

**INTERVENTO G**

***Delocalizzazione linea 220 kV T.225 Verampio - Pallanzeno***

**PIANO TECNICO DELLE OPERE – PARTE PRIMA**

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**



Dott. Ing.  
LUCA  
SABBADINI  
n° 10813 X  
ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO

*Luca Sabbadini*

**Storia delle revisioni**

Rev.01	del 31/01/2014	Aggiornamento progettuale
Rev.00	del 06/02/2012	Prima emissione

Elaborato		Verificato		Approvato
L. Mosca ING-REA-PRNO		Perosino V. ING-REA-PRNO		Sabbadini L. ING-REA-PRNO

a02IO301SR\_REV01

## INDICE

INDICE.....	2
1 PREMESSA.....	3
2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA .....	3
3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE.....	4
4 DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	4
4.1 VINCOLI .....	6
5 CRONOPROGRAMMA.....	6
6 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....	6
6.1 PREMESSA.....	6
6.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO .....	6
6.3 DISTANZA TRA I SOSTEGNI .....	7
6.4 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA .....	7
6.4.1 Stato di tensione meccanica.....	10
6.5 CAPACITÀ DI TRASPORTO.....	12
6.6 SOSTEGNI.....	12
6.7 ISOLAMENTO .....	14
6.7.1 Caratteristiche geometriche.....	15
6.7.2 Caratteristiche elettriche .....	15
6.8 MORSETTERIA ED ARMAMENTI .....	18
6.9 FONDAZIONI.....	19
6.10 MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI.....	20
6.11 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI.....	20
6.12 TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	20
7 RUMORE.....	20
8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE.....	21
9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI.....	21
10 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	21
11 AREE IMPEGNATE.....	21
12 FASCE DI RISPETTO .....	21
13 SICUREZZA NEI CANTIERI.....	21

## 1 PREMESSA

Per il presente paragrafo si rimanda al Doc. n. RGRX10004BTO00502 “Relazione tecnica generale”.

## 2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

L'intervento oggetto del presente documento, denominato “Intervento G - Delocalizzazione linea 220 kV T.225 Verampio-Pallanzeno” consiste nella delocalizzazione della linea 220 kV T.225 Verampio – Pallanzeno.

A seguito degli obblighi imposti dalla L.99/09, si è ritenuto opportuno non gravare ulteriormente il territorio della Val Formazza con una nuova infrastruttura, ma sfruttare gli asset attualmente in iter autorizzativo inseriti nel progetto “Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza”.

Con la nuova configurazione di rete, a valle degli interventi previsti nei progetti “Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza” e “Interconnector Svizzera – Italia” si realizzerà:

- la direttrice a 380 kV All'Acqua – Pallanzeno, dedicata specificamente all'importazione
- la direttrice 220 kV All'Acqua – Ponte - Verampio – Pallanzeno, rinnovata e sarà al servizio della produzione idroelettrica locale ed è inserita, per la parte a nord di Verampio, nel progetto “Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza”, mentre la parte rimanente è contenuta nel presente PTO. A sud di Pallanzeno.

A sud di Pallanzeno, l'energia verrà dirottata verso Baggio tramite la nuova linea in corrente continua a  $\pm 350$  kV “Pallanzeno – Baggio” (che andrà a sostituire le esistenti linee 220 kV T.223 Pallanzeno - Magenta e linea 220 kV T.228 Magenta – Baggio).

La necessità della rinnovare e delocalizzazione della linea 220 kV T.225 Verampio-Pallanzeno (attualmente, in gran parte in doppia terna ammazzettata) nasce dalle seguenti motivazioni:

- rinnovare un asset esistente rendendolo compatibile con quelli attualmente previsti nel progetto “Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza”
- liberare il versante in sinistra orografica del Toce nel Comune di Beura – Cardezza (frazioni Cardezza e Cuzzego), al fine di riutilizzare il tracciato esistente per la discesa in stazione della nuova linea “380kV All'Acqua-Pallanzeno”; infatti, la linea esistente è localizzata nel miglior varco tra le abitazioni sparse sul versante;
- dare seguito agli impegni presi in sede di Tavolo tecnico – istituzionale del 10 febbraio 2011 (cfr verbale di riunione “Riassetto della rete a 220 kV della Val Formazza – Tavolo Tecnico – Istituzionale con i Comuni territorialmente interessati dagli interventi di riposizionamento delle linee”), circa la possibilità di delocalizzare la linea 220 kV T.225 Verampio-Pallanzeno" in uscita da Verampio.
- evitare interferenza con il nuovo asse in progetto 380kV All'Acqua-Pallanzeno - Tratto da area Verampio a Pallanzeno

Si è inoltre colta l'occasione per risolvere le più importanti interferenze della linea con l'abitato di Cardezza.

