

Linea a 380 kV a semplice terna binata

“Flero - Nave” T. 372

Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27
per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico
nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi
in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia"
in Comune di Brescia in Provincia di Brescia.

Progetto di massima

Piano Tecnico delle Opere

Relazione Tecnico Illustrativa

Storia delle revisioni


Rev. 00	del 15/09/2022	Prima emissione
---------	----------------	-----------------

Uso Pubblico

Elaborato		Verificato		Approvato	
M. Cagnoni		A. Sozzani		M. Pagliardi	
RLNOR-TL		RLNOR-TL		ATNOR-RL	

Indice

Indice	2
Oggetto	3
Motivazioni dell'opera	3
Ubicazione dell'intervento ed opere attraversate	4
Descrizione delle opere	5
Caratteristiche tecniche dell'opera	7
Terre e rocce da scavo	11
Rumore	12
Campi elettrico e magnetico	13
Fasce di rispetto	13
Normativa di riferimento	14
Collaudo impianti	19
Attività di costruzione	23
Cronoprogramma	25
Elenco documenti	26

 T E R N A G R O U P	<i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 3 di 28

Oggetto

La presente relazione fa parte del progetto di massima atto a descrivere l'intervento di modifica della rete ad altissima tensione 380 kV nel comune di Brescia (BS) previsto per l'elettrodotto semplice terna binato T. 372 denominato "Flero - Nave".

La linea collega la Stazione Elettrica di "Flero" alla Stazione Elettrica "Nave" ed ha una lunghezza complessiva pari a circa 16,96 km.


L'elettrodotto fa parte della Rete di Trasmissione Nazionale (R.T.N.) ed è di proprietà della società Terna S.p.A. - Gruppo Terna S.p.A..

L'intervento in oggetto prevede la modifica delle campate comprese tra i sostegni al p. 25 e al p. 27.

Motivazioni dell'opera

La società GC S.r.l. Real Estate Development ha commissionato lo studio di un'ipotesi di risoluzione dell'interferenza per rendere compatibile l'elettrodotto 380 kV T. 372 "Flero – Nave" con il progetto di un nuovo insediamento produttivo in ambiti estrattivi dismessi in zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia (BS).

L'ipotesi progettuale consiste nella realizzazione di una variante all'elettrodotto da realizzarsi fuori asse linea attraverso la posa di due nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b e la contestuale demolizione dei sostegni al p. 25 e al p. 26.

 <small>TERNA GROUP</small>	<p align="center">Piano Tecnico delle Opere Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 4 di 28

Ubicazione dell'intervento ed opere attraversate

L'intervento in oggetto è ubicato nel Comune di Brescia (BS) nei pressi del confine comunale con il Comune di Rezzato (BS) all'interno di fondi di proprietà di terzi.

La variante verrà realizzata attraverso la costruzione di due nuovi sostegni fuori asse linea al p. 25a ed al p. 25b e la contestuale demolizione dei sostegni esistenti al p. 25 e al p. 26.

I fondi interessati dalla variante sono di tipo agricolo (aree agricole di cintura (NTA art.84a).

I principali attraversamenti che interferiranno con il tracciato in conduttore aereo saranno i seguenti:

- Parco locale di interesse sovracomunale (P.l.i.s.) "delle cave di Buffalora e di San Paolo";
- Strada Provinciale SPBS "Padana Superiore Tangenziale SUD" progr. Km 14+360;
- *elettrodotto 132 kV T. 124 "Sant'Eufemia – Mazzano ASM" di proprietà di Terna S.p.A.;*
- *elettrodotto 132 kV "Brescia RT – Ponte San Marco RT" di proprietà di Rete S.r.l.;*
- *roggia Renata;*
- *Strade comunali Via A. Chiappa e Via San Benedetto in Comune di Brescia (BS);*
- *Distributore carburanti "Esso";*
- *Discarica A2A di "Buffalora".*

	Piano Tecnico delle Opere Relazione Tecnico Illustrativa		Codifica RE21372A1BBX00031	
			Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 5 di 28

Descrizione delle opere

La scelta del tracciato e la soluzione proposta sono quelle che garantiscono il giusto compromesso tra i seguenti vincoli:

- ridurre al minimo l'occupazione di nuovo territorio;
- mantenere il più possibile le attuali percorrenze e fasce asservite;
- minimizzare i costi di realizzazione.

