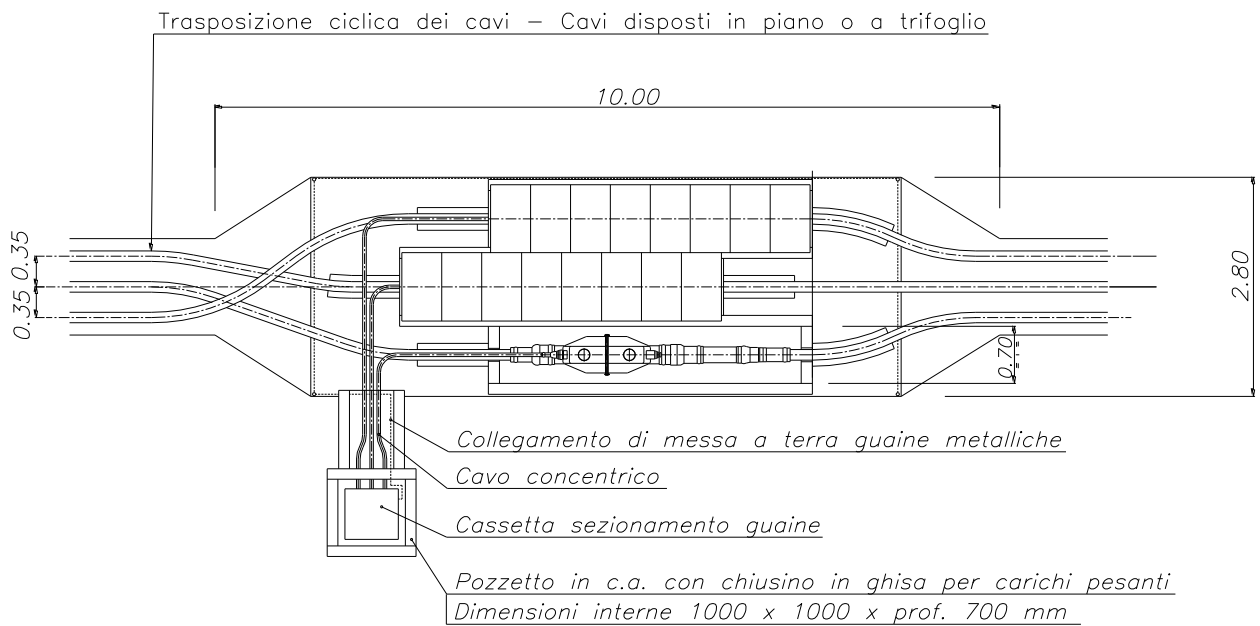
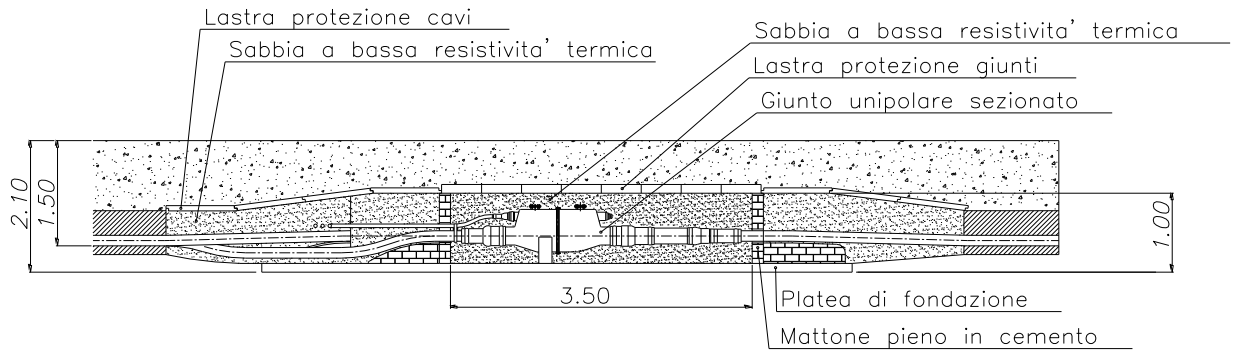