La nuova linea verrà costruita in singola terna, ma avrà una capacità di trasporto equivalente all'attuale linea Verampio – Pallanzeno (costruita in doppia terna per la maggior parte del tracciato, fino a Cardezza, in Comune di Beura-Cardezza).

Per la descrizione delle motivazioni del presente intervento, si rimanda al Doc. n. RGRX10004BTO00502 Rev.01 "Relazione tecnica generale: inquadramento dell'intervento".

### 3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE

L'opera in oggetto, denominata "Intervento G - Delocalizzazione linea 220 kV T.225 Verampio-Pallanzeno" consiste nella delocalizzazione della esistente linea 220 kV T.225. A valle dell'entrata in esercizio della nuova linea, si procederà con la demolizione della vecchia linea.

Di seguito si riporta l'elenco dei Comuni interessati dalla nuova costruzione:

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE
PIEMONTE	VERBANO-CUSIO-OSSOLA	Crodo
		Crevoladossola
		Domodossola
		Villadossola
		Pallanzeno

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo delle Amministrazioni competenti è riportato nell'elaborato Doc. n° EGRX10004BTO00510 Rev.01 (Elenco opere attraversate – Piemonte a Nord di Pallanzeno). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati anche nella Corografia assi di progetto con attraversamenti in scala 1:10.000 - Piemonte a Nord di Pallanzeno, Doc. n. DGRX10004BTO00507 Rev.01 allegata.

### 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Con riferimento alla corografia allegata, il tracciato della nuova linea inizia dal lato sud della stazione di Verampio. Al fine di minimizzare l'interferenza delle nuove infrastrutture con il fondovalle, l'uscita da Verampio si affianca alla parte terminale dell'intervento denominato "Intervento B - elettrodotto aereo 220 kV in semplice terna "Ponte V.F.-Verampio"" del progetto "Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza". In questo modo, il tracciato si porta immediatamente sul versante in sinistra del Toce, evitando completamente le abitazioni sparse del Comune di Crodo.

Tra i sostegni P.001 e P.002 la linea a 220 kV attraversa la linea DT 132 kV T433/T460, che è oggetto di variante, inserita nel presente PTO (cfr "Intervento H - Variante linea DT 132 kV T433/T460 in uscita da Verampio"): al fine di permetterne il sovrappasso con sostegni di minore altezza; la doppia terna a 132 kV verrà quindi sdoppiata e abbassata. Nella stessa campata, la nuova linea a 220 kV attraversa il fiume Toce.

Segue quindi l'attraversamento della valle Antolina. Dal palo P.006, il tracciato svolta verso sud, in direzione di Pallanzeno, passando circa 200m più in quota rispetto al nucleo abitato di Maglioggio, raggiungendo quota 900 m.s.l.m. circa. Il versante si presenta abbastanza uniforme, ma percorso da diversi canali di scolo, che obbligano al posizionamento di numerosi sostegni, realizzando molte campate di lunghezza inferiore a 200m.

In prossimità della frazione Rencio Superiore (frazione di Crodo), si segnala la presenza di alcune cave piuttosto estese, che impongono di mantenere la quota del tracciato a circa 800 mslm.

Il tracciato (con attraversamento della valle) si porta quindi sul versante destro del Toce (campata tra P.029 e P.030), prima dell'abitato della frazione Pontemaglio, in prossimità dell'uscita della statale dalla galleria e nel tratto in cui la valle stessa cambia direzione e quindi favorisce la minor visibilità dell'attraversamento della valle Formazza: in tal modo la linea risulta mascherata alla visuale di chi percorre la strada verso nord.

Il tracciato si porta poi in quota (sostegni 31, 32 e 33), mantenendosi sul limite tra il terreno e la roccia viva. Infatti a quote superiori la vegetazione diventa meno densa e gli alberi ad alto fusto sono rari.

La linea si mantiene a quota pressoché costante fino all'attraversamento della Valle di Varzo. In tale punto, la statale del Sempione è in galleria. Nella stessa campata, viene attraversata anche la linea 132kV Varzo – Crevola T.. L'attraversamento della valle, che piega immediatamente verso nord, avviene abbastanza lontano dall'imboccatura della stessa in modo da mascherare completamente la linea alla valle principale.

La linea, mantenendosi a quota di circa 800 mslm gira attorno al rilievo che sormonta l'abitato di Crevoladossola, fino all'attraversamento della linea 220 kV Serra – Pallanzeno, intercettata subito prima della valle di Bognanco, ad ovest dell'abitato di Domodossola.