Il progetto prevede, come anticipato, la posa di due nuovi sostegni al p. 25a e al p.25b e la contestuale demolizione dei sostegni esistenti al p. 25 e al p. 26.

I nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b verranno realizzati a ovest dell'area produttivo/artigianale di proprietà di GC S.r.l. nei pressi del fondo coinvolto.

Il tracciato della variante in progetto risulterà mantenere un asse linea che si discosta di 40m dall'asse della linea esistente.

I conduttori compresi nella campata p. 23-p.24 e p.25b-p.27 verranno traslati dal vecchio sostegno e pertanto mantenuti in opera.


Nel tratto di elettrodotto tra il p. 24 ed p. 25b verranno inoltre sostituiti i conduttori con un tipo di portata analoga rispetto a quella in opera.

Il conduttore che verrà impiegato tra il sostegno al p. 24 e il p. 25b è in ACSR Alluminio – Acciaio del diametro 31,5mm, in quanto standard realizzativo per gli elettrodotti facenti parte della Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà del Gruppo Terna S.p.A..

I nuovi sostegni saranno di tipo tronco-piramidale a semplice terna e verranno realizzati con angolari di acciaio a elementi zincati a caldo e bullonati che saranno infissi in fondazioni di cemento armato del tipo "a platea".

La porzione di terreno occupata da ciascun sostegno risulta pari a circa 180 m².

A lavori ultimati si provvederà al recupero dei sostegni al p.25 e al p.26 dismessi e la demolizione dei blocchi di fondazione fino alla quota di -1,50 m dal piano di campagna.

	<p align="center"><i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 6 di 28

Il progetto di variante presentato non richiede la Valutazione di Impatto Ambientale in quanto per sua natura non risulta assoggettabile a quanto previsto dal D. Lgs. n. 4 del 16 gennaio 2008 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, recante norme in materia ambientale” art. 6 e precisamente:

- Allegato II

4) Elettrodotti aerei con tensione nominale di esercizio superiore a 150 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 15 km ed elettrodotti in cavo interrato in corrente alternata, con tracciato di lunghezza superiore a 40 chilometri.


- Allegato III

z) Elettrodotti per il trasporto di energia elettrica con tensione nominale superiore 100 kV con tracciato di lunghezza superiore a 10 km.

- Allegato IV

7. Progetti di infrastrutture

z) elettrodotti aerei esterni per il trasporto di energia elettrica con tensione nominale superiore a 100 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 3 km.

	<p align="center"><i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 7 di 28

Caratteristiche tecniche dell'opera

Conduttori

Il conduttore attualmente installato nella linea aerea esistente è del tipo in ACSR in Alluminio – Acciaio binato del diametro 31,5mm che verrà sostituito con conduttori della medesima tipologia.

Capacità di trasporto

La variante alla linea in progetto verrà realizzata impiegando conduttori della medesima tipologia di quelli attualmente in opera ACSR Alluminio – Acciaio ø 31,5mm.

La capacità di trasporto del conduttore aereo risulta pari a **1.360 A nel priodo “C” (maggio-settembre) e 1.540 A nel Periodo F (ottobre-aprile)**.

Fune di guardia

La fune di guardia, necessaria a garantire la protezione dei conduttori dalle scariche atmosferiche, attualmente presente sull'elettrodotto risulta essere del tipo con 48 fibre ottiche del diametro di 12,48mm.

Nel tratto di linea oggetto di variante verrà impiegata la medesima fibra ottica.

Isolatori

L'isolamento dell'elettrodotto, previsto per una tensione di 380 kV, è stato dimensionato per una tensione massima di esercizio di 420 kV.

Gli isolatori utilizzati sono del tipo a cappa e perno in vetro temprato con carico di rottura di 120 kN in catene di almeno 19 elementi ciascuna.

Le caratteristiche geometriche degli isolatori sono sufficienti a garantire il desiderato comportamento delle catene a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra.

