

# “VILLAROSA”

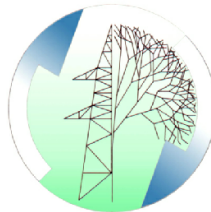
## Progetto di impianto di accumulo idroelettrico Opere di connessione alla RTN Piano Tecnico delle Opere RTN

Comuni di Calascibetta e Villarosa (EN)

### COMMITTENTE



### PROGETTAZIONE



#### GEOTECH S.r.l.

SOCIETA' DI INGEGNERIA  
Via T.Nani, 7 Morbegno (SO)  
Tel. +39 0342610774  
E-mail: info@geotech-srl.it  
Sito: www.geotech-srl.it

Progettista: Ing. Pietro Ricciardini

## Relazione tecnica illustrativa - raccordi RTN



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	Luglio 2022	Geotech S.r.l.	Geotech S.r.l.	Edison S.p.A.
1	EMISSIONE PER INTEGRAZIONI MASE	Luglio 2023	Geotech S.r.l.	Geotech S.r.l.	Edison S.p.A.

Codice commessa: G970

Codifica documento: G970\_DEF\_R\_004\_RTN\_rel\_tec\_ill\_racc\_1-1\_REV01



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PROPONENTE</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CONTESTO E SCOPO DELL’OPERA</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>UBICAZIONE DELL’INTERVENTO</b> .....	<b>4</b>
4.1	OPERE ATTRAVERSAE .....	6
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>6</b>
5.1	RACCORDI AEREI ENTRA-ESCI 380 kV SULLA “CHIARAMONTE GULFI – CIMINNA” .....	6
5.2	RACCORDI INTERRATI ENTRA-ESCI 150 kV SULLA “NICOLETTI– CALTANISSETTA” .....	6
<b>6</b>	<b>CRONOPROGRAMMA</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI ELETTRODOTTI IN PROGETTO</b> .....	<b>7</b>
7.1	ELETTRODOTTI AEREI .....	7
7.1.1	<i>PREMESSA</i> .....	7
7.1.2	<i>CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEGLI ELETTRODOTTI</i> .....	7
7.1.3	<i>DISTANZA TRA I SOSTEGNI</i> .....	7
7.1.4	<i>CONDUTTORI E FUNI DI GUARDIA</i> .....	8
7.1.5	<i>STATO DI TENSIONE MECCANICA</i> .....	8
7.1.6	<i>CAPACITA’ DI TRASPORTO</i> .....	9
7.1.7	<i>SOSTEGNI</i> .....	9
7.1.8	<i>ISOLAMENTO</i> .....	10
7.1.9	<i>MORSETTERIA E ARMAMENTI</i> .....	14
7.1.10	<i>VALUTAZIONE DISTANZA DA ALTRE OPERE</i> .....	15
7.1.11	<i>FONDAZIONI</i> .....	18
7.1.12	<i>MESSA A TERRA DEI SOSTEGNI</i> .....	18
7.2	ELETTRODOTTI INTERRATI .....	19
7.2.1	<i>CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL’ELETTRODOTTO IN CAVO</i> .....	19
7.2.2	<i>COMPOSIZIONE DELL’ELETTRODOTTO</i> .....	19
7.2.3	<i>MODALITA’ DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO</i> .....	19
7.2.4	<i>CARATTERISTICHE ELETTRICHE / MECCANICHE DEL CONDUTTORE DI ENERGIA</i> .....	30
7.2.5	<i>BUCHE GIUNTI</i> .....	31



7.2.6	TERMOSONDE.....	34
7.2.7	SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE.....	34
7.2.8	TERMOSONDE.....	35
7.2.9	SEGNALAZIONE DEL CAVO.....	35
7.3	PROVE E COLLAUDI.....	35
<b>8</b>	<b>RUMORE.....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE.....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>TERRE E ROCCE DA SCAVO.....</b>	<b>36</b>
<b>11</b>	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI.....</b>	<b>36</b>
11.1	RICHIAMI NORMATIVI.....	36
11.2	FASCE DI RISPETTO.....	36
11.3	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI.....	37
<b>12</b>	<b>AREE IMPEGNATE.....</b>	<b>37</b>
<b>13</b>	<b>SICUREZZA NEI CANTIERI.....</b>	<b>37</b>
<b>14</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>37</b>



## 1 PREMESSA

Il presente documento redatto dalla Società d'Ingegneria GEOTECH S.r.l., con sede in via Nani, 7 a Morbegno (SO) costituisce la relazione tecnica illustrativa del Piano Tecnico delle Opere relativa a:

- gli elettrodotti aerei 380 kV entra-esce per il raccordo tra la linea autorizzata e in fase di progettazione esecutivo “Chiamonte Gulfi – Ciminna” e la futura Stazione Elettrica 380 kV della RTN “Calascibetta”. I raccordi aerei sono previsti nel comune di Calascibetta facente parte del Libero Consorzio dei comuni di Enna
- gli elettrodotti in cavo interrato 150 kV entra-esce per il raccordo tra la linea esistente “Nicoletti-Caltanissetta” e la futura Stazione Elettrica 380 kV della RTN “Calascibetta”. I raccordi interrati sono previsti nei comuni di Calascibetta e Villarosa facenti parte del Libero Consorzio dei comuni di Enna

**Oggetto della presente relazione tecnica illustrativa è la descrizione degli aspetti tecnici specifici dell'intervento relativo ai raccordi aerei “SE Chiamonte Gulfi – SE Calascibetta” e “SE Calascibetta – SE Ciminna” e ai raccordi interrati “SE Caltanissetta – SE Calascibetta” e “SE Calascibetta-SE Nicoletti”.**

**Il presente elaborato viene emesso in revisione per accogliere le modifiche progettuali dell'impianto di pompaggio e adeguare pertanto il tracciato del cavo interrato 380 kV di utenza per la connessione dell'impianto alla RTN. A seguito della ricezione della STMG da parte di Terna, viene inoltre adeguato il progetto delle opere RTN al fine di ottemperare a quanto richiesto dal gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.**

La STMG (Codice Pratica 202201570) ricevuta con nota prot. P20220088693 del 11.10.2022, prevede che lo schema di allacciamento dell'impianto di pompaggio venga collegato in antenna a 380 kV con la sezione 380 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN da inserire in entra – esce al futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiamonte Gulfi – Ciminna” previsto nel Piano di Sviluppo Terna cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Calascibetta. A seguito di un tavolo tecnico tenutosi tra tutti i produttori con la medesima soluzione di connessione, si è convenuto con Terna di prevedere una stazione elettrica 380/150/36 kV.

A seguito della STMG sopra descritta, le opere RTN vengono pertanto integrate con:

- L'inserimento di una sezione 150 kV nella Stazione Elettrica
- L'inserimento di una sezione 36 kV nella Stazione Elettrica
- I raccordi entra-esce in cavo interrato tra la Stazione Elettrica suddetta e la linea aerea esistente 150 kV “Nicoletti – Caltanissetta”.

## 2 PROPONENTE

Edison, con più di 130 anni di storia, è la società energetica più antica d'Europa ed è oggi uno dei principali operatori energetici in Italia, attivo nella produzione e vendita di energia elettrica, nell'approvvigionamento, vendita e stoccaggio di gas naturale, nella fornitura di servizi energetici, ambientali al cliente finale nonché nella progettazione, realizzazione, gestione e finanziamento di impianti e reti di teleriscaldamento a biomassa legnosa e/o gas o biogas.

Attualmente Edison è il terzo operatore italiano per capacità elettrica installata con 6,5 GW di potenza e copre circa il 7% della produzione nazionale di energia elettrica. Il parco di produzione di energia elettrica di Edison è costituito da oltre 200 impianti, tra cui centrali idroelettriche (64 mini-idro), 50 campi eolici e 64 fotovoltaici e 14 cicli combinati a gas (CCGT) che permettono di bilanciare l'intermittenza delle fonti rinnovabili.



Oggi opera in Italia, Europa e Bacino del Mediterraneo impiegando circa 5.000 persone.

Edison è impegnata in prima linea nella sfida della transizione energetica, attraverso lo sviluppo della generazione rinnovabile e low carbon, i servizi di efficienza energetica e la mobilità sostenibile, in piena sintonia con il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) e gli obiettivi definiti dal Green Deal europeo. Nell'ambito della propria strategia di transizione energetica, Edison punta a portare la generazione da fonti rinnovabili al 40% del proprio mix produttivo entro il 2030, attraverso investimenti mirati nel settore (con particolare riferimento all'idroelettrico, all'eolico ed al fotovoltaico).

Con riguardo al settore idroelettrico, Edison è attiva nella produzione di energia elettrica attraverso la forza dell'acqua da oltre 120 anni quando, sul finire dell'800, ha realizzato le prime centrali idroelettriche del Paese che sono tutt'ora in attività. L'energia rinnovabile dell'acqua rappresenta la storia ma anche un pilastro del futuro della Società, impegnata a consolidare e incrementare la propria posizione nell'ambito degli impianti idroelettrici e a cogliere ulteriori opportunità per contribuire al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

### **3 CONTESTO E SCOPO DELL'OPERA**

Oggetto del presente Piano Tecnico delle Opere sono:

- i raccordi aerei 380 kV della RTN che permettono il collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'elettrodotto autorizzato e in fase di progettazione esecutiva "Chiaromonte Gulfi – Ciminna"
- i raccordi interrati 150 kV della RTN che permettono il collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'elettrodotto esistente 150 kV "Nicoletti-Caltanissetta".

Tali opere sono necessarie per il collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di un impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio, per una potenza massima pari a circa 270 MW in fase di generazione e circa 280 MW in fase di pompaggio, da realizzarsi nei territori comunali di Calascibetta, Enna e Villarosa, in provincia di Enna, da parte della società Edison S.p.A. in qualità di proponente. Il pompaggio avverrà tra l'invaso esistente di Villarosa (diga di Morello) e un bacino di nuova realizzazione nel comune di Villarosa facente parte del territorio del Libero Consorzio Comunale di Enna.

Si prevede pertanto la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica 380/105/36 kV della RTN nel Comune di Calascibetta ("SE Calascibetta") da collegare alla Sottostazione elettrica (Stazione Utente) 380/20 kV in progetto "Villarosa" mediante un elettrodotto in cavo interrato 380 kV. La stazione "Calascibetta" viene poi collegata alla RTN con un raccordo aereo 380 kV entra-esci sulla linea in progetto autorizzata "Chiaromonte Gulfi – Ciminna" e un raccordo in cavo interrato 150 kV entra-esci sulla linea esistente "Nicoletti-Caltanissetta".