La linea si mantiene parallela alla 220 kV T.227 Serra – Pallanzeno, ma ad una quota maggiore, avendo allo stesso tempo cura di non interferire con gli impianti sciistici di Domobianca e con le baite del Lusentino. La linea continua il percorso verso sud mantenendosi (a quota più elevata) pressoché parallela alla linea 220 kV Serra – Pallanzeno, nel tratto in doppia terna con la linea 132 kV Calice – Pallanzeno.

L'attraversamento della Valle Antrona avviene a circa 1.5 km dall'imboccatura, garantendone un buon mascheramento rispetto a Villadossola, e utilizzando il varco tra i nuclei abitati di Casa dei Conti e Montescheno. Nella risalita sul versante sud della Valle Antrona, viene scavalcata la linea 132 kV Pallanzeno – Rovesca. Nelle ultime campate, in avvicinamento alla stazione di Pallanzeno, vengono attraversate in sequenza le linee 132 kV Pallanzeno – Rovesca, Calice – Pallanzeno e Villadossola – Pallanzeno. Tali linee subiranno un abbassamento, realizzando una variante limitata alla soluzione dell'interferenza, rimanendo nei limiti della procedura prevista dalla Dichiarazione di Inizio Attività.

Lo sviluppo complessivo del tracciato ha una lunghezza di circa 27.3 km, così distribuiti:

Comune	Percorrenza (km)
Crodo	5.5
Crevoladossola	9.5
Domodossola	5.4
Villadossola	6.4
Pallanzeno	0.5
TOT.	27.3

#### **4.1 VINCOLI**

Il tracciato dell'elettrodotto non ricade in zone sottoposte a vincoli aeroportuali.

Per quanto riguarda i vincoli ambientali, paesaggistici e idro-geologici, si fa riferimento ai relativi elaborati contenuti nello Studio di Impatto Ambientale.

## **5 CRONOPROGRAMMA**

Il programma dei lavori è illustrato nel Doc. n. DGRX10004BTO00900 Rev.01 allegato.

## **6 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA**

### **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.

L'elettrodotto sarà costituito da una palificazione a semplice terna armata con tre fasi ciascuna e due corde di guardia, dal sostegno P.01 fino al raggiungimento del sostegno capolinea.

### **6.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO**

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	220 kV



	ipotesi ambientali Progetto e Tesatura T.220 esistente	Riferimento alla Norma CEI attualmente in vigore (Zona climatica "B")
vento	65 km/h	65 km/h
spessore manicotto di ghiaccio	30 mm	12 mm
temperatura minima	-20 °C	-20 °C

Come si evince dal confronto, per la esistente T.220, in fase di progetto e tesatura, era già stato considerato uno spessore di manicotto di ghiaccio maggiorato.

Nel tempo, la scelta si è dimostrata tecnicamente valida: non si sono riscontrate rotture di conduttori / corde di guardia a causa di sovraccarico di ghiaccio.

Considerando la posizione delle nuove linee del progetto "Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza" (altimetria decisamente maggiore ed esposizione a forti venti) è presumibile, quindi, che la condizione climatica sia più difficile. In mancanza di documentazione storica e di dettaglio sui dati climatici delle aree interessate dai nuovi tracciati, si sono ipotizzate delle condizioni ambientali di "Alto sovraccarico".

Tornando invece al presente progetto, la linea, pur trovandosi a quote più basse rispetto alle linee della Val Formazza, è caratterizzata: dal trovarsi posizionata in area sostanzialmente non esposta a sole (primo tratto fino all'attraversamento del Toce a Pontemaglio), forti dislivelli e grandi squilibri di valore tra campate adiacenti; conseguentemente, si ritiene ragionevole considerare il primo tratto della linea, fino all'attraversamento del Toce, nella stessa area climatica del progetto "Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza", per cui verranno adottate le stesse condizioni di carico ad "Alto sovraccarico". Proseguendo verso sud, la linea si porta a quote sempre più basse e vengono percorsi versanti con una buona esposizione al sole. Ne consegue che, per massimizzare lo sfruttamento dei materiali, al diminuire del sovraccarico, si aumenta il tiro dato al conduttore, espresso in percentuale del carico di rottura (%Kr).