	<p align="center">Piano Tecnico delle Opere Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 8 di 28

Morsetteria

Gli elementi di morsetteria per le linee a 380 kV sono stati unificati tenendo presente il quadro più generale costituito da tutte le linee a tensione superiore a 100 kV.

Nel documento “Elementi Tecnici d’Impianto” sono riportate le tabelle di combinazione di elementi di morsetteria.

Sostegni

Il nuovi sostegni saranno di tipo Epbs 54 della serie 380 kV semplice terna binati, a traliccio, costruiti con profilati ad L in acciaio, zincati a caldo ed imbullonati, con fondazioni in calcestruzzo armato a "platea".

I pali avranno un'altezza utile pari a 54m tale da garantire in ogni condizione, come previsto dalla normativa vigente, il franco sul territorio e sulle opere attraversate.

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, etc...), alle distanze di rispetto dei sostegni e dei conduttori da altre opere vicine od 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.

Condiz.	Temper.	Vento tras.	Sp. Ghiac.	Prescrizioni per linee 3° classe
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.

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.

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)

Condizione di calcolo	Temperatura	Vento	Ghiaccio
MFB	40	0	0

Distanze di rispetto dei conduttori (DM 21-03-1988 art. 2.1.05 e 2.1.06)


Condizione di calcolo	Distanza da	Valori di legge (m)
MFB	autostrade, strade statali e provinciali, ferrovie	8,98
MFB	linee elettriche AT o di contatto ferroviarie	4,0
MFB	terreno e acque non navigabili	6,29

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

Condizione di calcolo	Distanza da	Valori di legge (m)
-	Limite zona di occupazione di autostrada	Distanza dal margine strada > altezza sostegno
-	Confine strada statale	15
-	Confine strada provinciale	7
-	Confine strada comunale	3

Angoli di incrocio (DM 88 – 2.1.10)

Angolo di incrocio	Valore di legge minimo (°sd)
della linea con ferrovie, strade statali ed autostrade	15

	<p align="center">Piano Tecnico delle Opere Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 10 di 28

Fondazioni

Fondazioni a platea

Le fondazioni utilizzate saranno del tipo “a platea” di cemento armato, strutture interrato atte a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dai sostegni al sottosuolo.

La fondazione per ogni sostegno è composta di tre parti:

Fondazione “a platea” - 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;

- quattro colonnini a sezione circolare contenenti ognuno il montante del sostegno;
- quattro “monconi” annegati nel calcestruzzo al momento del getto, collegati ognuno 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.

La progettazione e le successive verifiche sono state eseguite in conformità alla Normativa vigente, tenendo in debito conto le prescrizioni sui carichi e sovraccarichi.

Le verifiche di resistenza strutturale sono state effettuate:

- per le condizioni di carico dettate dalla Norma Linee, secondo il metodo delle tensioni ammissibili;
- per le condizioni di carico che prevedono l'azione sismica, con il metodo dello stato limite ultimo (S.L.U.).

Le analisi effettuate prevedono:

- le combinazioni di carico così come previsto dalle “Norme Tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne” par. 2.4.04 – *Ipotesi di carico*;
- le combinazioni di carico con l'azione sismica, in accordo alla OPCM 3274, 3316 e 3431, allegato 2.

I criteri di analisi e di calcolo adottati sono funzionali al grado di definizione delle opere e dei carichi in gioco; le elaborazioni sono state effettuate secondo gli ordinari metodi della Scienza delle costruzioni e le tecniche convenzionali normalmente impiegate per tali opere.

I dimensionamenti e le verifiche sono stati condotti considerando per la tipologia del sostegno individuata quella con condizioni di carico maggiormente penalizzante.

Terre e rocce da scavo

(art. 186 D.Lgs. 152/06)

In relazione all'articolo citato, di seguito vengono descritte le modalità di trattamento dei materiali di scavo.

La realizzazione di un elettrodotto aereo è suddivisibile in quattro fasi principali:

1. esecuzione delle fondazioni del sostegno;
2. montaggio del sostegno;
3. messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia;
4. recupero del sostegno esistente;

dove la prima e la quarta fase comportano movimenti di terra.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel Progetto Unificato Terna mediante apposite "tabelle delle corrispondenze" tra sostegni, monconi e fondazioni.

