

	RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA	Codifica RGRX10004BTO00915	
		Rev. 01 del 11/03/2016	Pag. 1 di 17



INTERCONNECTOR SVIZZERA-ITALIA
All'Acqua – Pallanzeno – Baggio
e
RAZIONALIZZAZIONE RETE AT NELLA VAL FORMAZZA

RELAZIONE TECNICA :
confronto tra Asse di Progetto (Intervento B) e
Asse Alternativa Valle
in RAZIONALIZZAZIONE RETE AT NELLA VAL FORMAZZA

Storia delle revisioni		
Rev.00	del 11/03/2016	Prima emissione

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

a0210301SR_REV01

INDICE

1	PRESENTAZIONE DEL DOCUMENTO	3
2	ANALISI DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO su cartografia CTR 1:10.000	3
2.1	Descrizione delle aree.	3
2.2	Descrizione delle difficoltà tecnica nelle definizione del tracciato di massima su cartografia CRT 1:10.000	4
3	DESCRIZIONE DELL'AREA INDIVIDUATA PER IL RILIEVO SCAN-LASER	5
3.1	Definizione dell'area	5
3.2	Descrizione delle difficoltà tecnica nelle definizione dei tracciati su rilievo scan-laser	5
4	Descrizione tecnica per il confronto tra l'Asse di Progetto della linea 220 kV ST Ponte – Verampio (Intervento B) e l'Asse Alternativa Valle	7
4.1	Criteri progettuali	7
4.2	Tipologia di sostegni considerati nel progetto	8
4.3	Schema di fondazione sostegno in presenza di forte pendenza del terreno	10
5	Analisi dei dati di rilievo nelle aree individuate di posizionamento sostegno	11
5.1	Analisi dei dati di rilievo per la determinazione della pendenza del terreno	11
5.2	Considerazioni tecniche relative all'angolo di deviazione linea	12
5.1	Considerazioni tecniche relative allo squilibrio delle campate sul sostegno	14
6	Analisi delle posizioni sostegno su Asse Progetto e Asse Alternativa Valle	15
7	Analisi critica delle posizioni sostegno su Asse Progetto e Asse Alternativa Valle	16
8	CONCLUSIONI	17
9	ALLEGATI	17

1 PRESENTAZIONE DEL DOCUMENTO

Il presente documento vuole ripercorrere le fasi di :

- analisi delle aree di intervento
- individuazione delle aree potenzialmente interessate dai progetti delle linee elettriche
- verifica e prima definizione dei tracciati di massima
- rilievo delle aree
- scelta dei tracciati per il progetto delle linee elettriche
- verifiche e considerazioni sulle posizioni dei sostegni individuate per i seguenti assi di progetto, nel tratto di territorio compreso tra la SE di Ponte e la SE di Verampio:
 - **INTERCONNECTOR SVIZZERA-ITALIA: Intervento F** (asse linea Semplice Terna 380 kV Confine - SE Pallanzeno)
 - **RAZIONALIZZAZIONE RETE AT NELLA VAL FORMAZZA: Intervento B** (asse linea Semplice Terna 220 kV SE Ponte – SE Pallanzeno)

L'intervento "Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza" è nato originariamente con lo scopo di delocalizzare le linee 220 kV della Val Formazza, in attuazione delle prescrizioni conseguenti alla fase di concertazione VAS per il progetto 380 kV Trino – Lacchiarella, come previsto in Protocollo d'Intesa sottoscritto in data 28 maggio 2009 tra TERNA, Regione Piemonte e EE.LL.

In questa prima fase di Progetto si individuano due assi 220 kV (entrambi semplice terna) che arrivano a SE Verampio, uno proveniente dal confine Passo S. Giacomo e l'altro dalla SE Ponte.

Nella attuale versione del Progetto, a seguito della necessità di dare attuazione alla Legge 99/2009, l'asse 220 kV dal Confine a SE Verampio viene utilizzato per l'asse a 380 kV Semplice Terna di interconnessione, per il tratto da Confine Passo S. Giacomo fino a SE Pallanzeno. L'effetto è un sostanziale cambiamento dello schema di rete sotteso alla somma dei due interventi, pur rimanendo immutata la necessità di due assi linea in semplice terna tra l'area di SE Ponte e l'area di SE Verampio.

2 ANALISI DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO su cartografia CTR 1:10.000

2.1 Descrizione delle aree.

La prima individuazione delle aree di intervento viene fatta sulla cartografia CTR (Carta Tecnica Regionale) in scala 1:10.000.