Condizione climatica di Alto sovraccarico

⇒ il vento	varia	da	0	km/h	a	150	km/h
⇒ lo spessore manicotto di ghiaccio	varia	da	30	mm	a	50	mm
⇒ la temperatura minima	varia	da	-5	°C	a	-30	°C

Condizione climatica di Medio sovraccarico

⇒ il vento	varia	da	0	km/h	a	150	km/h
⇒ lo spessore manicotto di ghiaccio	varia	da	12	mm	a	30	mm
⇒ la temperatura minima	varia	da	-5	°C	a	-30	°C

	ipotesi ambientali Progetto nuovi assi linea (Alto sovraccarico) Conduttore 56.26mm Parametro MFB=1050m (→12,6-16,3%Kr in EDS)					ipotesi ambientali Progetto nuovi assi linea (Medio sovraccarico) Conduttore binato 40.5mm 15% → 18Kr in EDS					Riferimento Norma CEI attualmente in vigore (Zona climatica "B") Conduttore binato 40.5mm 20Kr in EDS
Vento (km/h)	0	65	65	130	150	0	65	130	130	150	65
spessore manicotto di ghiaccio (mm)	50	45	12	35	30	30	25	20	15	12	12
temperatura minima (°C)	-5	-10	-20	-20	-30	-5	-10	-15	-20	-30	-20

Nel progetto "Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza", per le linee in alta montagna è stato adottato il conduttore singolo alluminio-acciaio diametro 56,26 mm (sezione 1656 mm<sup>2</sup>).

In considerazione del fatto che il presente progetto, pur sviluppandosi a quote inferiori, interessa le stesse aree climatiche, anche per la linea in oggetto si ipotizza di utilizzare lo stesso conduttore singolo alluminio-acciaio diametro 56,26 mm, fino all'attraversamento del Toce (zona ad "Alto sovraccarico"). Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio, composta da n. 150 fili di alluminio del diametro 3,75 mm (sezione totale alluminio 1656 mm<sup>2</sup>) e da n. 37 fili di acciaio del diametro di 2,68 mm, con un diametro complessivo di 56,26 mm.

Il carico rottura teorico del conduttore sarà di 53.280 daN. (vedere tavola LC3 Doc. n. EERX10004BTO00505).

Nella zona a "Medio sovraccarico" (da attraversamento del Toce a Pontemaglio fino a Pallanzeno) verrà installato un conduttore binato da 40.5mm di diametro, tirato dal 15%Kr al 18%Kr in funzione della area climatica (ad un tiro minore corrispondono condizioni climatiche più severe). Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio, composta da n. 54 fili di alluminio del diametro 4.50 mm (sezione totale alluminio 858.8 mm<sup>2</sup>) e da n. 19 fili di acciaio del diametro di 2.70 mm, con un diametro complessivo di 40.5 mm.

Il carico rottura teorico del conduttore sarà di 27430 daN. (vedere tavola LC4 Doc. n. EERX10004BTO00505)

Il materiale dei sostegni e degli armamenti sarà in classe 380 kV della serie "Alto Sovraccarico", fino all'attraversamento del Toce, in modo da garantirne la stabilità strutturale in condizioni di montagna, mentre il rimanente tratto di linea (da attraversamento del Toce a Pontemaglio fino a Pallanzeno) verrà realizzato con sostegni tradizionali della serie 380 kV semplice terna, al fine di garantire la stabilità strutturale in condizioni comunque difficili, specialmente negli attraversamenti delle valli.

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 12, arrotondamento per accesso di quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con la corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. Tale corda di guardia, in acciaio rivestito di alluminio del diametro di 20,30 mm e sezione di 245,50 mm<sup>2</sup>, sarà costituita da n. 37 fili del diametro di 2,91 mm (vedere tavola LC53 Doc. n. EERX10004BTO00505).

Il carico di rottura teorico della corda di guardia sarà di 29.673 daN.

In alternativa è possibile l'impiego di una corda di guardia in alluminio-acciaio con fibre ottiche, del diametro di 17,9 mm (vedere tavola LC 60 Doc. n. EERX10004BTO00505) da utilizzarsi per il sistema di protezione, controllo e conduzione degli impianti.

#### **6.4.1 Stato di tensione meccanica**

Trattandosi di una linea esposta a condizioni ambientali eccezionali anche i criteri di progettazione variano passando dalla condizione base "EDS" alla condizione base "MFB" per minimizzare la variazione dello stato di tensione meccanica nei conduttori, garantendo allo stesso tempo:

- il franco minimo sul terreno ed opere attraversate
- la tensione minima nel conduttore - e corda di guardia – nelle condizioni di verifica più gravose, essendo queste tutte derivate dalla condizione base MFB.