### **4 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO**

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, regionale e comunale vigente in materia. Il percorso dell'elettrodotto è stato studiato bilanciando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

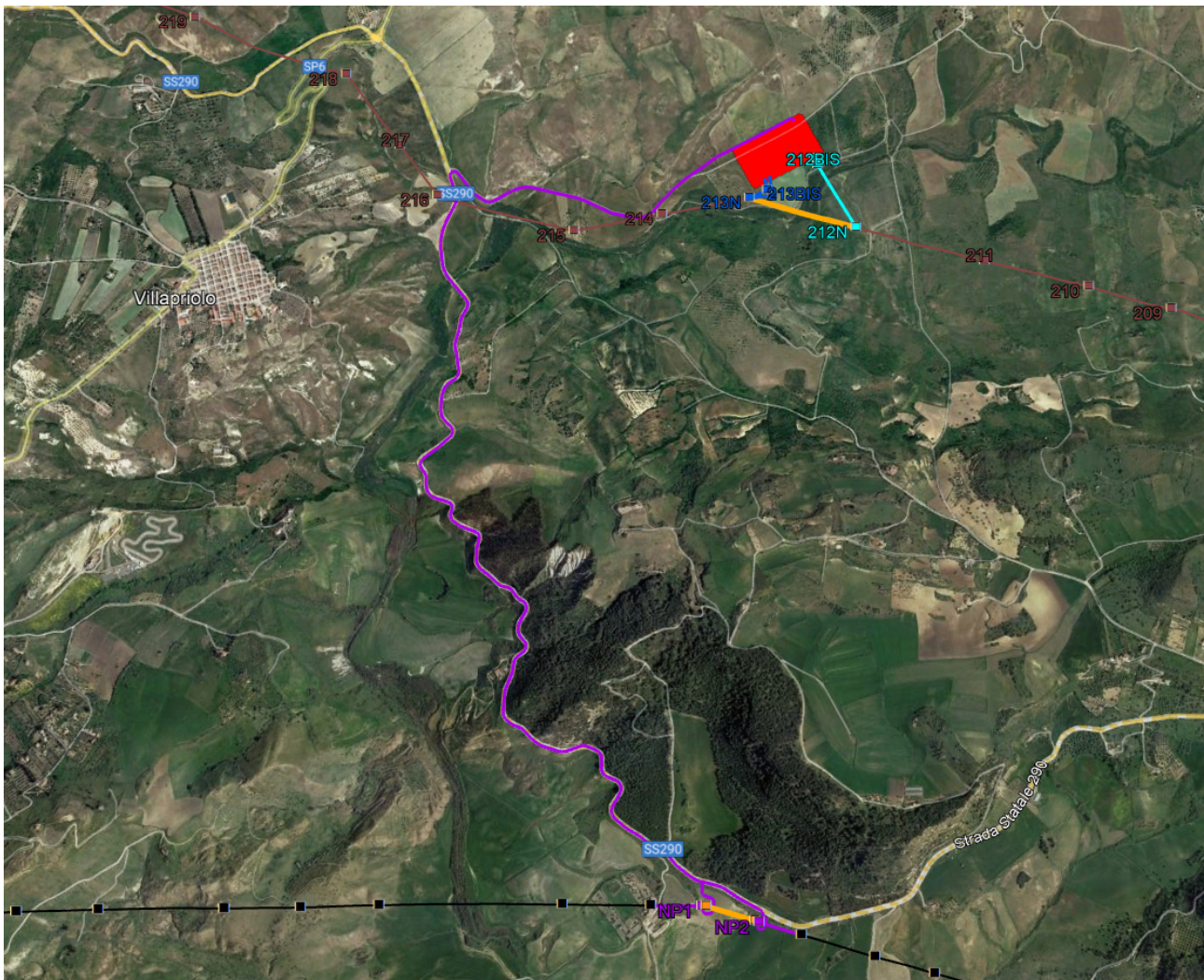
- Contenere per quanto possibili la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile del territorio;
- Minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- Recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura 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.

Gli elettrodotti aerei di raccordo sono entrambi previsti nel comune di Calascibetta. Di seguito si riporta un estratto Google Earth che identifica l'opera in progetto.



*Inquadramento degli elettrodotti aerei 380 kV (blu e azzurro) e interrati 150 kV (viola) di raccordo su base Google Earth – in rosso l'area della SE in progetto "Calascibetta"*

Per un maggior dettaglio si rimanda alle tavole:

- "Corografia di progetto CTR" (cod. G970\_DEF\_T\_002\_RTN\_coro\_prog\_CTR\_1-1\_REV01);
- "Corografia di progetto - ortofotocarta" (cod. G970\_DEF\_T\_003\_RTN\_coro\_prog\_ortofoto\_1-1\_REV01).



## 4.1 OPERE ATTRAVERSATE

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo degli enti competenti è riportato nell'elaborato "Elenco opere attraversate" (cod. G970\_DEF\_E\_009\_RTN\_elenco\_op\_attr\_1-1\_REV01). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati nella planimetria in scala 1:5.000 dell'elaborato "Corografia opere attraversate" (cod. G970\_DEF\_T\_010\_RTN\_coro\_op\_attr\_1-1\_REV01).

## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE

### 5.1 RACCORDI AEREI ENTRA-ESCI 380 kV SULLA "CHIARAMONTE GULFI – CIMINNA"

Come già dettagliato in precedenza, per poter connettere l'elettrodotto aereo 380 kV in doppia terna autorizzato e non ancora realizzato "Chiaromonte Gulfi – Ciminna" alla Stazione Elettrica in progetto di Calascibetta, è necessario un entra-esce della linea stessa consistente nell'adeguamento di una campata (quella comprese tra i sostegni P. 212E e P.213E) e il collegamento dei due rami che ne derivano alla futura SE. Tale collegamento avverrà come di seguito descritto:

- Dal sostegno autorizzato P.212E (da sostituirsi con il P.212N in progetto nella medesima posizione a sostituzione) partirà una campata in conduttori trinati (lunga 290 m circa) fino al sostegno in progetto P.212BIS. Da qui parte una doppia campata in conduttore binato (lunghe 50 m circa ciascuna) che arriva fino ai due portali della futura SE; tale raccordo prende il nome di "SE Ciminna-SE Calascibetta";
- Dal sostegno autorizzato P.213E (da sostituirsi con il P.213N in progetto nella medesima posizione a sostituzione) partirà una doppia campata in conduttore trinato fino ai sostegni in progetto P.213BIS e P.213TER (lunghe circa 75 e 90 m rispettivamente). Da ciascuno di questi ultimi due, partirà una campata in conduttore binato che arriva fino ai due portali della futura SE. La campata a Ovest (sul P.213BIS) sarà lunga 50 m circa mentre quella a EST circa 82 m; tale raccordo prende il nome di "SE Calascibetta – SE Chiaromonte Gulfi".

I sostegni ricadono in aree prevalentemente agricole, adibite a prato/pascolo o coltivazioni ma comunque lontane da centri abitati.

### 5.2 RACCORDI INTERRATI ENTRA-ESCI 150 kV SULLA "NICOLETTI- CALTANISSETTA"

Per poter connettere l'elettrodotto aereo 150 kV esistente della RTN alla Stazione Elettrica in progetto di Calascibetta, è necessario un entra-esce della linea stessa previsto in cavo interrato.

Il cavo partirà dalla futura SE Terna e avrà un andamento E-O prima e NNO-SSE poi fino ad arrivare alla risalita sui pali di transizione aereo-cavo. La prima parte del tracciato del cavo, quello che dall'uscita dalla SE arriva fino alla progressiva chilometrica 0+500, è previsto su un tratto di strada di nuova realizzazione che andrà a sostituirla una attualmente esistente; per posizionare la futura SE coerentemente con l'assetto vincolistico dell'area e l'ingombro tecnico minimo necessario, è stato infatti necessario prevedere la modifica di un tratto della strada comunale che collega la S.S. 290 "di Alimena" alla contrada Sambuco (per i dettagli in merito si rimanda alla relazione tecnica della Stazione Elettrica). Dalla pk 0+500 il cavo è previsto in posa sul sedime della strada comunale sopra citata fino a raggiungere la S.S. 290 (pk 1+600). Qui il cavo verrà posato sulla Strada Statale stessa, in direzione "Catanese", fino a poco dopo il bivio che porta a Masseria Gaspa. Alla pk 4+950 il tracciato dei due cavidotti (fino a qui posati nello stesso scavo) si separa:

- Quello della "SE Caltanissetta – SE Calascibetta" dopo 210 m circa viene posato lungo il terreno agricolo a Sud della SS fino a giungere al palo di transizione aereo-cavo previsto in costruzione circa 10 m a Ovest rispetto al palo esistente (e previsto in demolizione). La parte di elettrodotto aereo tra tale nuovo sostegno e il precedente esistente, verrà ritestato.
- Quello della "SE Calascibetta – SE Nicoletti" dopo 450 m circa viene posato lungo il terreno agricolo a Sud della SS fino a giungere al palo di transizione aereo-cavo previsto in costruzione



circa 10 m a Est rispetto al palo esistente (e previsto in demolizione). La parte di elettrodotto aereo tra tale nuovo sostegno e il successivo esistente, verrà ritestato.

I primi 3,8 km circa di cavo saranno nel comune di Calascibetta e i restanti circa 1,7 km nel comune di Villarosa.

## **6 CRONOPROGRAMMA**

Il programma di massima dei lavori è riportato nel capitolo 7 dell'elaborato "Relazione tecnica generale" (cod. G970\_DEF\_R\_002\_Rel\_tec\_gen\_1-1\_REV01).

## **7 CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI ELETTRODOTTI IN PROGETTO**

### **7.1 ELETTRODOTTI AEREI**

#### **7.1.1 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 sarà realizzata con sostegni di elevate prestazioni meccaniche del tipo troncopiramidali. I sostegni saranno realizzati con angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. La palificata sarà armata con tre fasi (semplice terna) o sei fasi (doppia terna), ciascuna composta da 3 conduttori di energia in fascio trinato, e due corde di guardia.

Per le caratteristiche tecniche degli elementi di impianto descritti nei paragrafi seguenti si rimanda all'elaborato "Relazione elementi tecnici di impianto - elettrodotti aerei" (cod. G970\_DEF\_R\_015\_RTN\_rel\_tecnici\_elet\_1-1\_REV00).

#### **7.1.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEGLI ELETTRODOTTI**

Le caratteristiche elettriche degli elettrodotti di raccordo sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	380 kV
Portata in servizio normale secondo CEI 11-60 (Zona A)	2.955 A

La portata in corrente sopra indicata è conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60 per elettrodotti a 380 kV in zona A.

#### **7.1.3 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 attesta intorno ai 400 m in media.





#### **7.1.4 CONDUTTORI E FUNI DI GUARDIA**

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da un fascio di 3 conduttori (trinato) o 2 conduttori (binato) collegati fra loro da distanziatori. Ciascun conduttore di energia sarà costituito come di seguito descritto:

- Per le campate in conduttore trinato: da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm<sup>2</sup> 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;
- Per le campate in conduttore binato: da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 999,70 mm<sup>2</sup> composta da n.91 fili del diametro di 3,74 mm con un diametro complessivo di 41,1 mm.

Il carico di rottura teorico del conduttore (secondo quanto previsto dalla norma CEI 7-11) sarà di 16.852 daN per il conduttore trinato e 14.468 daN per il conduttore binato.

I franchi minimi dei conduttori da terra sono riferiti alla condizione di massima freccia MFB.

In ogni caso i conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 12 arrotondamento per eccesso di quella minima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una fune di guardia di acciaio rivesto di alluminio del diametro complessivo di 11,5 mm.

#### **7.1.5 STATO DI TENSIONE MECCANICA**

E' stato fissato il tiro dei conduttori e delle corde di guardia 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 una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro risulta, ovviamente, funzione della campata equivalente di ciascuna tratta.

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;
- 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;
- MFE – Condizione eccezionale: +55°C, in assenza di vento e ghiaccio e conduttore a 75°C.

La linea in oggetto è in "ZONA A".



Nel seguente prospetto sono riportati i valori dei tiri in EDS per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura. Tali valori tengono delle condizioni climatiche particolarmente gravose presenti nell'area di intervento.

- ZONA A EDS = 3.500 daN -21% per il conduttore ACSR  $\Phi$  31,50 mm. Il corrispondente valore di EDS per la corda di guardia è stato fissato con il criterio di avere un parametro del 12% più elevato, rispetto a quello del conduttore, nella stessa condizione di EDS.

Per fronteggiare le conseguenze dell'assestamento dei conduttori si rende necessario aumentare il tiro all'atto della posa. Ciò si ottiene introducendo un decremento fittizio di temperatura  $\Delta \theta$  nel calcolo delle tabelle di tesatura.

Si sottolinea che la distribuzione dei sostegni e il tiro impiegato (e i relativi TPL) sul conduttore saranno scelti in modo tale da mantenere le sollecitazioni interne al campo di utilizzazione previsto dall'Unificato Terna.