Per il tratto di territorio tra l'area di SE Ponte e l'area di SE Verampio, viene da subito escluso :

- l'utilizzo del fondovalle, sia al fine di non andare contro lo spirito del Protocollo d'Intesa del 28 maggio 2009, sia per la presenza, sul fondovalle, di molti nuclei abitati sparsi che rendono impossibile individuare dei tracciati per le linee, che si troverebbero compressi tra gli abitati e le pareti laterali che delimitano la valle
- la fascia di territorio (in sinistra orografica del Toce) che risulta già impegnata da molteplici attività estrattive.

La fascia di territorio rimasto disponibile per i tracciati delle linee è quindi compresa tra il limite superiore delle cave fino al confine di Stato, che nel primo tratto coincide col crinale della montagna; da una prima analisi, questa area, ad una prima analisi, presenta le seguenti caratteristiche:

- estrema "irregolarità" geomorfologica dei versanti
- estese aree con pendenze molto elevate
- frequenti gradoni di roccia

- valloni molto aperti (anche di 2 km ed oltre), difficilmente attraversabili con campate di elettrodotti
- costoni stretti e molto irregolari, trasversali alla valle principale.

Preso atto della difficoltà e complessità dell'area, viene analizzata la Cartografia Regionale dei dissesti e delle frane, la quale evidenzia:

- estese aree con pericolosità geomorfologica
- molte aree di instabilità e/o frane quiescenti
- frequenti aree di dissesti

La conferma della pericolosità e instabilità geologica di questa area è la imponente frana di Ponte (Aprile 2009) che, staccatasi da quota di circa 1650 m, è scivolata lungo il costone della montagna fino alla quota di circa 1300 m (quota dell'abitato di Ponte).

Considerato inoltre la quota elevata delle aree potenzialmente interessate dai tracciati, la dimensione degli impluvi, la pendenza dei versanti, viene analizzata anche la Cartografia Regionale delle valanghe; l'area è caratterizzata da:

- estese aree di scorrimento neve
- aree molto frequenti di fenomeni di valanghe
- frequenti canali di scorrimento valanghe

Le osservazioni fatte nell'inverno 2008/2009 (caratterizzato da nevicate abbondanti) hanno fatto constatare la discesa, fino a valle, di numerose valanghe: questo fenomeno (comunque presente negli anni passati più distanti) si era di molto attenuato negli ultimi anni a causa della riduzione delle precipitazioni nevose.

2.2 Descrizione delle difficoltà tecnica nelle definizioni del tracciato di massima su cartografia CRT 1:10.000

Stanti le criticità indicate, vengono tuttavia definiti sulla CTR diverse coppie di assi potenzialmente utilizzabili per tracciato delle linee, e per ciascuno di questi viene sviluppato il profilo altimetrico del tracciato sul quale viene fatta la distribuzione della possibile palificazione linea.

I tracciati di primo tentativo definiti su CTR sono posizionati a partire dal bordo superiore delle aree delle cave, dove però sono state riscontrate:

- le massime pendenze trasversali degli assi linea;
- le campate più lunghe di attraversamenti valloni.

Per cui tali assi si manifestano non utilizzabili, proprio per le criticità riscontrate.

Gli assi per i successivi tentativi sono definiti a quote altimetriche via via superiore; di questa difficoltà viene dato esplicito riscontro nel documento *RGAR10019BGL00011 Relazione Tecnica: inquadramento intervento* (progetto "Razionalizzazione Rete AT nella Val Formazza"), in cui si evidenzia che i tracciati individuati come possibili per localizzare le linee, sono posizionati a quote molto alte, dove i valloni si chiudono e la presenza di microaree con limitata pendenza in prossimità di spuntoni di roccia rappresentano sia un punto di possibile localizzazione dei sostegni, sia la naturale protezione dei sostegni stessi da valanghe, scorrimenti di neve, scariche di pietre e sassi.