Nelle altre condizioni derivate 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; in più, nel caso della linea in oggetto devono essere verificate le condizioni eccezionali "Alto Sovraccarico" e "Medio Sovraccarico", oltre alle normali condizioni di Zona "B"

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
- **CVS3** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C ( Zona A) -10°C (Zona B), vento a 65 km/h
- **CVS4** – Condizione di verifica sbandamento catene: +20°C, vento a 65 km/h

Oltre alle ipotesi sopra elencate, che sono definite dalla normativa, sono state introdotte nuove ipotesi di verifica eccezionali:

Alto sovraccarico

⇒ il vento	varia	da	0	km/h	a	150	km/h
⇒ lo spessore manicotto di ghiaccio	varia	da	30	mm	a	50	mm
⇒ la temperatura minima	varia	da	-5	°C	a	-30	°C

Medio sovraccarico

⇒ il vento	varia	da	0	km/h	a	150	km/h
⇒ lo spessore manicotto di ghiaccio	varia	da	12	mm	a	30	mm
⇒ la temperatura minima	varia	da	-5	°C	a	-30	°C

Queste nuove ipotesi di verifica determinano il dimensionamento meccanico di tutti i componenti della linea.

Pertanto per l'insieme delle condizioni di verifica, la condizione base di progetto della linea per il tratto con conduttore alluminio-acciaio 56.26 mm viene assunta:

**ZONA B + "AS":** condizione base di progetto **MFB** → parametro conduttore 1050 m  
→ costante per tutti i valori di campata equivalente  
**a cui corrispondente il tiro orizzontale in MFB di 6623 daN pari al 12,51 % del carico di rottura Kr.**

Conseguentemente:

il tiro orizzontale in EDS varia da 8625 daN (16,28 % Kr → campata equivalente di 150 m)  
a 6672 daN (12,60 % Kr → campata equivalente di 950 m)

La condizione base di progetto della linea per il tratto con conduttore binato alluminio-acciaio 40.5 mm vengono assunte le seguenti condizioni:

**ZONA B + "MS"1:** condizione base di progetto **EDS** → **pari al 15 % del carico di rottura Kr**  
**a cui corrispondente il tiro orizzontale in EDS di 4115 daN**

**ZONA B + "MS"2:** condizione base di progetto **EDS** → **pari al 18 % del carico di rottura Kr**  
**a cui corrispondente il tiro orizzontale in EDS di 4937 daN**

Analogamente, anche per la corda di guardia i criteri di progetto e verifica seguono i criteri già utilizzati per il conduttore.

In ogni caso dovrà essere garantita la necessità di avere il parametro della corda di guardia del 6-10% più elevato rispetto a quello del conduttore nella stessa condizione di verifica; questo al fine di garantire i

franchi elettrici conduttore-corda e, al tempo stesso, permettere alla fune la sua funzione di “parafulmine” nei confronti del conduttore.

Per fronteggiare le conseguenze dell’assestamento dei conduttori, si rende necessario maggiorare il tiro all’atto della posa. Ciò si ottiene introducendo un decremento fittizio di temperatura ( $\Delta\theta$  nel calcolo delle tabelle di tesatura) pari a 30-50°C.

Tale valore, molto più elevato del valore di pretensione normalmente utilizzata per il conduttore alluminio-acciaio diametro 31.5 mm che assume normalmente i valori di :

- -16°C in zona A
- -25°C in zona B

trova motivazione :

- nella maggiore dimensione del conduttore che sarà utilizzato in questo progetto (alluminio-acciaio diametro 56.26 mm o binato 40.5mm)
- nei valori particolarmente elevati dei tiri assiali che si generano nel conduttore del progetto; questo tiro assiale elevato è generato dal tiro orizzontale dovuto alle condizioni ambientali più gravose, ma soprattutto dalla componente verticale ovvero dai forti dislivelli delle campate, caratteristiche di queste linee.

## **6.5 CAPACITÀ 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.

## **6.6 SOSTEGNI**

I sostegni (semplice terna del tipo a delta), saranno di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Gli angolari di acciaio sono raggruppati in elementi strutturali. 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 sia in zona “A” che in zona “B”, sia per sopportare i sovraccarichi maggiorati previsti per condizioni ambientali eccezionali (definite di “*Alto Sovraccarico*” e “*Medio Sovraccarico*”).

Essi avranno un’altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme. Nei casi in cui ci sia l’esigenza tecnica di superare tale limite, si provvederà, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, alla

verniciatura del terzo superiore dei sostegni e all'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia.

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, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai piedi, 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. 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.

La linea 220 kV sarà realizzata utilizzando una serie speciale di tipi di sostegno (definita serie 380 kV "Alto Sovraccarico" e "Medio Sovraccarico"), 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 48 m, con alcuni allungati speciali fino a 60 m).