#### 7.1.6 CAPACITA' DI TRASPORTO

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase. 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. Il progetto dell'elettrodotto in oggetto è stato sviluppato nell'osservanza delle distanze di rispetto previste dalle Norme vigenti, sopra richiamate, pertanto le portate in corrente da considerare sono le stesse indicate nella Norma CEI 11-60.

Per l'elettrodotto il valore di portata da considerare a pari a 2.955 A

#### 7.1.7 SOSTEGNI

I sostegni che tipicamente saranno utilizzati sono del tipo a traliccio in semplice e doppia terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati, raggruppati in elementi strutturali. Ogni sostegno è costituito da un numero diverso di elementi strutturali in funzione della sua altezza. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature è stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego in "Zona A".

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 inferiore a 61 m e pertanto, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, non risulta necessaria la verniciatura del terzo superiore dei sostegni e l'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Ciascun sostegno si può considerare composto dagli elementi strutturali: mensole, parte comune, tronchi, base e piedi. 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. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

L'elettrodotto a 380 kV sarà quindi realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate 'altezze utili' (di norma vanno da 15 a 42 m).

I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali, con riferimento al conduttore utilizzato in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti:

- Sostegni 380 kV doppia terna a traliccio – Serie tiro pieno



### EDS 21% – ZONA A

Tipo	Altezza	Campata media	Angolo deviazione	Costante altimetrica
“E” Eccezionale impiegato come capolinea	15 ÷ 42 m	400 m	75°	0,3849
“E” Eccezionale	15 ÷ 42 m	400 m	17° 27'	0,3849

- Sostegni 380 kV semplice terna a traliccio – Serie tiro pieno

### EDS 21% – ZONA A

Tipo	Altezza	Campata media	Angolo deviazione	Costante altimetrica
“E” Eccezionale impiegato come capolinea	15 ÷ 42 m	400 m	50°	0,3849

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.

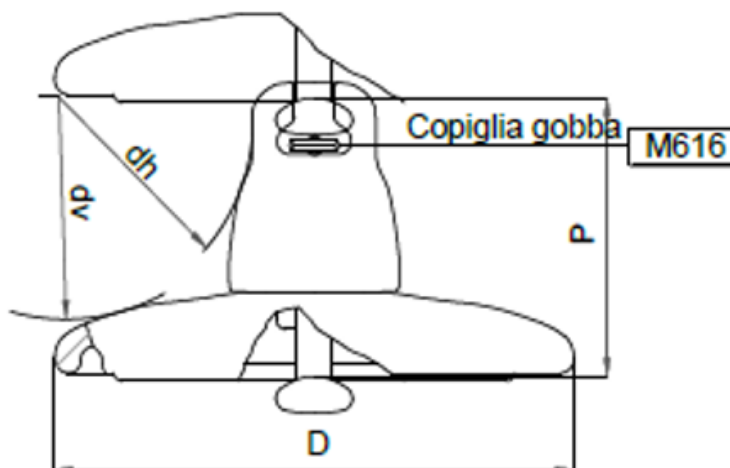
#### 7.1.8 ISOLAMENTO

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 420 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 70 kN del tipo “normale”, connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo. Le catene di sospensione saranno del tipo a V o ad L (doppie) mentre le catene in amarro saranno tre in parallelo.



### 7.1.8.1 Caratteristiche geometriche

Nella tabella UXLJ1 e UXLJ2 allegata sono riportate le caratteristiche geometriche tradizionali ed inoltre le due distanze “dh” e “dv” (vedi figura seguente) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.



### 7.1.8.2 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 di seguito 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 sostante inquinanti;</li><li>• Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte.</li></ul>	160
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, soggetta a intensi fenomeni di condensazione.</li></ul>	(*)

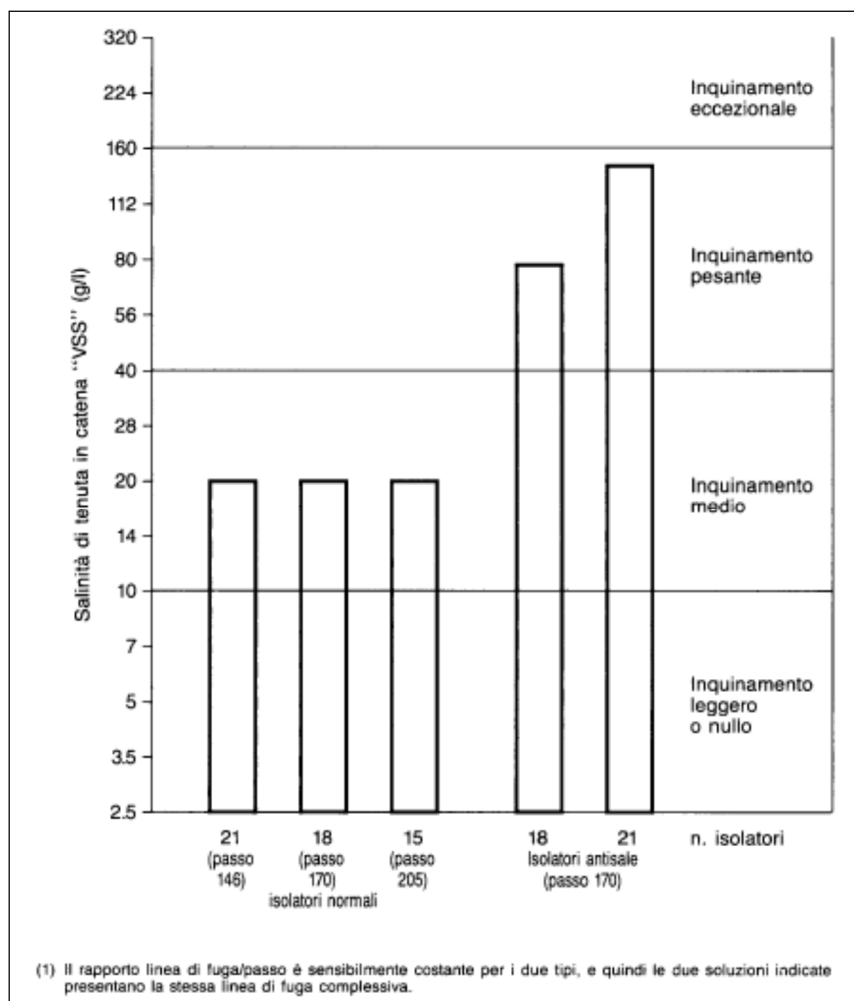
- (1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.
- (2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del 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 e dalle 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 del comportamento in ambiente inquinato.*

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico leggero, si è scelto l'utilizzo di isolatori a cappa e perno del tipo normale (LIN\_000000J2) per tutti gli armamenti in sospensione e per gli armamenti in amarro.



Il numero degli elementi può essere aumentato fino a 21 (sempre per ciò che riguarda gli armamenti VSS) coprendo così quasi completamente le zone ad inquinamento "pesante". In casi eccezionali si potranno adottare soluzioni che permettono l'impiego fino a 25 isolatori "antisale" da montare su speciali sostegni detti a "a isolamento rinforzato". Con tale soluzione, se adottata in zona ad inquinamento eccezionale, si dovrà comunque ricorrere ad accorgimenti particolari quali lavaggi periodici, ingrassaggio, ecc.

Le considerazioni fin qui esposte vanno pertanto integrate con l'osservazione che gli armamenti di sospensione diversi da VSS hanno prestazioni minori a parità di isolatori. E precisamente:

- Gli armamenti VDD, LSS, LDS presentano prestazioni inferiori di mezzo gradino della scala di salinità;
- Gli armamenti LSD, LDD (di impiego molto eccezionale) presentano prestazioni inferiori di 1 gradino della scala di salinità;



- Gli armamenti di amarro, invece, presentano le stesse prestazioni dei VSS.

Tenendo presente, d'altra parte, il carattere probabilistico del fenomeno della scarica superficiale, la riduzione complessiva dei margini di sicurezza sull'intera linea potrà essere trascurata se gli armamenti indicati sono relativamente pochi rispetto ai VSS (per esempio 1 su 10). Diversamente se ne terrà conto nello stabilire la soluzione prescelta, ad esempio si passerà agli "antisale" prima di quanto si sarebbe fatto in presenza dei soli armamenti VSS.

## 7.1.9 MORSETTERIA E ARMAMENTI

### 7.1.9.1 Conduttori

Gli elementi di morsetteria per linee a 380 kV sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

A seconda dell'impiego previsto sono stati individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti in sospensione:

- 120 kN utilizzato per le morse di sospensione.
- 210 kN utilizzato per i rami semplici degli armamenti di sospensione e dispositivo di amarro di un singolo conduttore.
- 360 kN utilizzato nei rami doppi degli armamenti di sospensione.

Le morse di amarro sono invece state dimensionate in base al carico di rottura del conduttore.

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 380 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente.

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA (kN)		SIGLA
		Ramo 1	ramo 2	
a "V" semplice	380/1	210	210	VSS
a "V" doppio	380/2	360	360	VDD
a "L" semplice-	380/3	210	210	LSS
a "L" semplice-doppio	380/4	210	360	LSD
a "L" doppio-semplce	380/5	360	210	LDS
a "L" doppio	380/6	360	360	LDD
triplo per amarro	385/1	3 x 210		TA
doppio per amarro	387/2	2 x 120		DA
ad "I" per richiamo collo morto	392/1	30		IR



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.

#### **7.1.9.2 Fune di guardia**

Gli equipaggiamenti per la fune di guardia sono dettagliati graficamente nel documento di progetto “Relazione elementi tecnici d’impianto” (cod. G970\_DEF\_R\_015\_RTN\_rel\_tecnici\_elet\_1-1\_REV00).

Nello specifico, essendo prevista l’installazione di una fune di guardia acciaio rivestita di alluminio, sono previsti tre tipi di equipaggiamento riassunti nella tabella di seguito.

<b>EQUIPAGGIAMENTO</b>	<b>TIPO</b>	<b>CARICO DI ROTTURA (kN)</b>	<b>SIGLA</b>
AMARR	Equipaggiamento di amarro	106	LM253
SOSP	Equipaggiamento di sospensione	72,5	LM202
	Dispositivo per la biforcazione della corda di guardia	106	LM262
	Equipaggiamento di amarro su sostegni capolinea	106	LM266

#### **7.1.10 VALUTAZIONE DISTANZA DA ALTRE OPERE**

Per quanto riguarda la verifica, nella zona interessata, non esistono condizioni particolari di verifica con sovraccarichi eccezionali.

La costruzione delle linee elettriche aeree esterne è regolata dalla legge 28 Giugno 1986 n. 339 e dal suo regolamento di esecuzione D.M. LL.PP. 21 Marzo 1988 e successivi aggiornamenti apportati con D.M. 16 Gennaio 1991 e 5 Agosto 1998. Le suddette leggi sono state recepite dalla Norma CEI 11-4 (V° ed. del 1998). Le prescrizioni tecniche sono relative alle ipotesi di carico da considerare, alle prestazioni dei componenti la linea (sostegni, conduttori, morsetteria, ecc...), alle distanze di rispetto dei sostegni e dei conduttori da altre opere vicine o attraversate, (in funzione delle ipotesi di carico suddette) dal suolo e dalla vegetazione.



L'assetto e le sollecitazioni del conduttore devono essere calcolati nelle ipotesi indicate nella tabella seguente.