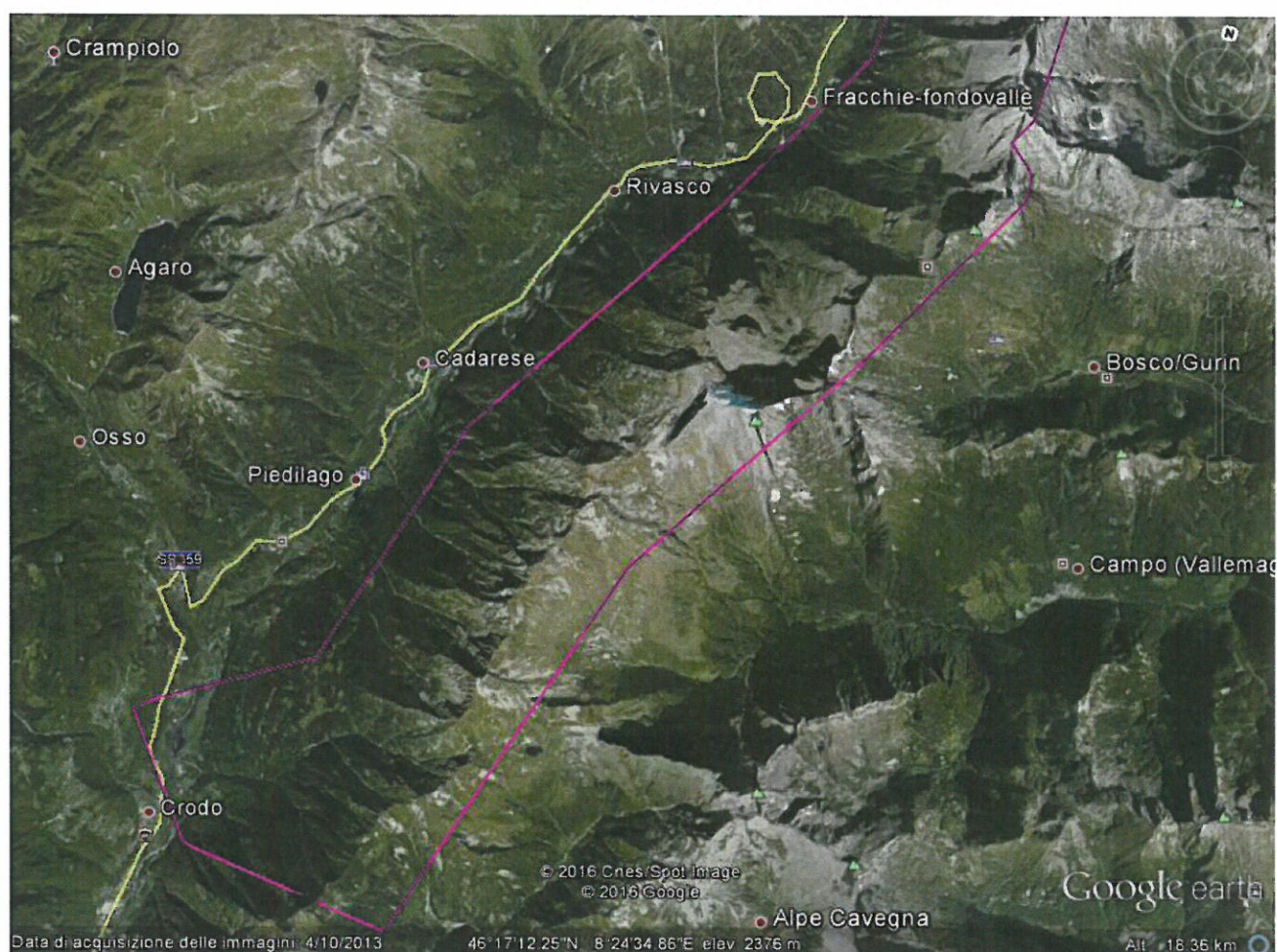
Risulta subito evidente che il tratto dal vallone del Cramec fino all'area di Aleccio è il più problematico, portando quindi a dover attraversare la valle Cravariola, caratterizzata da pendenze molto più dolci.

3 DESCRIZIONE DELL'AREA INDIVIDUATA PER IL RILIEVO SCAN-LASER

3.1 Definizione dell'area

Stanti le difficoltà tecniche individuate sulla CTR e confermate dai sopralluoghi, nell'autunno 2009 viene fatto il rilievo scan-laser di tutta l'area (già precedentemente analizzata sulla CTR) oltre il "bordo alto" del limite delle cave, fino quasi al confine di Stato.

Questa scelta viene fatta per analizzare l'intera area, con il massimo grado di dettaglio possibile, per individuare la localizzazione di microaree con limitata pendenza e protette da spuntoni di roccia dove sia possibile il posizionamento dei sostegni.