Poiché le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili, sono progettate fondazioni speciali (pali trivellati, micropali, tiranti in roccia), sulla base di apposite indagini geotecniche.

La realizzazione delle fondazioni di un sostegno prende avvio con l'allestimento dei cosiddetti "microcantieri" relativi alle zone localizzate da ciascun sostegno. Essi sono destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, ed infine all'assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno. Mediamente interessano un'area circostante delle dimensioni di circa 30x30 m e sono immuni da ogni emissione dannosa.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso ciascun "microcantiere" e successivamente il suo utilizzo per il rinterro degli scavi, previo accertamento, durante

la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso contrario, saranno eseguiti appositi campionamenti e il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente.

In particolare, poiché per l'esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e le terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi, vale a dire nelle aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito.

Oltre a quello di fondazione vero e proprio, saranno realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo e costipamento.

Per tutte le tipologie di fondazioni, l'operazione successiva consiste nel montaggio dei sostegni, ove possibile sollevando con una gru elementi premontati a terra a tronchi, a fiancate o anche ad aste sciolte.


Ove richiesto, si procede alla verniciatura dei sostegni.

Infine, una volta realizzato il sostegno, si procederà alla risistemazione dei "microcantieri", previo minuzioso sgombero da ogni materiale di risulta, rimessa in pristino delle pendenze del terreno costipato ed idonea piantumazione o ripristino del manto erboso.

In complesso, i tempi necessari per la realizzazione di un sostegno non superano il mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti. Di seguito sono descritte le principali attività delle tipologie di fondazione di più probabile utilizzo.

Rumore

In relazione al rumore, si precisa che i nuovi sostegni saranno localizzati lungo l'asse linea esistente, pertanto rimane quello prodotto dall'attuale linea aerea che potrebbe risultare essere un leggero effetto "Corona" presente in particolari condizioni atmosferiche e di ionizzazione dell'aria.

 T E R N A G R O U P	<i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 13 di 28

Campi elettrico e magnetico

Sono stati calcolati i campi elettrico e magnetico sull'impianto in progetto, facendo riferimento alla legislazione vigente in materia.

Per l'esecuzione delle analisi del campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti è stato utilizzato il software "EMF versione 4.08", programma per il calcolo dei campi elettromagnetici a 50 Hz generati da linee elettriche aeree ed in cavo, sviluppato da CESI S.p.A..

Il tutto è stato realizzato come risulta dall'elaborato allegato "Relazione dei campi Elettrico e Magnetico".


Fasce di rispetto

Per quanto riguarda la definizione delle fasce di rispetto si è fatto riferimento a quanto previsto nel Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale – serie generale – n. 160 del 05/07/2008.

Il suddetto riferimento normativo ha definito la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto al fine di applicare l'obiettivo di qualità nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

La Distanza di Prima Approssimazione è stata calcolata con l'ausilio del software CaMel (Campi Magnetici Elettrodotti) sviluppato da Cesi S.p.A. per il calcolo automatico del campo magnetico associato a più elettrodotti in un contesto tridimensionale georeferenziato.

La rappresentazione grafica della Dpa è riportata all'interno del documento "Planimetria con fascia Distanza di Prima Approssimazione" e meglio dettagliata all'interno della "Relazione dei campi elettrico e magnetico".

	<p align="center"><i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 14 di 28

Normativa di riferimento

✓ ***Per la progettazione elettrica e l'esecuzione dell'opera:***

- Norma C.E.I. 11-17, per i cavi elettrici in AT;
- Norma C.E.I. 11-1;
- Norma CEI 11-27: "Lavori su impianti elettrici".

✓ ***Per le prescrizioni relative ai limiti di esposizione e alla misurazione dei campi elettromagnetici:***

- Legge n° 36 del 2001;
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003;
- Norma CEI 211-4;
- Guida CEI 103-8;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (art.6), parte1: Linee aeree e in cavo";
- supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale serie generale n° 160 del 5 Luglio 2008.