<b>Condiz.</b>	<b>Temper.</b>	<b>Vento tras.</b>	<b>Sp. Ghiac.</b>	<b>Prescrizioni per linee 3° classe</b>
EDS	15°C	0	0	Tiro max < del 25% carico rottura
MSA	-5°C	130 km/h	0	Tiro max < del 50% carico rottura
MSB	-20°C	65 km/h	12 mm	Tiro max < del 50% carico rottura
MFA	55°C	0	0	Rispetto franchi sul terreno ecc.
MFB	40°C	0	0	Rispetto franchi sul terreno ecc
MFE	180°C	0	0	Rispetto franchi sul terreno ecc

Legenda:

- EDS sollecitazione di ogni giorno (every day stress)
- MSA massima sollecitazione in zona A
- MSB massima sollecitazione in zona B
- MFA massima freccia in zona A
- MFB massima freccia in zona B
- MFE massima freccia eccezionale

Le prescrizioni relative al rispetto dei franchi e delle distanze da altre opere sono riassunte nelle tabelle seguenti:

- Ipotesi di calcolo ai fini dell'applicazione delle distanze di rispetto per i conduttori (DM 21/03/1988 art. 2.2.04)

<b>CONDIZIONE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>VENTO TRASV.</b>	<b>GHIACCIO</b>
MFA	55°C	0	0



- Distanze di rispetto dai conduttori (DM 21/03/1988 artt. 2.1.05 e 2.1.06)

<b>CONDIZIONE DI CALCOLO</b>	<b>DISTANZA DA</b>	<b>VALORI DI LEGGE</b>
MFA	Autostrade, strade statali e provinciali, ferrovie	12,70 m
MFA	Linee elettriche MT o BT	7,20 m
MFA	Linee telecomunicazioni	7,20 m
MFA	Sostegni di altre linee	8,70 m
MFA	Terreno e acque non navigabili	7,78 m

- Distanze di rispetto dei sostegni (DM 21/03/1988 art. 2.1.07)

<b>CONDIZIONE DI CALCOLO</b>	<b>DISTANZA DA</b>	<b>VALORI DI LEGGE</b>
-	Confine strada statale	15,00 m
-	Confine strada provinciale	7,00 m
-	Confine strada comunale	3,00 m

- Distanze di rispetto dei sostegni (DM 21/03/1988 art. 2.1.07)

<b>CONDIZIONE DI CALCOLO</b>	<b>DISTANZA DA</b>	<b>VALORI DI LEGGE</b>
-	Gasdotti con pressione uguale o maggiore di 25 atm	6,00 m
-	Oleodotti e gasdotti eserciti con pressione minore di 25 atm	2,00 m





- Angoli di incrocio (DM 88 art- 2.1.10)

ANGOLO DI INCROCIO DELLA LINEA	VALORE DI LEGGE MINIMO
Con ferrovie, strade statali, autostrade	15°

### 7.1.11 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 tipologie di fondazioni adottate per i sostegni a traliccio sopra descritti, possono essere così raggruppate:

TIPOLOGIA SOSTEGNO	FONDAZIONE	TIPOLOGIA FONDAZIONE
Traliccio	Superficiale	Tipo CR o platea
	Profonda	Pali trivellati
		Micropali tipo tubfix

Le fondazioni superficiali sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, mentre nel caso di presenza di terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili vengono progettate fondazioni speciali (pali trivellati, micropali, tubFix,).

La scelta della tipologia fondazionale viene sempre condotta in funzione dei seguenti parametri, in accordo alle NTC 2018:

- Carichi trasmessi alla struttura di fondazione;
- Modello geotecnico caratteristico dell'area sulla quale è prevista la messa in opera del sostegni;
- Dinamica geomorfologica al contorno.

Nella fase esecutiva della progettazione, per la scelta delle tipologie di fondazioni da impiegare, si procederà pertanto ad una campagna di indagini geognostiche e sondaggi mirati su ciascun picchetto, sulla base dei quali verranno scelte e dimensionate le fondazioni per ciascun sostegno.

### 7.1.12 MESSA A TERRA DEI SOSTEGNI

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito e secondo quanto indicato dal riferimento normativo rappresentato dalla Norma CEI 99-3 (CEI EN 50522) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.", 2011-07 verrà dimensionato l'impianto disperdente il quale avrà la molteplice funzionalità di:

- Sopportare dal punto di vista termico la massima corrente dispersa
- Salvaguardare la sicurezza delle persone durante il guasto
- Assicurare l'affidabilità della linea, riducendo il rischio di fuori servizio della stessa, in caso di fulminazione, ad un valore ritenuto accettabile.



L'impianto di terra dei nuovi sostegni sarà costituito in linea generale da dispersori ad anello eventualmente integrati con dispersori di profondità.

## **7.2 ELETTRODOTTI INTERRATI**

Ognuno dei tratti di elettrodotto interrato, 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 di 1.600 mm<sup>2</sup>.

### **7.2.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO**

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50Hz
Tensione nominale	150 kV
Corrente Nominale (Ib a max pot.)	1000 A

La portata in corrente sopra indicata è calcolata considerando la massima potenza del cavo prescelto.

### **7.2.2 COMPOSIZIONE DELL'ELETTRODOTTO**

L'elettrodotto è costituito dai seguenti componenti:

- Conduttori di energia (due terne di cavi unipolari);
- Un giunto sezionato circa ogni 500/600 m circa con relative cassette di sezionamento e di messa a terra;
- Terminali per esterno;
- Sistema di telecomunicazioni.

### **7.2.3 MODALITA' DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO**

Lo schema di posa dell'elettrodotto in oggetto prevede uno scavo in trincea alternato con Trivellazione Orizzontale Controllata per affrontare particolari attraversamenti, con schema di posa in tubazioni corrugate in polietilene D200/250 mm secondo lo schema di progetto. Nello stesso scavo sarà posato un cavo con fibre ottiche per trasmissione dati e un monotubo per il sistema di monitoraggio.

Variazioni di quota si verificheranno in entrata ed uscita alle buche giunti; altre variazioni si verificheranno nella posa in TOC e in corrispondenza dell'interferenza con i sottoservizi dove il cavo potrà scendere per superare l'interferenza. Le profondità reali di posa saranno meglio definite in fase di progetto esecutivo dell'opera.

E' pertanto prevista la realizzazione di due cavidotti, ognuno dei quali sarà costituito da una terna composta di tre cavi unipolari. I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio/trifoglio allargato. Nello stesso scavo 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. 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.

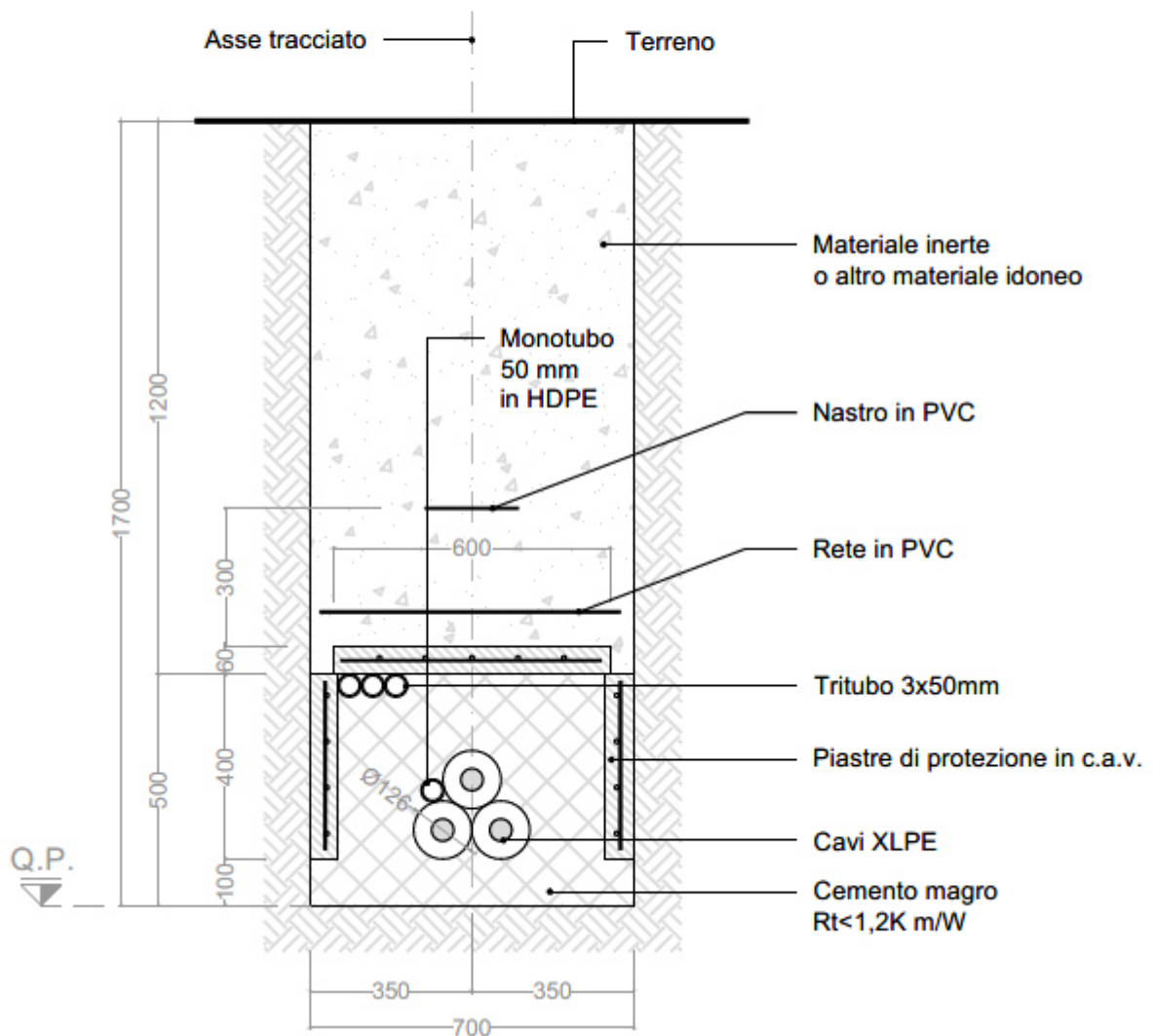
Tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici sarà utilizzata la cosiddetta modalità del cross bonding, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa.

In tale configurazione gli schermi vengono messi francamente a terra, ed in corto circuito tra loro all'estremità di partenza della prima tratta ed all'estremità di arrivo della terza, mentre tra due tratte adiacenti gli schermi sono isolati da terra e uniti fra loro con collegamento incrociato.

Di seguito si riporta uno schema di ogni sezione tipica di posa prevista.

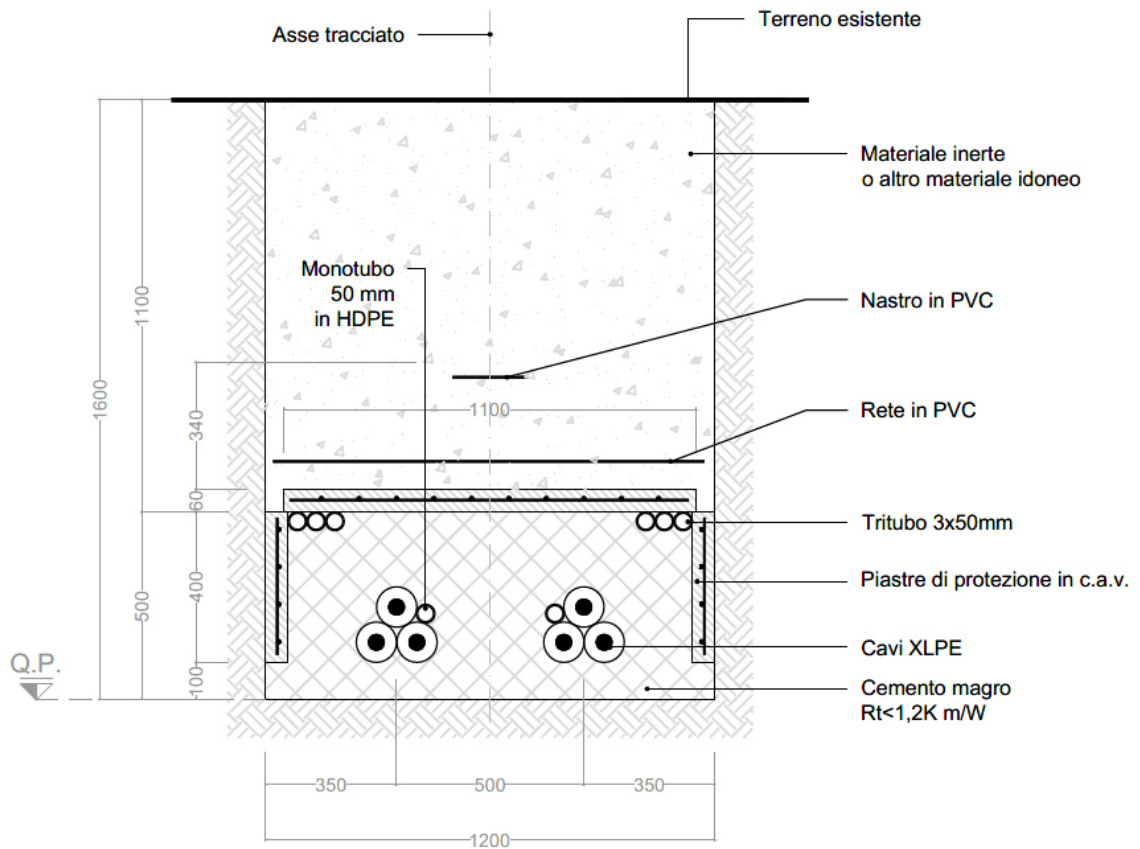


## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio - singola terna Posa a trifoglio in terreno agricolo