**ESEMPIO DI POSA IN TUBIERA PER ATTRAVERSAMENTI STRADALI**



**ESEMPIO DI POSA IN CUNICOLO**

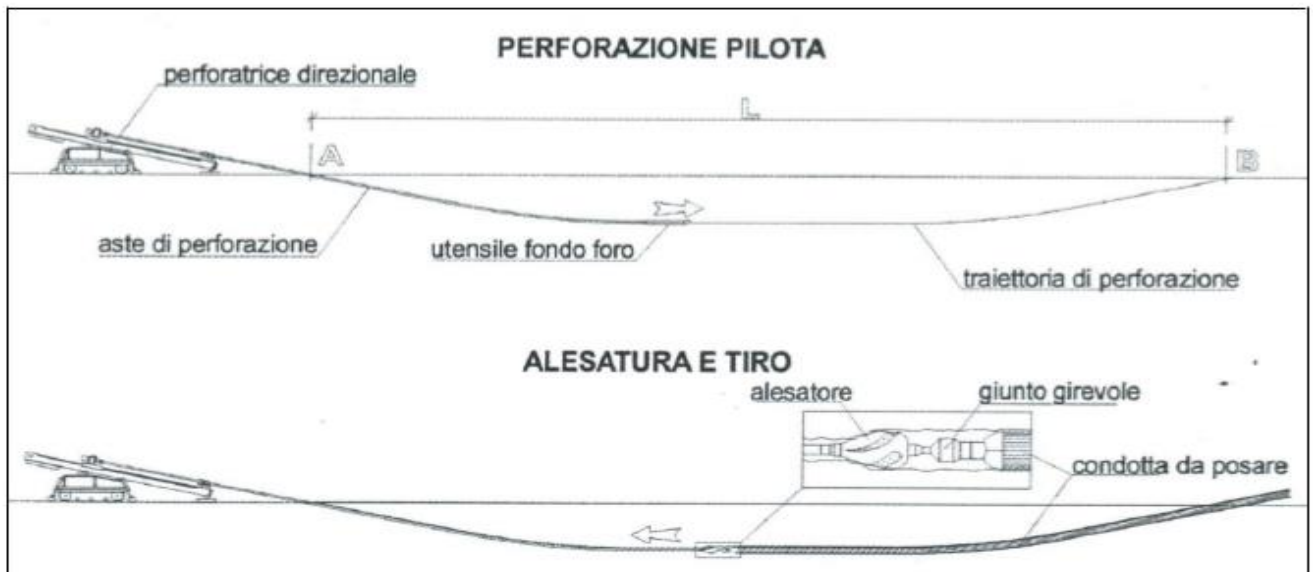




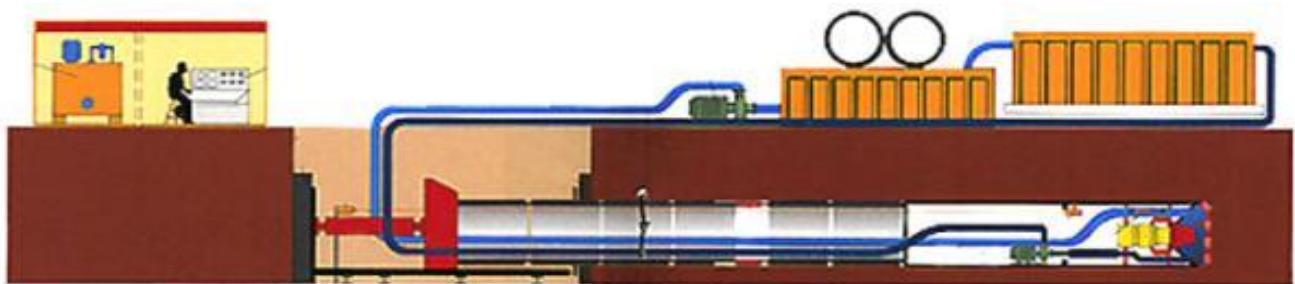
**MODALITA' TIPICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI**

Nel caso in cui non sia possibile eseguire gli scavi per l'interramento del cavo, in prossimità di particolari attraversamenti di opere esistenti lungo il tracciato (strade, viadotti, scotolari, corsi d'acqua, ecc.), potrà essere utilizzato il sistema di attraversamento teleguidato mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) o di perforazione mediante sistema Microtunneling, come rappresentato schematicamente nei disegni sottostanti.