✓ ***Per la progettazione delle linee elettriche aeree:***

- Legge 28 Giugno 1986, n° 339: "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Ministeriale 5 Agosto 1998 (in Gazz. Uff., 8 settembre, n. 209): "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne";
- Voto del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 457/98, reso in data 17.12.1998;

- REGIO DECRETO 11 Dicembre 1933, n° 1775: “Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici”;
- D.L. 29 Agosto 2003, n° 239, convertito, con modificazioni, dalla Legge 27 Ottobre 2003, n° 290 e Legge 23 Agosto 2004, n° 239: “Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia”, art. 1, comma 26;
- D.P.R. 8 Giugno 2001, n° 327: “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità”;
- D.Lgs. 27 Dicembre 2002, n° 302 e D.Lgs. 27 Dicembre 2004, n° 330: "Integrazioni al Decreto del Presidente della Repubblica 8 Giugno 2001, n° 327, in materia di espropriazione per la realizzazione di infrastrutture lineari energetiche”;
- D.Lgs 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni di cui al D.Lgs. 4/2008.

Sono state tenute in debito conto anche le procedure operative previste dal Sistema di Gestione per la Qualità per quanto concerne le linee guida dei progetti in conduttore aereo dettate da Terna azienda certificata ISO 9001.

✓ ***Per le prescrizioni relative agli aspetti di prevenzione incendi***

- Circolare del Ministero dell'Interno DCPREV RU 0007075 del 27.04.2010 All.1 e 2.

Principali formule utilizzate nei calcoli

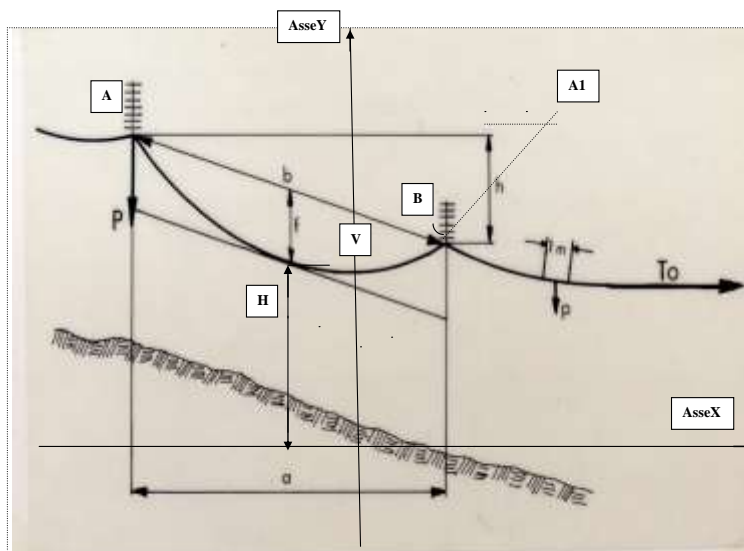
Equazione della catenaria

Il conduttore di una linea elettrica si dispone secondo l'arco della catenaria, la cui espressione, con il sistema di assi cartesiani usato in figura, è : $y = Hch \frac{x}{H}$ (ch coseno iperbolico)

Dove H è una costante, detta "parametro della catenaria" che dipende dallo stato di tensione del conduttore e dal suo peso unitario p, ed è data dall'espressione:

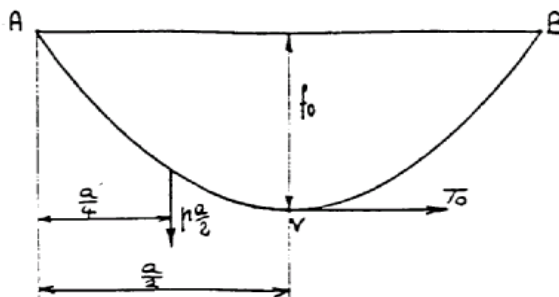
$$H = T_0/p$$

In cui T_0 rappresenta la componente orizzontale del tiro nel conduttore (costante lungo la campata come si dimostrerà nel seguito). Misurando T_0 in daN e p in daN/m, H risulta espresso in metri.



Freccia massima in una campata

Quando gli appoggi A e B sono alla stessa quota, la campata si dice a livello. In tal caso il vertice V è reale e cade nella mezzeria della campata.