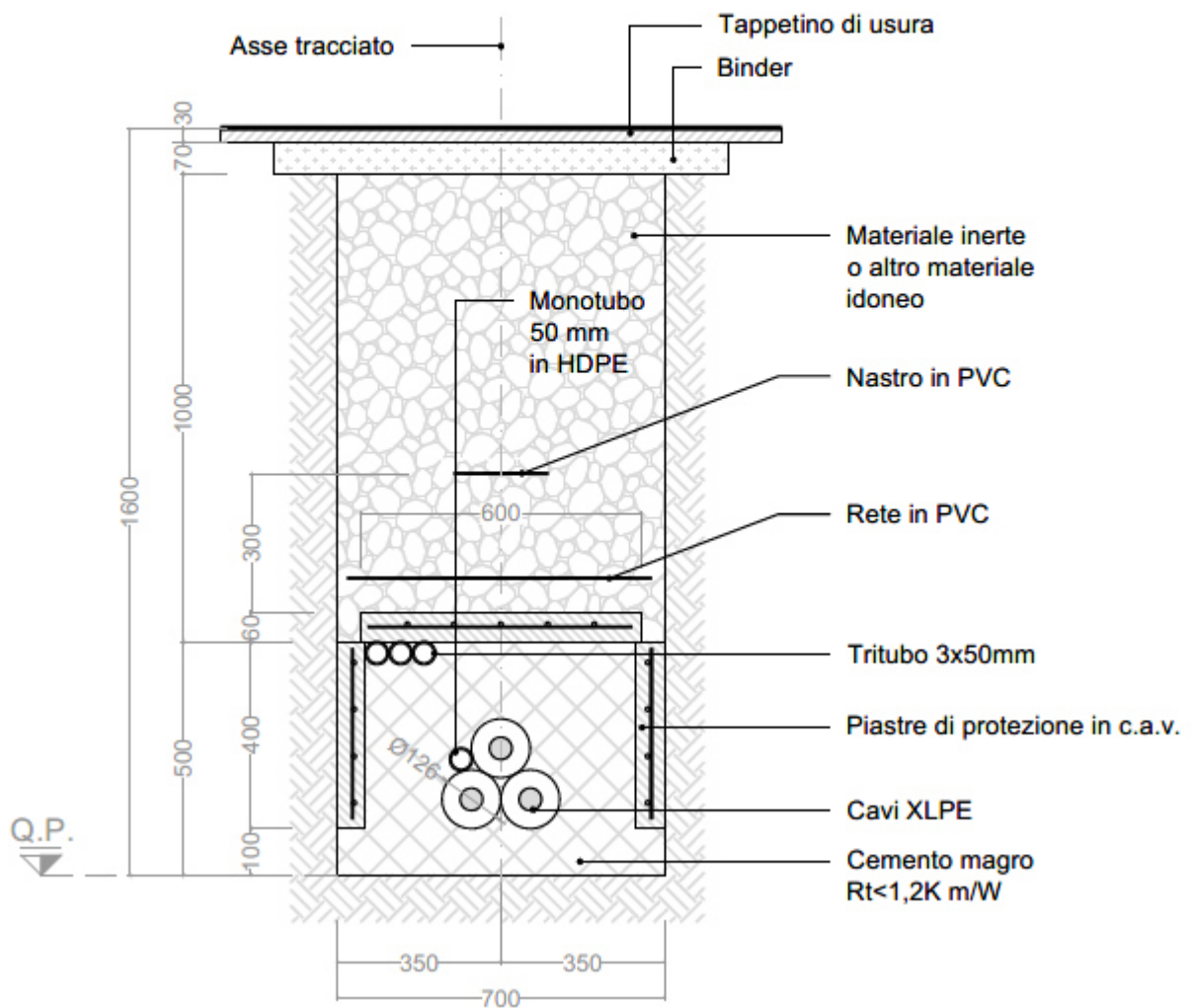
## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio - doppia terna Posa a trifoglio in terreno agricolo







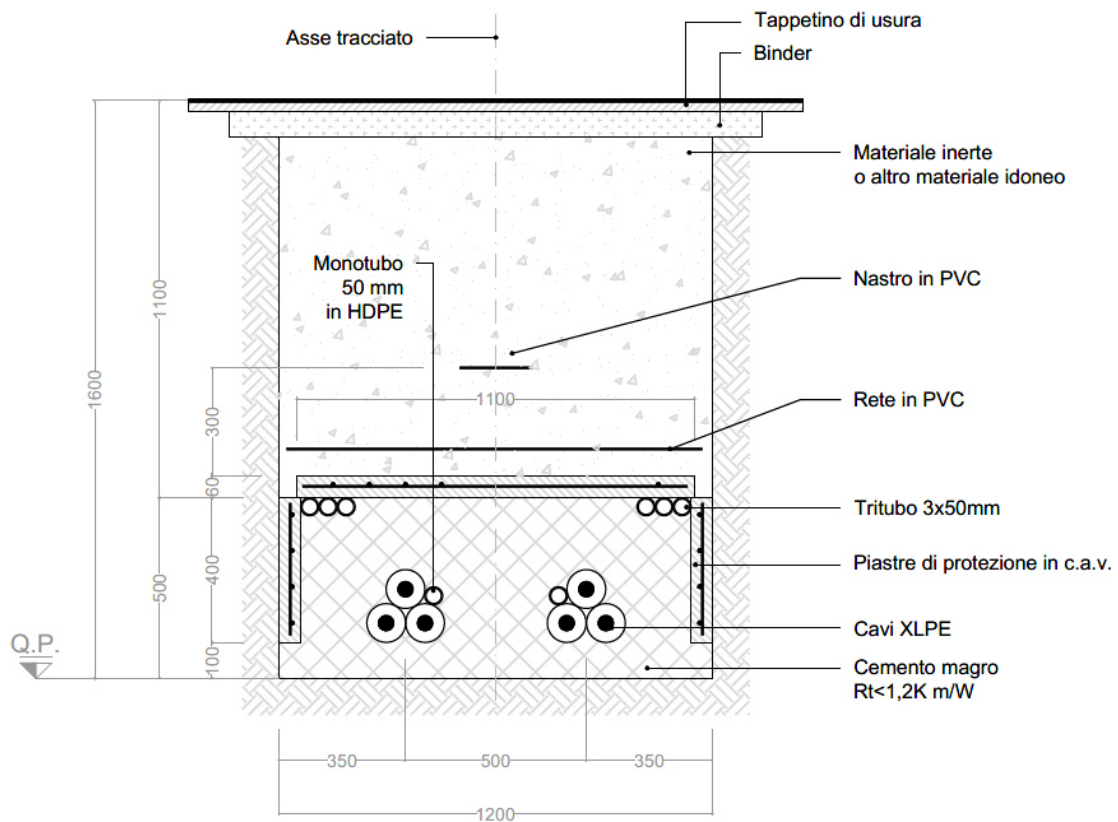
## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio - singola terna Posa a trifoglio su strada





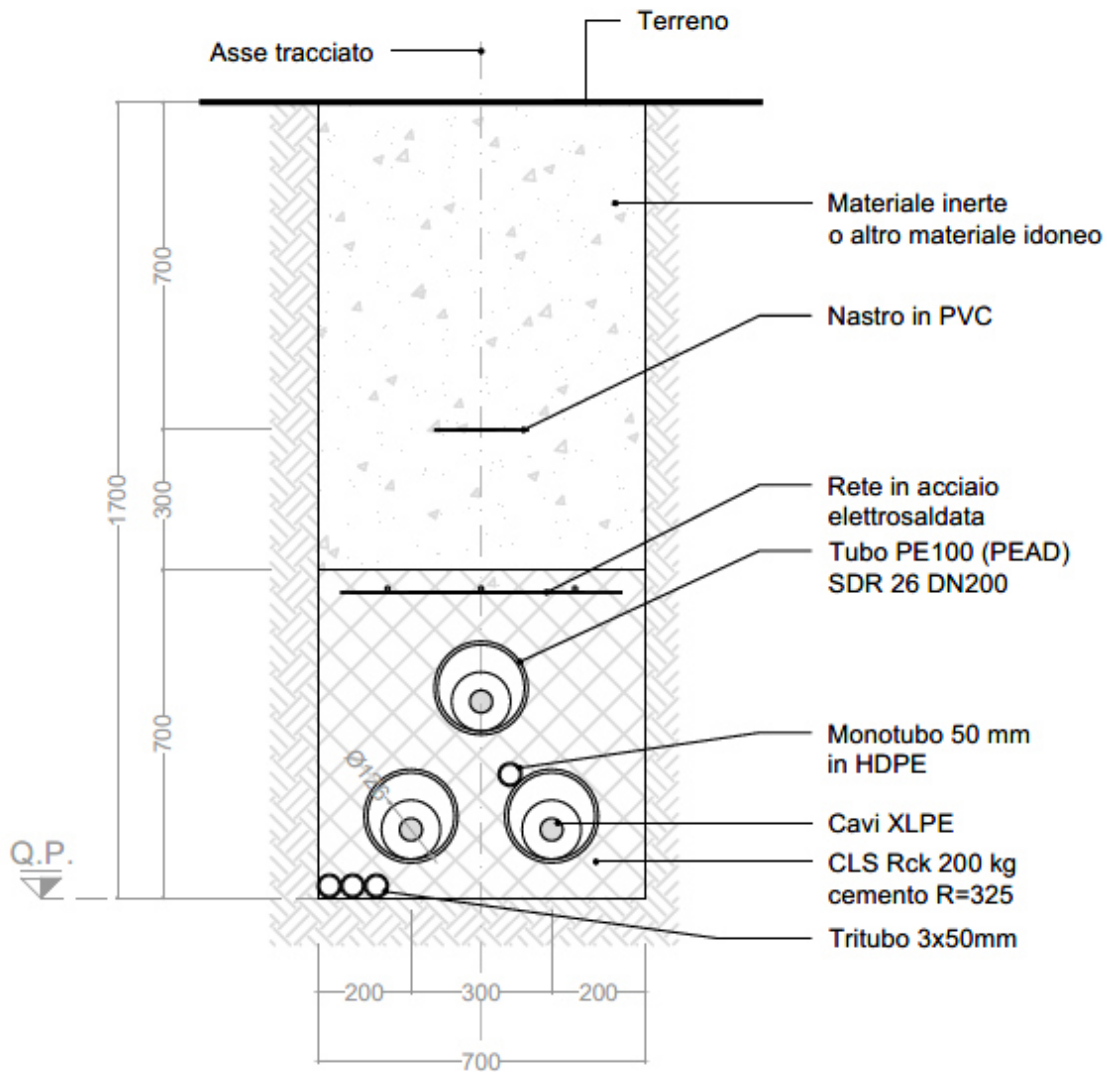
## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio - doppia terna