I tipi di sostegno utilizzati e le loro prestazioni nominali riferiti alla zona B + le condizioni ambientali eccezionali, con riferimento al conduttore utilizzato.

<b>TIPO SOSTEGNI (semplice terna Alto Sovraccarico) (semplice terna Medio Sovraccarico)</b>	<b>ALTEZZA SERIE</b>	<b>CAMPATA MEDIA</b>	<b>ANGOLO DEVIAZIONE</b>	<b>COSTANTE ALTIMETRICA</b>
"AG" amarro di linea	21 ÷ 48 m	650 m	60°00'	0,5278
"AG" amarro capolinea	21 ÷ 48 m	400 m	0°00'	0,0000
"GSA" amarro rompi tratta	21 ÷ 48 m	600 m	50°00'	0,3539
"GSV" sospensione pesante	21 ÷ 48 m	600 m	50°00'	0,3539
"G1" sospensione intermedia	15 ÷ 48 m	630 m	25°00'	0,3990
"G2" sospensione leggera	15 ÷ 48 m	450 m	8°00'	0,3263

<b>TIPO SOSTEGNI (semplice terna Zona B - EDS 20 %)</b>	<b>ALTEZZA</b>	<b>CAMPATA MEDIA</b>	<b>ANGOLO DEVIAZIONE</b>	<b>COSTANTE ALTIMETRICA</b>
"N" Normale	18 ÷ 42 m	400 m	4°10'	0,2276
"M" Medio	18 ÷ 54 m	400 m	8°22'	0,2895
"V"Vertice	18 ÷ 54 m	400 m	32°	0,3825
"C"Capolinea	18 ÷ 42 m	400 m	60°	0,3825
"E" Eccezionale	18 ÷ 42 m	400 m	75°	0,3825

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.

Viste le limitazioni di prestazione meccanica di tale tipologia, ciascun sostegno e la relativa fondazione sono calcolati ad hoc uno ad uno tenendo conto delle specifiche caratteristiche plano-altimetriche del terreno che ospiterà il sostegno.

Inoltre, per la parte di tracciato tra l'attraversamento della Val Formazza e la SE di Pallanzeno, sarà realizzato con sostegni tradizionali a traliccio della serie 380 kV.

Per la visualizzazione degli schemi dei sostegni vedere l'elaborato Doc. n° EERX10004BTO00505 "Caratteristiche componenti parte aerea" allegato.

## **6.7 ISOLAMENTO**

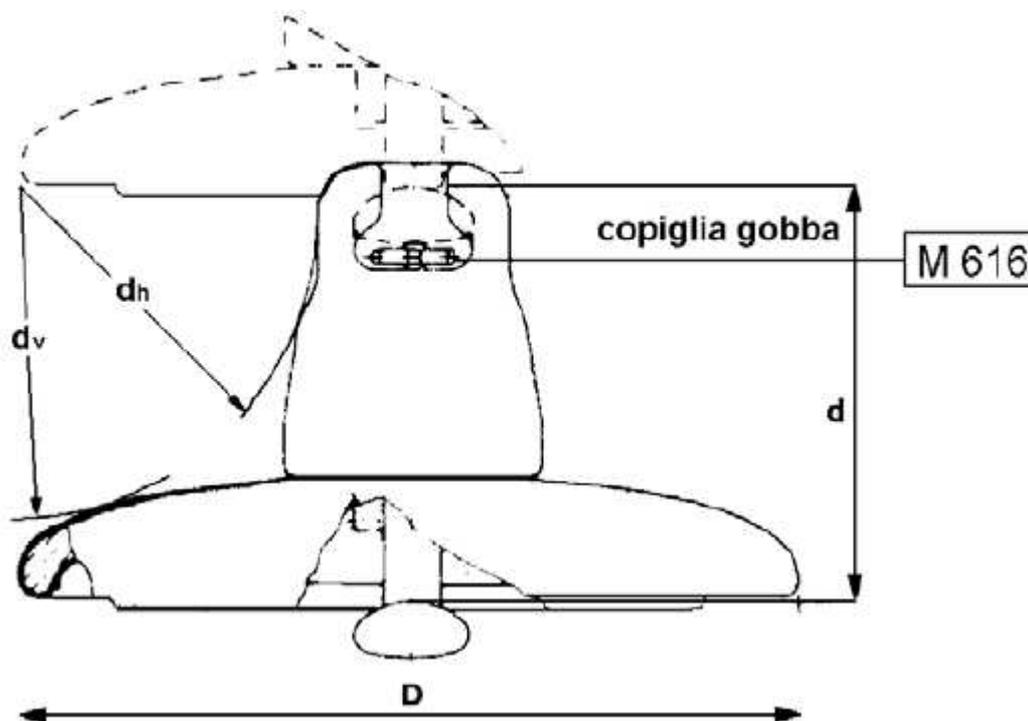
L'isolamento degli elettrodotti sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 160, 210 e 400 kN connessi tra loro a formare catene di almeno 19 elementi negli amarri e 21 nelle sospensioni.

Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

Essendo tutto il materiale di isolamento della serie 380 kV, il coordinamento elettrico - caratteristico per la tensione di esercizio 220 kV - sarà effettuato con il posizionamento delle catene di richiamo (su tutti i sostegni di amarro) con capacità di isolamento di 220 kV.

### 6.7.1 Caratteristiche geometriche

Nelle tabelle UXLJ1 e LJ2 allegate 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.



### 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.

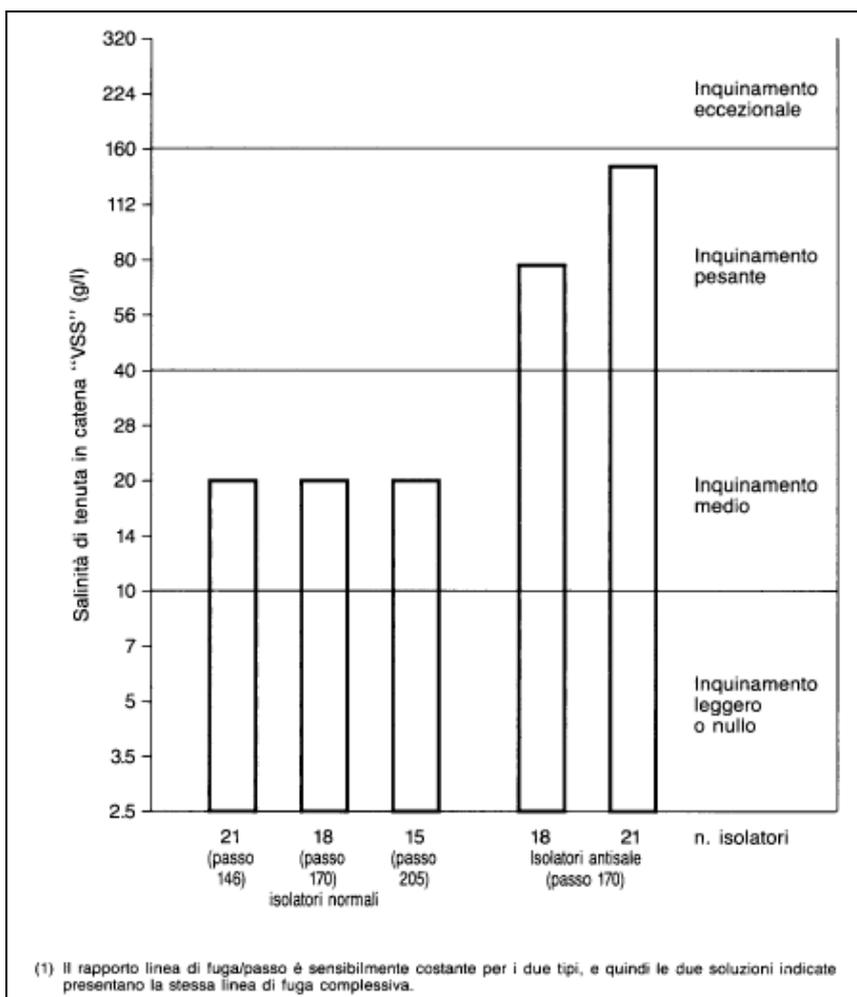
Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle UXLJ1 e LJ2 allegate sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina 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</p>	10

	non siano direttamente esposte a venti marini (3)	
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> <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, 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.



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 "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 di 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).

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico leggero o nullo e quindi si è scelta la soluzione dei 21 isolatori (passo 146) tipo J1/3 (normali) per gli armamenti in sospensione e quella dei 18 isolatori (passo 170) tipo J1/4 (normali) per gli armamenti in amarro. Qualora i valori di carico trasmessi dal conduttore alle morse ed agli isolatori lo richiedano, si provvederà a utilizzare gli isolatori tipo J1/4 per le sospensioni e tipo J1/5 per gli amarrati, o ad incrementare il numero di catene per ramo e posizionare i doppi morsetti.