Schematico di Trivellazione Orizzontale Controllata



Schematico di Perforazione con Microtunneling

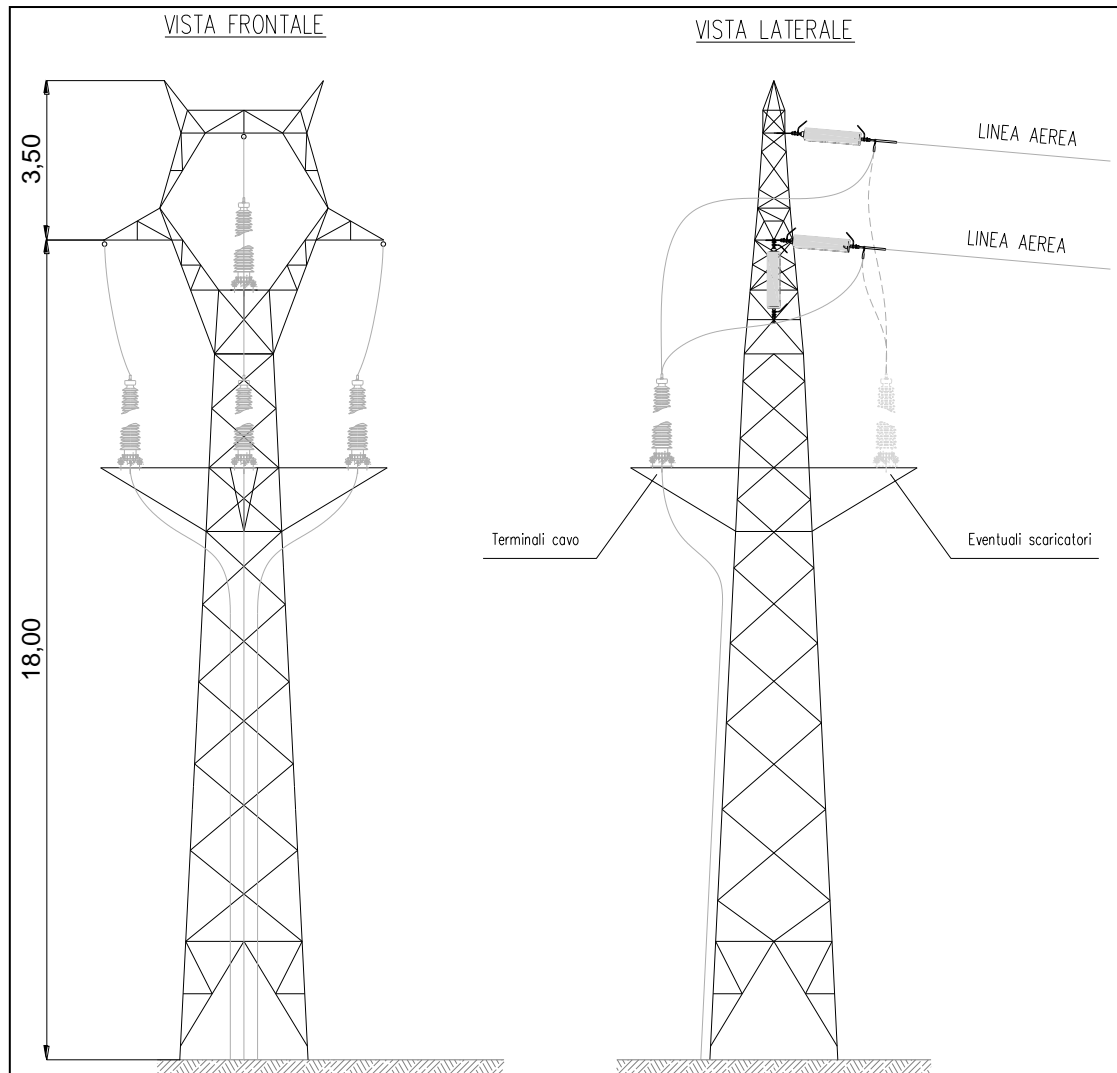


In particolare, per l'attraversamento dei tratti in viadotto si valuterà in sede di progettazione esecutiva l'utilizzo di opere di staffaggio o di una apposita struttura posizionata adiacente il ponte stradale, su cui installare i cavi stesi.