### Posa a trifoglio su strada



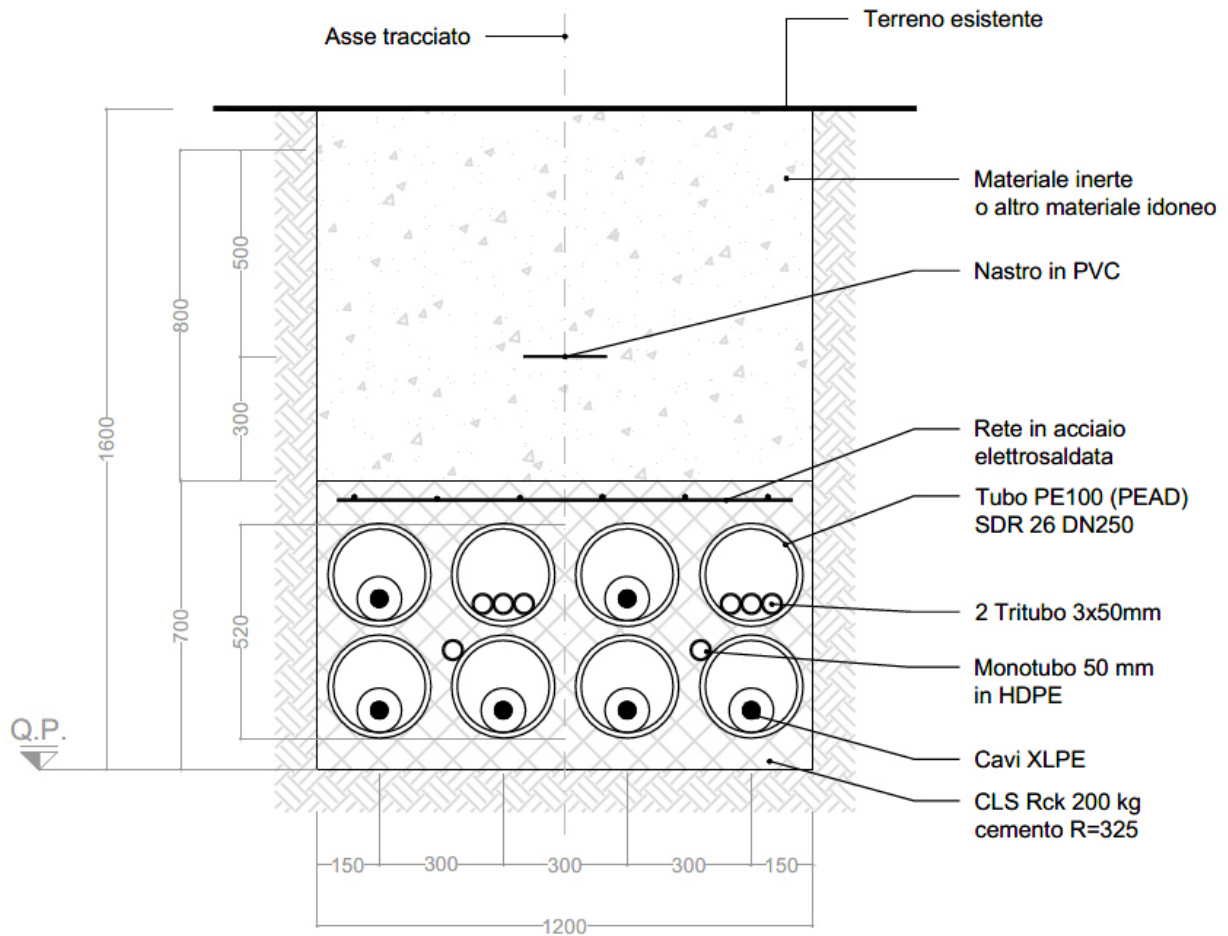


## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio allargato - singola terna Terreno agricolo



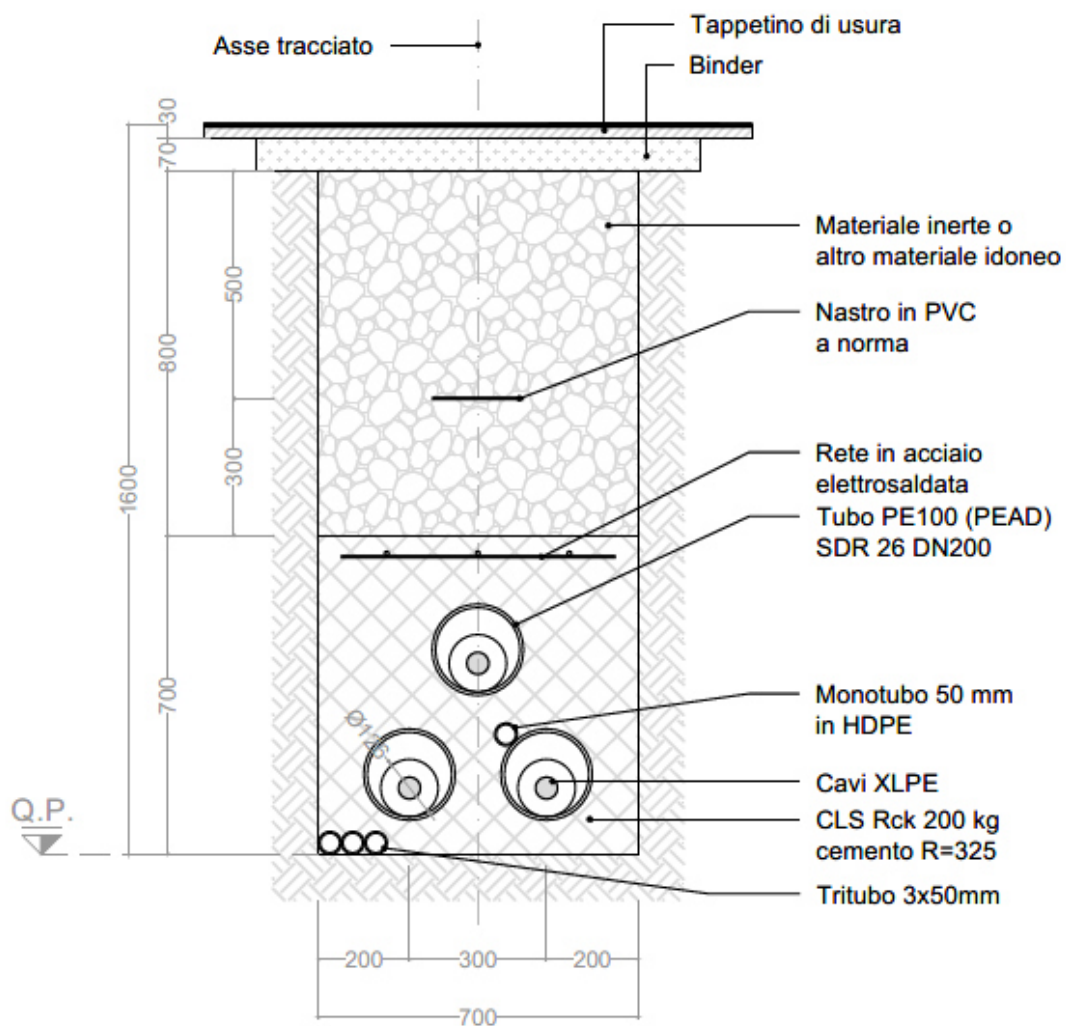


## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio allargato - doppia terna Terreno agricol.o



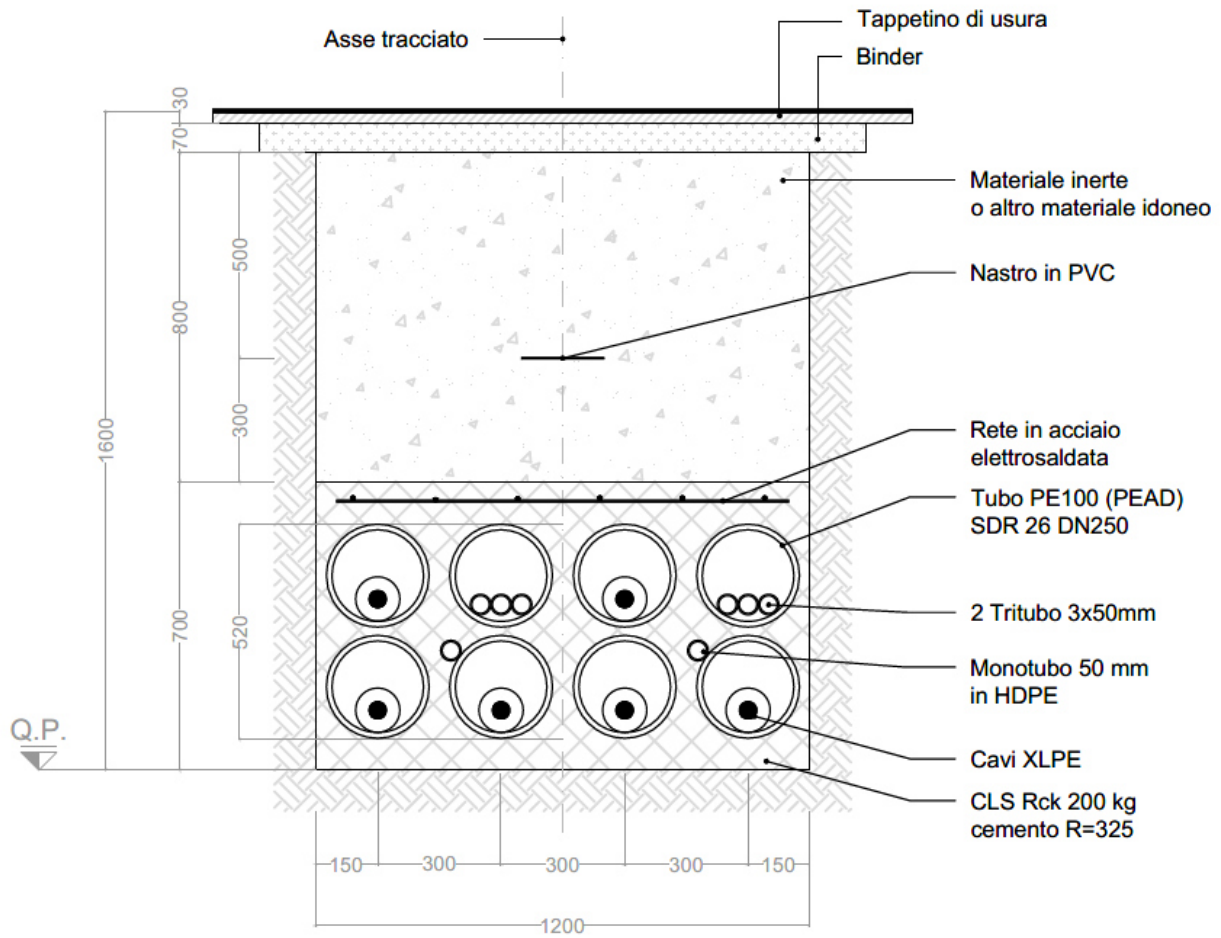


## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio allargato - singola terna Strade extraurbane