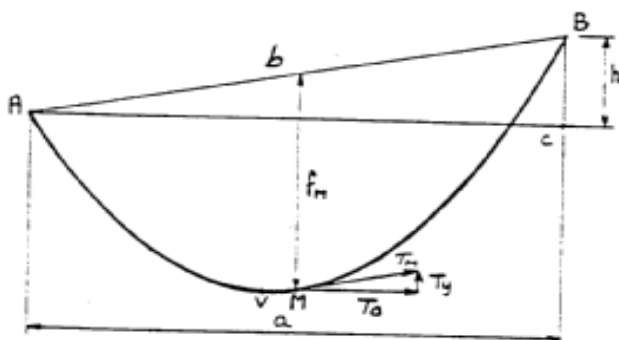


Il massimo valore di freccia nella campata f_o , si ha proprio in corrispondenza del vertice e la sua espressione è:

$$f_o = p \cdot a^2 / 8 \cdot T_o$$

Per ottenere il valore della freccia massima nel caso di campate a dislivello si definisce il "tiro medio" T_m , come tiro nel punto della catenaria in cui la tangente è parallela alla corda; si può dimostrare che detto tiro è in pratica coincidente col tiro nel punto medio m della catenaria.

$$f_M = \frac{ab}{8H}$$



	<p align="center">Piano Tecnico delle Opere Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 18 di 28

Equazione del cambiamento di stato del conduttore

$$\frac{1}{24} \left[\left(\frac{p' a}{T_M'} \right)^2 - \left(\frac{p a}{T_M} \right)^2 \right] - \frac{1}{ES} (T_M' - T_M) - \alpha (\theta' - \theta) = 0$$

nella quale:

Tm'= tiro medio incognito nella condizione finale o derivata (kg)

Tm= tiro medio noto nella condizione iniziale o base (kg)

P'= carico risultante per unità di lunghezza nella condizione finale (kg/m)

P = carico risultante per unità di lunghezza nella condizione iniziale (kg/m)

E = modulo di elasticità (kg/mm²)

S = sezione del conduttore (mm²)

a = lunghezza della campata (m)

α= coefficiente di dilatazione termica lineare (1/°C)

θ'= temperatura nella condizione finale (°C)

θ= temperatura nella condizione iniziale (°C)

Carichi agenti sui sostegni

Azione trasversale esercitata dal conduttore: $T = v \cdot C_m + (T_{01} + T_{02}) \sin \frac{\delta}{2} + t'$

Azione longitudinale esercitata dal conduttore: $L = (T_{01} - T_{02}) \cdot \cos \frac{\delta}{2}$

Azione verticale esercitata dal conduttore: $V = p \cdot C_m + K_1 T_{01} + K_2 T_{02} + p'$

Dove:

v=spinta del vento per metro di conduttore (daN/m o Kg/m)

p=peso del conduttore per metro (daN/m o Kg/m)

K=costante altimetrica del palo considerato

K_1, K_2 = costanti altimetriche distinte per campata $K_1 = \frac{\text{dislivello1}}{\text{campata1}}, K_2 = \frac{\text{dislivello2}}{\text{campata2}}$

Cm=campata media (m)

δ =angolo di deviazione linea

To=tiro orizzontale riferito alla campata equivalente della tratta (daN o Kg)

T₀₁, T₀₂ =tiri orizzontali delle due tratte nel caso di sostegno con squilibrio (daN o Kg)

t'= spinta del vento sulla catena (daN o Kg), 5% di v·Cm se in sospensione o 10% di v·Cm se sostegno in amarro

p'= peso della catena (daN o Kg)

Collaudo impianti

Nella realizzazione di tutti i propri impianti, Terna, in conformità alla propria certificazione ISO 9001 ed alle proprie procedure interne di qualità svolge appositi interventi di sorveglianza dalle fabbriche di produzione dei materiali ai collaudi post realizzazione.


Per quanto concerne tutti i materiali da costruzione, gli stessi, sono prodotti da aziende qualificate secondo le procedure Terna a valle dell'approvazione di un Piano di Controllo Qualità sottoposto e verificato da Terna stessa.

Tuttavia, i collaudi di fabbrica vengono eseguiti alla presenza di un incaricato della funzione Controlli e Collaudi di Terna e certificati dal fornitore stesso.

I collaudi post realizzazione sono eseguiti sulla scorta di una check list prevista dalla procedura interna e definiti in base al tipo di impianto realizzato.