**SOSTEGNO DI TRANSIZIONE AEREO/CAVO CON PORTATERMINALI**

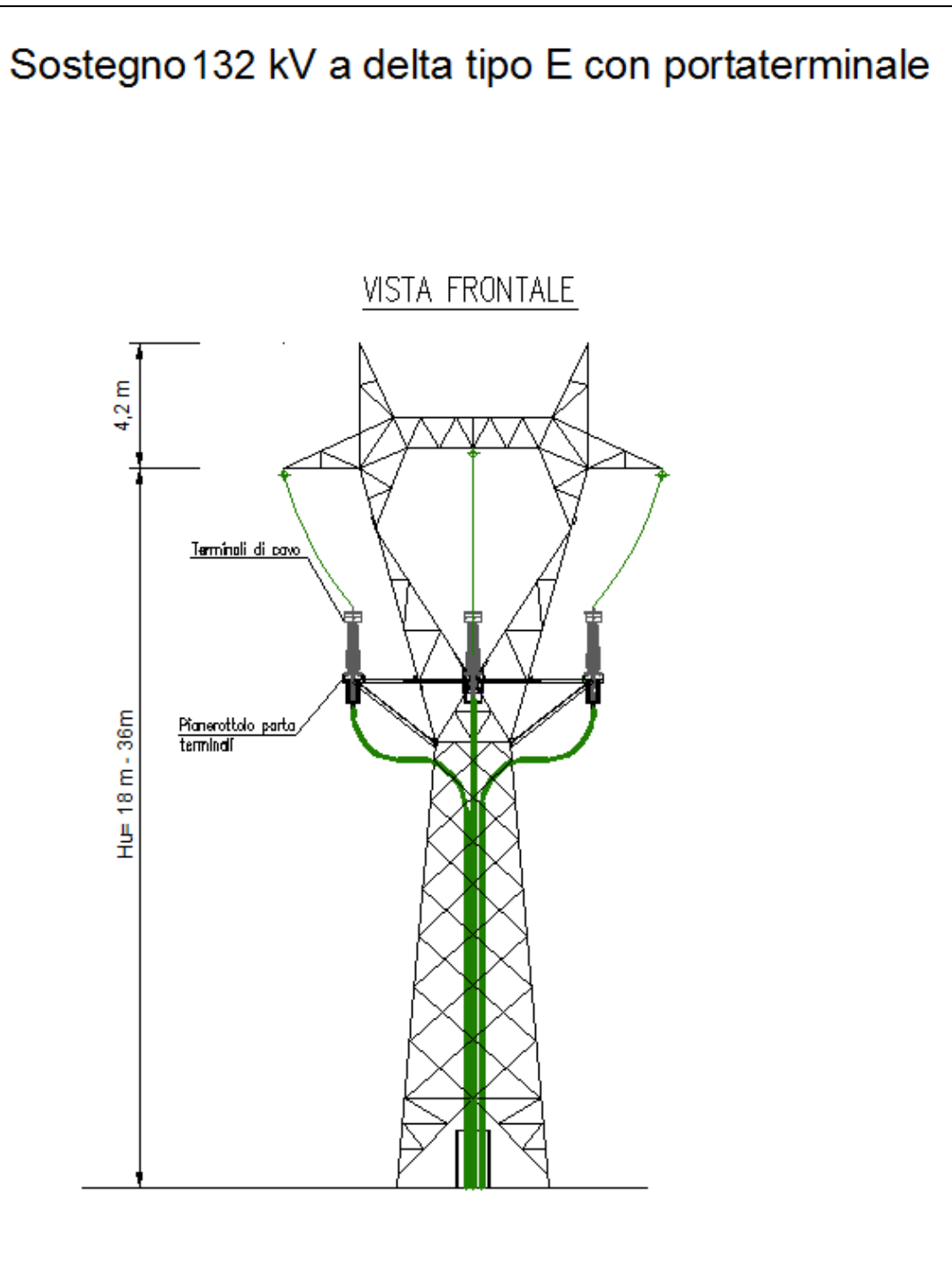
Per la realizzazione del passaggio da elettrodotto aereo a cavo interrato saranno utilizzati un sostegno porta terminale di tipo Gatto e uno tipo delta, opportunamente verificati. I terminali cavo saranno inseriti su una mensola alloggiata sulla struttura del sostegno, come mostrato nello schematico sotto riportato, di carattere puramente indicativo e non esaustivo.


***Sostegno tipo GATTO 132 kV con porta terminale***





*Sostegno tipo EY 132 kV con porta terminale*



 <small>TERNA GROUP</small>	<b>Intervento G</b>	<small>Codifica</small> <b>RGDR13008B817449</b>	
	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	<small>Rev. N° 00</small>	<small>Pag. 26 di 26</small>

## **8 RUMORE**

Si faccia riferimento al capitolo 7 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n. RGDR04002BGL00016.

## **9 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si faccia riferimento al capitolo 8 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n. RGDR04002BGL00016.

## **10 TERRE E ROCCE DA SCAVO**

Si faccia riferimento all’Appendice “G”, “Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti” doc n EGDR04002B817278.

## **11 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

Per l’analisi e i calcoli relativi all’andamento del campo elettrico e del campo magnetico prodotto si faccia riferimento all’Appendice “D” - “Valutazioni sui valori di induzione magnetica e campo elettrico generati” doc. n EGDR04002B817736.

## **12 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento al capitolo 11 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n RGDR04002BGL00016.

## **13 AREE IMPEGNATE**

Si faccia riferimento al capitolo 12 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n RGDR04002BGL00016 e all’Appendice ‘A’ – Aree potenzialmente impegnate – beni soggetti al vincolo preordinato all’esproprio doc. n. EGDR04002B817698.

## **14 FASCE DI RISPETTO**

Si faccia riferimento al capitolo 13 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n RGDR04002BGL00016.

## **15 SICUREZZA NEI CANTIERI**

Si faccia riferimento al capitolo 14 della “Relazione Tecnica Generale” doc. n. RGDR04002BGL00016.