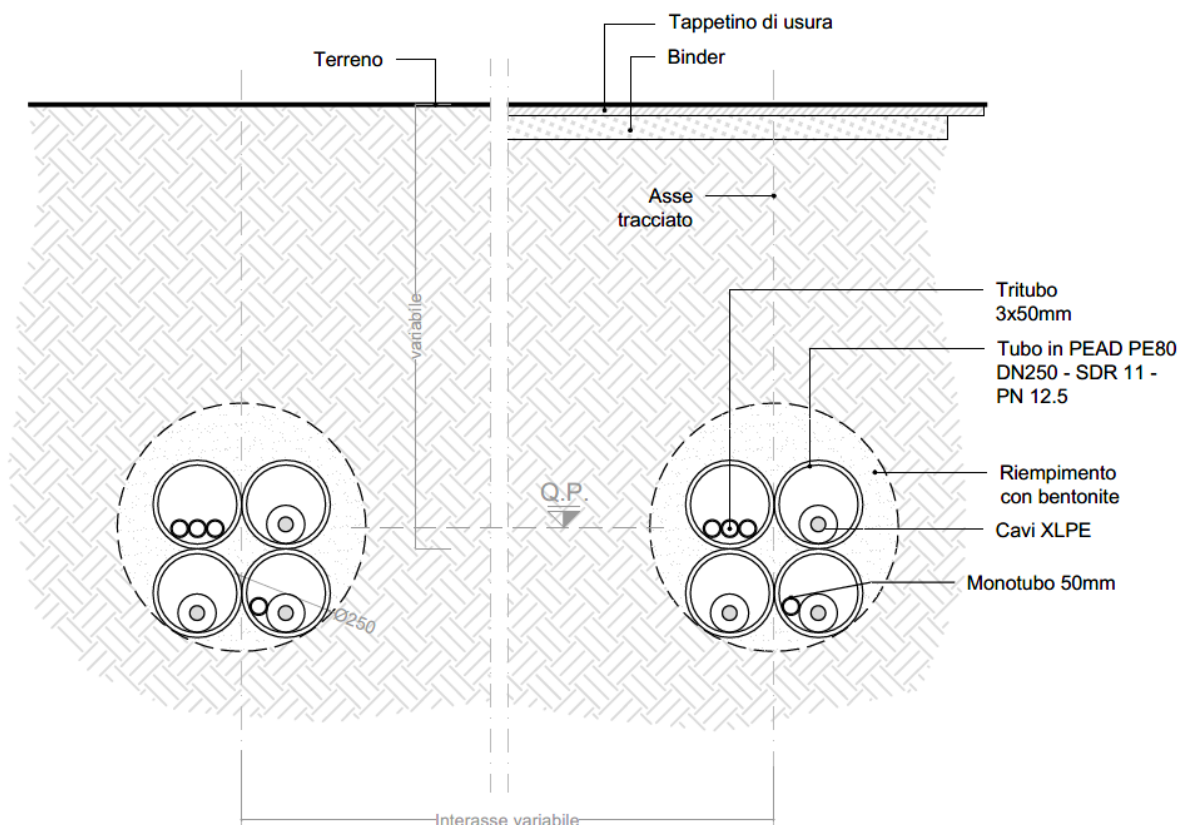
## Cavo XLPE 150 kV a Trifoglio allargato - doppia terna Strade extraurbane







## Cavo XLPE 150 kV Posa in TOC - doppia terna Perforazione Orizzontale Controllata



### 7.2.3.1 Trivellazione Orizzontale Controllata

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, scatolari, corsi d'acqua, ecc.), potrà essere utilizzato il sistema di attraversamento teleguidato mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) come rappresentato schematicamente nei disegni sottostanti.

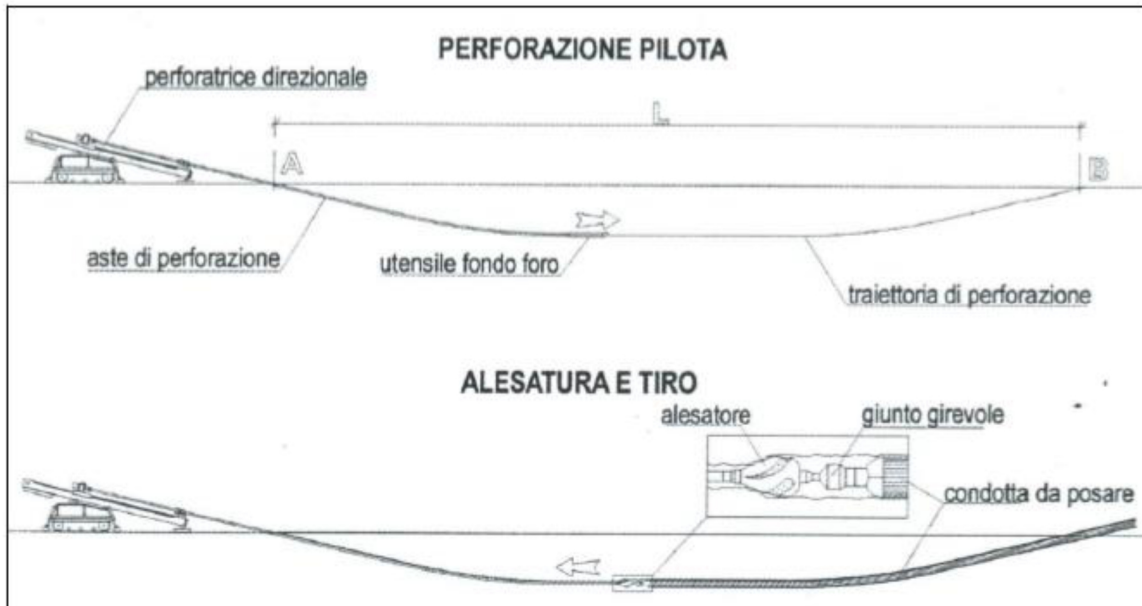
Tale tecnica prevede una perforazione eseguita mediante una portasonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta esercitata a forti pressioni di acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili; per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro.

L'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile.

Questo sistema non comporta alcuno scavo preliminare, ma richiede solo di effettuare eventualmente delle buche di partenza e di arrivo; non comporta quindi, di demolire prima e di ripristinare poi le eventuali sovrastrutture esistenti.

Con tale sistema è possibile installare condutture al di sotto di grandi vie, di corsi d'acqua, canali marittimi, vie di comunicazione quali autostrade e ferrovie (sia in senso longitudinale che trasversale), edifici industriali, abitazioni, parchi naturali, etc.



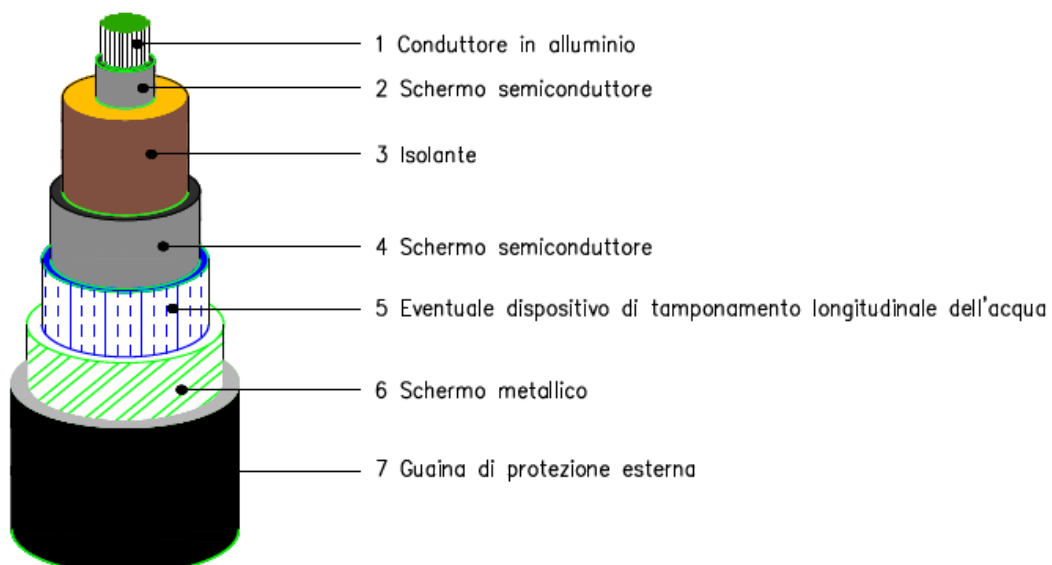


Schematico di Trivellazione Orizzontale Controllata

#### 7.2.4 CARATTERISTICHE ELETTRICHE / MECCANICHE DEL CONDUTTORE DI ENERGIA

In relazione alla potenza in prelievo richiesta si è scelta la sezione dei cavi di energia facendo riferimento alle portate in corrente indicate sui datasheet dei maggiori produttori di cavi per applicazioni in alta tensione.

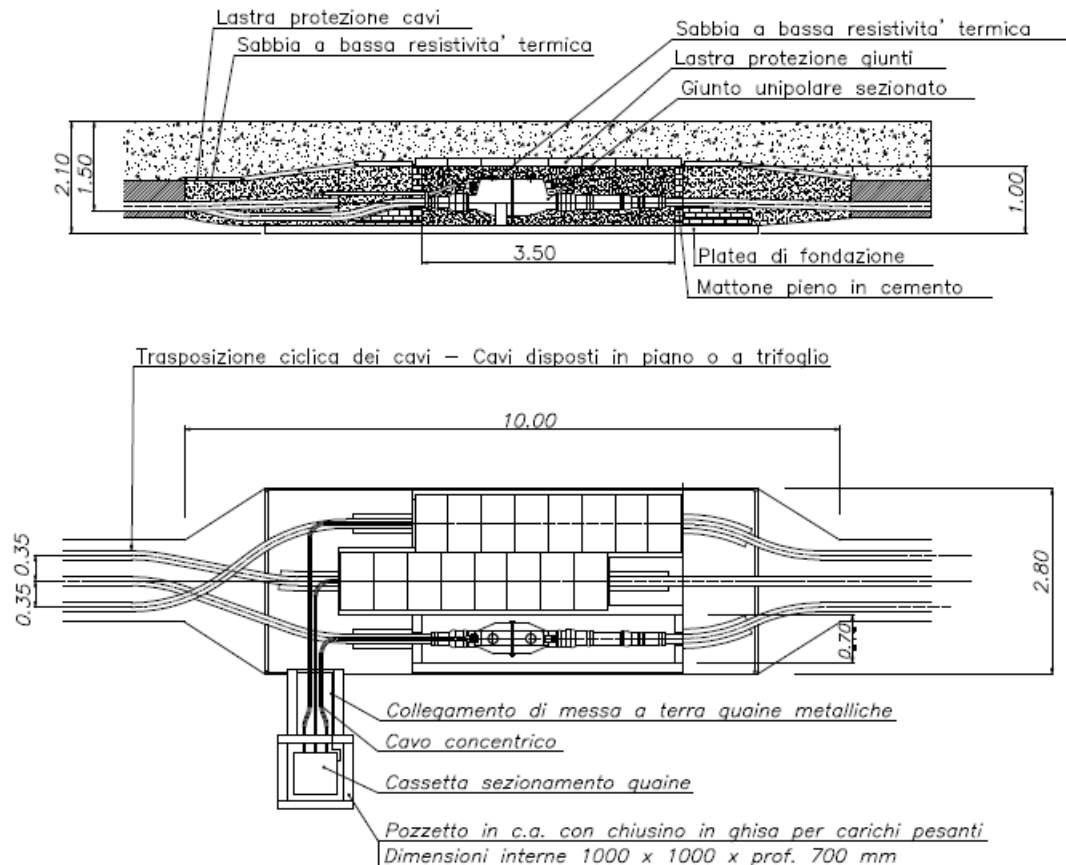
Tra le diverse tipologie si è scelto in prima battuta un conduttore unipolare costituito da una corda rotonda rigida e compatta in Alluminio, l'isolante in gomma sintetica, lo schermo metallico costituito da fili di rame ricotto non stagnato o in alluminio, strati di semiconduttore elastomerico tra il conduttore e l'isolante e tra l'isolante e lo schermo metallico, un rivestimento protettivo esterno costituito da una guaina in polietilene.