## 6.8 MORSETTERIA ED ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria per linee a 380 kV “Alto sovraccarico” e tradizionali 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:

- 360 kN utilizzato per le morse di sospensione
- 360 kN utilizzato per i rami semplici degli armamenti di sospensione.
- 210 kN utilizzato nei rami doppi degli armamenti di sospensione (doppio morsetto sospensione)
- 550 kN utilizzato per le morse di amarro
- 400 kN utilizzato per ogni ramo degli armamenti di amarro (nel caso di doppia catena)
- 210 kN utilizzato per ogni ramo degli armamenti di amarro (nel caso di tripla catena)

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	CARICO DI ROTTURA (kN)		SIGLA
	Ramo 1	ramo 2	
a “I” semplice	210		IS
a “I” doppio	210 x 2		ID
a “V” semplice	210	210	VSS
a “V” doppio	210 x 2	210 x 2	VDD
a “L” semplice-	210	210	LSS
a “L” doppio	210 x 2	210 x 2	LDD
triplo per amarro	3 x 210		TA
triplo per amarro rovescio	3 x 210		TAR
doppio per amarro	2 x 400		DA
doppio per amarro rovescio	2 x 400		DAR
ad “I” per richiamo collo morto	160		IR
a “V” semplice per richiamo collo morto	160	160	VR

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).

## 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 da:

- 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

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 ad hoc.

## **6.10 MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI**

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, viene scelto, in base alle indicazioni riportate nel Progetto Unificato, anche il tipo di messa a terra da utilizzare.

Il Progetto Unificato ne prevede di 6 tipi, adatti ad ogni tipo di terreno.

## **6.11 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI**

Si rimanda alla consultazione dell'elaborato Doc. n. EERX10019BTO00505 Rev.01 "Caratteristiche Componenti Linee"

## **6.12 TERRE E ROCCE DA SCAVO**

Si rimanda al corrispondente elaborato già contenuto nello Studio di Impatto Ambientale (SIA).

# **7 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 il "fischio" dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità. L'effetto corona, invece, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto.

Per quanto riguarda l'emissione acustica di una linea a 380 kV di configurazione standard, misure sperimentali effettuate in condizioni controllate, alla distanza di 15 m dal conduttore più esterno, in condizioni di simulazione di pioggia, hanno fornito valori pari a 40 dB(A).

Occorre rilevare che il rumore si attenua con la distanza in ragione di 3 dB(A) al raddoppiare della distanza stessa e che, a detta attenuazione, va aggiunta quella provocata dalla vegetazione e/o dai manufatti. In queste condizioni, tenendo conto dell'attenuazione con la distanza, si riconosce che già a poche decine di metri dalla linea risultano rispettati anche i limiti più severi tra quelli di cui al D.P.C.M. marzo 1991, e alla Legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 447 del 26/10/1995).

Confrontando i valori acustici relativi alla rumorosità di alcuni ambienti tipici (rurale, residenziale senza strade di comunicazione, suburbano con traffico, urbano con traffico) si constata che tale rumorosità ambientale è dello stesso ordine di grandezza, quando non superiore, dei valori indicati per una linea a 380 kV. Considerazioni analoghe valgono per il rumore di origine eolica.

Per una corretta analisi dell'esposizione della popolazione al rumore prodotto dall'elettrodotto in fase di esercizio, si deve infine tenere conto del fatto che il livello del fenomeno è sempre modesto e che l'intensità massima è legata a cattive condizioni meteorologiche (vento forte e pioggia battente) alle quali corrispondono una minore propensione della popolazione alla vita all'aperto e l'aumento del naturale rumore di fondo (sibilo del vento, scroscio della pioggia, tuoni). Fattori, questi ultimi, che riducono sia la percezione del fenomeno che il numero delle persone interessate.

## **8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si rimanda al corrispondente elaborato già contenuto nello Studio di Impatto Ambientale (SIA).

## **9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

Si rimanda al relativo paragrafo dell'elaborato Doc. n. RG RX 10004 B CC 00001.

## **10 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si rimanda al relativo paragrafo dell'elaborato Doc. n. RG RX 10004 B CC 00001.

## **11 AREE IMPEGNATE**

Si rimanda al relativo paragrafo dell'elaborato Doc. n. RG RX 10004 B CC 00001.

## **12 FASCE DI RISPETTO**

Si rimanda al relativo paragrafo dell'elaborato Doc. n. RG RX 10004 B CC 00001.e al documento "Calcoli C.E.M." Doc. n EGRX10004BTO00810

## **13 SICUREZZA NEI CANTIERI**

Si rimanda al relativo paragrafo dell'elaborato Doc. n. RG RX 10004 B CC 00001.