Per quanto riguarda gli elettrodotti i più importanti sono:

- Prove di rottura su provini di calcestruzzo (riferimento Terna LF10012 ed. 7 del Aprile 1990 "Prescrizioni per il collaudo delle fondazioni dei sostegni di linee elettriche");
- Prova di resistenza dei ferri di fondazione (riferimento Terna LF10012 ed. 7 del Aprile 1990 "Prescrizioni per il collaudo delle fondazioni dei sostegni di linee elettriche");
- Controrevisione dei sostegni montati in opera (riferimento Terna "Procedure per l'esecuzione di lavori sulle linee elettriche aeree A.T. Cap. 9 par 12").

 TERNA GROUP	<i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 20 di 28


Manutenzione

A corredo di tutti gli impianti realizzati viene allegato il “Fascicolo” previsto all’art. 9, comma 1, lettera b D. Lgs. 81 del 09/04/2008 al fine di indirizzare le scelte per le attività di manutenzione successive alla chiusura del cantiere.

Tuttavia, i controlli e la manutenzione dell’opera saranno effettuati secondo le procedure operative unificate da Terna, in vigore al momento dell’intervento e descritte nel volume “Procedure per l’esecuzione di lavori sulle linee elettriche AT” Dicembre 1999 e suoi successivi aggiornamenti.

In particolare, considerando la certificazione ISO 9001 di Terna, sono state redatte ed entrate in vigore una serie di Istruzioni Operative di preciso indirizzo alle attività di manutenzione degli elettrodotti le cui versioni attualmente in vigore sono:

- ❖ IO100MN rev. 07 "Controlli e Ispezioni Linee";
- ❖ IO101MN rev. 01 "Ispezione ordinaria a vista da terra";
- ❖ IO110MN rev. 01 “Manutenzione linee aeree”.

 TERNA GROUP	<i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 21 di 28

A miglior comprensione, di seguito, uno stralcio delle principali attività di manutenzione ordinaria più ricorrente su elettrodotti:

❖ **Interventi sulle fondazioni**

Ripristino per conservazione in stato ottimale dei punti di contatto tra il calcestruzzo e la carpenteria onde evitare ristagni di umidità.

Pulizia e sgombero della fondazione da vegetazione o depositi di materiali.

Ripristino dei collegamenti di terra dei sostegni.

❖ **Interventi sui sostegni**

Sostituzione di ridotti quantitativi di carpenteria metallica per la sostituzione di semplici elementi eventualmente deformati o mancanti.

Sostituzione o ripristino di targhe monitorie o identificative dei sostegni.

Manutenzione ordinaria dei sezionatori installati sui sostegni (pulizia/ripristino/sostituzione di parti mobili e fisse, contatti).

Manutenzione delle segnalazioni luminose.

❖ **Interventi sugli isolatori**

Comprendono la sostituzione di isolatori ed equipaggiamenti rotti e/o danneggiati. La sostituzione è relativa a tutti le tipologie di isolatori, di qualunque materiale siano composti, compresi quelli rigidi e quelli portanti dei sezionatori montati sui sostegni.

Gli isolatori cappa e perno in porcellana, in caso di rottura o danneggiamento, saranno sostituiti con equivalenti in vetro.

❖ **Interventi sulla morsetteria**

Comprende la sostituzione dei morsetti danneggiati o il loro ripristino.


❖ **Interventi su conduttori e funi di guardia**

Riparazione di tutte le anomalie, a mezzo di giunti, preformed o manicotti, eventuale inserimento di spezzoni di conduttori e/o di fune di guardia.

❖ **Taglio piante**

Deramificazione e taglio delle piante secondo le prescrizioni dei regolamenti di Polizia Forestale o degli Enti Competenti, finalizzato al mantenimento delle distanze di sicurezza dei conduttori dell'elettrodotto per il regolare esercizio, nel rispetto di quanto riportato al punto h) dell'art. 2.1.06 "DISTANZE DI RISPETTO PER I CONDUTTORI" del D.M. 21/3/88.