### PARTICOLARE BUCA GIUNTI



Per il completamento e la sistemazione delle buche dovranno prevedersi i seguenti lavori:

- Per la protezione dei giunti dovranno essere costruiti cassonetti, fondati nel pavimento della buca, (per es. con blocchetti di cemento), previa sistemazione dei giunti su selle di supporto.
- Per evitare la presenza di camere d'aria i cassonetti saranno riempiti con la sabbia vagliata adeguatamente compattata. I cassonetti dovranno essere coperti con lastre di protezione in cemento armato.
- Il disarmo delle pareti della buca dovrà essere effettuato evitando franamenti dei materiali nella buca stessa; occorre inoltre accertarsi, prima di disarmare, che non insistano carichi a ridosso della buca.
- Nei giunti dei cavi con guaine collegate con il sistema "cross-bonding" dovrà essere effettuato il sezionamento delle guaine o degli schermi metallici, le cui sezioni sono collegate alla cassetta di sezionamento con cavi in rame da sezione adeguata. La posa di tali cavi devono essere effettuate in modo da evitare in ogni caso il danneggiamento delle guaine (in particolare durante le operazioni di riempimento della buca)

Il pozzetto che contiene la cassetta di sezionamento degli schermi, dovrà essere posato adottando le misure necessarie per assicurare la tenuta alla penetrazione delle acque, comunque evitare ristagni sul fondo.



#### 7.2.5.1 Giunti

Il giunto sarà costituito da un connettore a compressione di giunzione del conduttore, da un corpo prestampato in gomma EPR, da un anello di sezionamento, dai relativi morsetti di connessione e da un involucro esterno avente funzione di isolamento e protezione.

Dal giunto partiranno i cavi concentrici per i collegamenti dei rivestimenti metallici secondo le modalità descritte ai paragrafi precedenti.

#### 7.2.5.2 Scelta della connessione delle guaine metalliche

Essendo in presenza di cavi unipolari occorre tener conto che si producono delle tensioni indotte sui mantelli metallici di protezione esterni.

Tale tensione aumenta con la corrente nel conduttore, la lunghezza dei cavi e la loro distanza. Il fenomeno risulta più rilevante per i cavi a posa piana orizzontale mentre risulta ridotto nella formazione di cavi a trifoglio chiuso.

A questo va aggiunto che qualora si mettono a terra gli schermi di protezione per abbattere tali tensioni che possono venir pericolose, l'insorgere di rilevanti correnti passive di circolazione limita l'esercizio del cavo e determina perdite aggiuntive per effetto joule.

Per ridurre invece l'effetto Joule (determinante perdite aggiuntive nei collegamenti e limitazioni di esercizio del cavo) sono individuabili diverse modalità di connessione a terra degli schermi che risolvono in maniera diversa i problemi legati alla circolazione di corrente ed alla tensione indotta.

In ogni caso lo schermo metallico verrà collegato a terra in almeno un punto per drenare a terra la corrente capacitiva ed assicurare una efficace protezione contro le tensioni di contatto. Vista la lunghezza dei collegamenti si prevedrà un collegamento tipo cross bonding.

Nella modalità cross bonding il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza generalmente corrispondenti con le pezzature di posa.

In tale configurazione gli schermi vengono messi francamente a terra, ed in corto circuito tra loro all'estremità di partenza della prima tratta ed all'estremità di arrivo della terza, mentre tra due tratte adiacenti gli schermi sono isolati da terra e uniti fra loro con collegamento incrociato. I tre schermi collegati in serie sono associati a conduttori di fasi diverse, e quando i cavi sono installati in una formazione a trifoglio, le loro correnti, e di conseguenza le tensioni indotte hanno stessa ampiezza, ma con uno sfasamento di 120 °. L'effetto complessivo è che la tensione e la corrente risultante nei tre schermi è zero.

#### 7.2.5.3 Cassette di sezionamento schermi

##### Cassette tipo A

Le cassette denominate "TIPO A" sono cassette unipolari per il sezionamento della schermatura del cavo (in prossimità dei terminali) con messa a terra diretta; si tratta di cassette di tipo unipolare per la circuitazione e la messa a terra degli schermi metallici in corrispondenza dei terminali, esse sono costituite da una cassa metallica contenente le barrette di sezionamento e connessione

##### Cassette tipo B

Le cassette denominate "TIPO B" sono cassette tripolari per il sezionamento della schermatura del cavo e messa a terra diretta; si tratta di cassette di tipo tripolare per la circuitazione e la messa a terra degli schermi metallici in corrispondenza dei giunti sezionati, esse sono costituite da una cassa metallica contenente le barrette di sezionamento e connessione e il dispositivo di messa a terra. Le cassette sono ubicate in pozzetti in c.a. con chiusini in ghisa carrabili.



### Cassette tipo C

Le cassette denominate “TIPO C” sono cassette tripolari per il sezionamento della schermatura del cavo con trasposizione delle connessioni rigide e messa a terra indiretta tramite scaricatori; si tratta di cassette di tipo tripolare per la messa a terra tramite scaricatori e la trasposizione degli schermi metallici in corrispondenza dei giunti sezionati, esse sono costituite da una cassa metallica contenente le barrette di sezionamento e connessione, gli scaricatori a protezione egli schermi e il dispositivo di messa a terra.

Le cassette sono ubicate in pozzetti in c.a. con chiusini in ghisa carrabili.

### Cassette tipo D

Le cassette denominate “TIPO D” sono cassette esapolari per il sezionamento della schermatura del cavo con messa a terra indiretta tramite scaricatori; si tratta di cassette di tipo esapolare per la messa a terra tramite scaricatori degli schermi metallici in corrispondenza dei giunti sezionati, esse sono costituite da una cassa metallica contenente le barrette di sezionamento e connessione, gli scaricatori a protezione egli schermi e il dispositivo di messa a terra.

Le cassette sono ubicate in pozzetti in c.a. con chiusini in ghisa carrabili.

## **7.2.6 TERMOSONDE**

Ai fini del monitoraggio della temperatura del cavo va inserito indicativamente ogni 600 m circa un dispositivo per il controllo della temperatura composto:

- da una termoresistenza da applicare alla guaina del cavo;
- dalla presa stagna ove leggere il segnale di misura;
- dallo strumento portatile di misura della temperatura.

La presa va collocata in un pozzetto 30x30cm con coperchio in ghisa. Nella scelta dell'ubicazione delle termosonde è da privilegiarsi punti in cui vi sono interferenze con fonti di calore come ad esempio altri cavi.

## **7.2.7 SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE**

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazioni.

Sarà costituito da un cavo con 48 fibre ottiche che dopo il tratto in cavo interrato proseguirà attraverso le corde di guardia dei rispettivi elettrodotti aerei.

Nella figura seguente è riportato lo schema del cavo f.o. che sarà utilizzato per il sistema di telecomunicazioni.



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

### 7.2.8 TERMOSONDE

Ai fini del monitoraggio della temperatura del cavo va inserito indicativamente ogni 600m circa un dispositivo per il controllo della temperatura composto:

- Da una termoresistenza da applicare alla guaina del cavo;
- Dalla presa stagna ove leggere il segnale di misura;
- Dallo strumento portatile di misura della temperatura.

La presa va collocata in un pozzetto 30x30cm con coperchio in ghisa. Nella scelta dell'ubicazione delle termosonde è da privilegiarsi punti in cui vi sono interferenze con fonti di calore come ad esempio altri cavi.

### 7.2.9 SEGNALAZIONE DEL CAVO

Considerando il percorso del cavo, si prevede una segnalazione di sicurezza del cavo. Laddove viene ritenuto necessario da parte del committente, si prevede pertanto la posa di idonei cartelli di identificazione della codifica dell'elettrodotta, integrati con borchie stradali da posarsi al pelo della pavimentazione.

## 7.3 PROVE E COLLAUDI

Alla fine dell'installazione, il sistema in cavo dovrà essere sottoposto a prove di collaudo in tensione in accordo alle norme IEC di riferimento.

In particolare, la prova di tensione dell'isolamento principale può essere eseguita con prova alla tensione nominale per 24h (soak test) dove la tensione verrà applicata lato utente o lato rete, inserendo in linea il circuito in cavo senza carico.

Si suggerisce il collaudo dei cavi tramite generatore mobile, in modo da non alimentare un eventuale guasto durante la prova con la potenza di rete o dell'utenza.



## **8 RUMORE**

La produzione di rumore da parte di un elettrodotto in esercizio è dovuta essenzialmente a due fenomeni fisici: il vento e l'effetto corona.

- Il vento, se particolarmente intenso, può provocare un leggero sibilo dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità;
- L'effetto corona, dovuto al livello di tensione dei conduttori, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto, soprattutto in condizioni di elevata umidità dell'aria.

Le emissioni acustiche delle linee elettriche della tipologia di quella in progetto rispettano in ogni caso i limiti previsti dalla normativa vigente (D.P.C.M. 14 Novembre 1997).

Gli elettrodotti in cavo interrato non sono fonte di rumore.

## **9 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Per l'inquadramento geologico preliminare dell'area si rimanda agli elaborati:

- "Relazione geologica preliminare" (cod. G970\_DEF\_R\_004\_Rel\_geo\_1-1\_REV01);
- "Carta geologica – litologica" (cod. G970\_DEF\_T\_005\_Carta\_geo\_lito\_1-1\_REV01);
- "Carta della dinamica geomorfologica (PAI)" (cod. G970\_DEF\_T\_006\_Carta\_din\_geomorf (PAI)\_1-1\_REV01).

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

Il piano di gestione delle terre e rocce da scavo è riportato nell'elaborato apposito.

## **11 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

### **11.1 RICHIAMI NORMATIVI**

Per la sintesi della normativa in merito ai Campi Elettrici e Magnetici, si rimanda al capitolo 14 dell'elaborato "Relazione tecnica generale" (cod. G970\_DEF\_R\_002\_Rel\_tec\_gen\_1-1\_REV01).

### **11.2 FASCE DI RISPETTO**

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

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

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, tale metodologia prevede, che il gestore debba calcolare la Distanza di Prima Approssimazione, definita come "la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto".





### **11.3 CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo dipende dalla tensione di esercizio della linea stessa, mentre il secondo è funzione della corrente che vi circola, ed entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza.

I calcoli relativi all'andamento del campo elettrico, la valutazione del campo di induzione magnetica ai fini della definizione della DPA e l'analisi delle strutture potenzialmente sensibili ricadenti all'interno della stessa DPA, sono contenuti all'interno degli elaborati:

- “Relazione CEM” (cod. G929\_DEF\_R\_049\_RTN\_rel\_CEM\_1-1\_REV01);
- “Corografia di progetto su CTR con Distanza di Prima Approssimazione” (cod. G970\_DEF\_T\_032\_RTN\_coro\_CTR\_DPA\_1-1\_REV01);
- “Corografia di progetto su ortofoto con Distanza di Prima Approssimazione” (cod. G970\_DEF\_T\_033\_RTN\_coro\_orto\_DPA\_1-1\_REV01);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione - Comune di Calascibetta” (cod. G970\_DEF\_T\_034\_RTN\_plan\_cat\_DPA\_X-4\_REV01)
- Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione - Comune di Villarosa” (cod. G970\_DEF\_T\_042\_RTN\_plan\_cat\_DPA\_Villarosa\_X-3\_REV01).

### **12 AREE IMPEGNATE**

Si faccia riferimento al capitolo 15 della “Relazione tecnica generale” (cod. G970\_DEF\_R\_002\_Rel\_tec\_gen\_1-1\_REV01).

### **13 SICUREZZA NEI CANTIERI**

Si faccia riferimento al capitolo 16 della “Relazione tecnica generale” (cod. G970\_DEF\_R\_002\_Rel\_tec\_gen\_1-1\_REV01).

### **14 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento al capitolo 17 della “Relazione tecnica generale” (cod. G970\_DEF\_R\_002\_Rel\_tec\_gen\_1-1\_REV01).