❖ **Pulizia dei sentieri di ispezione.**

 TERNA GROUP	<i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 23 di 28

Attività di costruzione

I lavori di realizzazione si svolgeranno secondo tre macro-attività legate all'indisponibilità elettrica della linea.

❖ Attività da eseguire con la linea in servizio sono:

- ✓ realizzazione delle fondazioni dei nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b;
- ✓ montaggio delle parti inferiori dei nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b;

❖ Attività da eseguire durante il fuori servizio della linea sono:

- ✓ completamento del montaggio dei nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b;
- ✓ montaggio degli armamenti sui nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b;
- ✓ trasferimento, tesatura e regolazione dei conduttori e della fune di guardia;

❖ Attività da eseguire in coda al fuori servizio della linea sono:

- ✓ completamento demolizione dei sostegni al p.25 e al p. 26 da dismettere;
- ✓ demolizione dei blocchi di fondazione.

	<p align="center"><i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa</p>	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 24 di 28


Le attività si possono sinteticamente riassumere secondo il seguente ordine cronologico:

- ✓ formazione cantiere;
- ✓ esecuzione degli scavi di fondazione;
- ✓ montaggio delle basi dei nuovi sostegni al p. 25a e al p. 25b;
- ✓ posa delle messa a terra del sostegno;
- ✓ disalimentazione delle linee AT con messa in sicurezza delle eventuali interferenze (strade, linee elettriche, etc...);
- ✓ demolizione della parte alta dei sostegni al p. 25 e al p. 26 esistenti;
- ✓ completamento montaggio del sostegno al p. 25a e al p. 25b in progetto;
- ✓ montaggio degli armamenti ed esecuzione movimentazione dei conduttori e fune di guardia dai sostegni esistenti ai nuovi sostegni;
- ✓ recupero della parte inferiore dei sostegni al p. 25 e al p. 26 esistente;
- ✓ demolizione fondazioni esistenti e ripristino dei luoghi.

I mezzi d'opera utilizzati riguarderanno betoniere, macchine per la movimentazione della terra, demolitore, il trasporto dei materiali e una gru di altezza utile congrua.

Le attrezzature saranno composte da argani di tesatura, freni motore, presse per giunti, ponti e falconi per operazioni di montaggio dei sostegni e movimentazione conduttori.

La realizzazione impiegherà mediamente 10 addetti per una durata approssimativa di 20 giorni lavorativi.

 T E R N A G R O U P	<i>Piano Tecnico delle Opere</i> Relazione Tecnico Illustrativa	Codifica RE21372A1BBX00031	
		Rev. 00 del 15/09/2022	Pag. 26 di 28

Elenco documenti

Sigla documento	Descrizione	Rev	Data revisione
EE21372A1BBX00031	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Elenco elaborati	00	15/09/2022
RE21372A1BBX00031	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Relazione Tecnico Illustrativa	00	15/09/2022
RE21372A1BBX00032	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Elementi tecnici di impianto	00	15/09/2022
RE21372A1BBX00033	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Relazione dei campi elettrici e magnetici	00	15/09/2022

Segue elenco elaborati

Sigla documento	Descrizione	Rev	Data revisione
DE21372A1BBX00031	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Corografia	00	15/09/2022
DE21372A1BBX00032	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Ortofotocarta	00	15/09/2022
DE21372A1BBX00033	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Aerofotogrammetria	00	15/09/2022
DE21372A1BBX00034	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Planimetria catastale	00	15/09/2022
DE21372A1BBX00035	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Planimetria con fascia Distanza di Prima Approssimazione	00	15/09/2022

Segue elenco elaborati

Piano Tecnico delle Opere

Relazione Tecnico Illustrativa

Codifica
RE21372A1BBX00031

Rev.	00	Pag.	28
del 15/09/2022		di	28

Sigla documento	Descrizione	Rev	Data revisione
LE21372A1BBX00031	Modifica dell'elettrodotto nel tratto compreso tra il p. 25 ed il p. 27 per risolvere l'interferenza con la realizzazione di un nuovo centro logistico nell'ambito del Piano Attuativo per nuovi insediamenti produttivi in ambiti estrattivi dismessi zona "Boffalora Brescia" in Comune di Brescia in Provincia di Brescia. Progetto di massima. Profilo altimetrico	00	15/09/2022