Area di rilievo laserscan

3.2 Descrizione delle difficoltà tecniche nelle definizioni dei tracciati su rilievo scan-laser

Come già avvenuto con i dati plano-altimetrici ricavati dalla CTR, sulla cartografia elaborata a seguito del rilievo scan-laser si procede a individuare diverse coppie di assi potenzialmente utilizzabili per tracciato delle linee, e per ciascuno di questi viene sviluppato il profilo altimetrico del tracciato sul quale viene fatta la distribuzione della possibile palificazione linea.

Il rilievo scan-laser conferma le difficoltà già individuate sulla CTR; in particolare l'area localizzata tra Pizzo Croselli e Pizzo Pioda (area antistante il centro abitato di Premia) si dimostra la più difficile, poiché presenta:

- gli impluvi e i canali di scorrimento neve più ripidi
- estesi areali di rocce fratturate, in cui è difficile pensare di poter eseguire fondazioni per sostegni
- crinali (perpendicolari alla valle principale) particolarmente stretti e comunque in forte pendenza

- le massime pendenze trasversali degli assi linea
- le massime pendenze lungo il profilo centrale e lungo i profili laterali delle mezze coste
- le campate più lunghe di attraversamenti valloni

Vista quindi l'impossibilità tecnica di localizzare i due assi linea sul versante della montagna lato Premio, si opta per localizzare entrambi i tracciati in Valle Cravariola, dove, tecnicamente, la localizzazione di sostegni è molto meno problematica.

La Alternativa di Valle, che si configura come il tracciato "*meno peggio*" della ricerca di un asse lungo la valle del Toce (nel tratto dall'altezza di Cadarese fino a Verampio) per l'asse di Progetto 220 kV Ponte-Verampio, risulta quindi non percorribile, come dettagliato maggiormente nei capitoli seguenti.

4 Descrizione tecnica per il confronto tra l'Asse di Progetto della linea 220 kV ST Ponte – Verampio (Intervento B) e l'Asse Alternativa Valle

4.1 Criteri progettuali

Nella progettazione di una linea elettrica è necessario tener conto sia dei vincoli tecnici che dei vincoli legati all'orografia del territorio.

Nel caso di una linea elettrica in montagna, escludendo le aree di dissesto, i canali soggetti a valanghe, le aree estrattive e le pareti di roccia, per definire un tracciato è necessario considerare i seguenti aspetti:

- difficoltà derivanti dal posizionamento dei sostegni;
- sollecitazioni meccaniche sui sostegni derivanti da:
 - angolo di deviazione della linea;
 - squilibrio delle campate;
 - dislivello tra le campate.

Ne consegue che l'individuazione di un tracciato consiste nel rispettare i vincoli territoriali e normativi, tentando di minimizzare le difficoltà tecniche riscontrabili, con l'obiettivo di realizzare un'opera che soddisfi i requisiti di sicurezza e affidabilità del servizio.

Nell'ottica di realizzare un'infrastruttura di rete, vanno pertanto sempre considerati i seguenti fattori:

- realizzazione: l'opera deve essere progettata avendo cura di
 - posizionare i sostegni in modo da minimizzare i rischi propri della fase di cantierizzazione per gli operai e i mezzi;
 - non creare situazioni di rischio per l'ambiente esterno in particolare nelle fasi di scavo e movimentazione dei carichi in aree ad elevata pendenza;
- esercizio: l'opera deve garantire i requisiti di affidabilità e sicurezza del servizio elettrico, minimizzando i rischi di interruzione del collegamento;
- manutenzione: in caso di guasto, l'opera deve essere mantenibile in sicurezza e nel minor tempo possibile.

Delle problematiche sopra indicate, nessuna di per sé è ostativa alla realizzazione di una linea elettrica, bensì è la compresenza di più fattori di criticità medio-alta, dislocati in più punti del tracciato ad aumentare esponenzialmente la difficoltà realizzativa dell'opera e di conseguenza la sua "fragilità" rispetto ad eventi non prevedibili/dominabili.

Di seguito vengono analizzate distintamente le problematiche tecniche.

4.2 Tipologia di sostegni considerati nel progetto

In generale, la localizzazione della linea (pianura o montagna) influenza la progettazione di una linea elettrica, dal momento che ogni zona è caratterizzata da condizioni climatiche differenti (temperature e escursione termica nel corso dell'anno, velocità tipica del vento e possibilità di formazione di ghiaccio in vari spessori).

Dal punto di vista ingegneristico, questi fattori vengono tradotti in azioni (carichi) sui conduttori delle linee elettriche e sui relativi sostegni.

Per fare fronte alla varietà di condizioni riscontrabili sul territorio italiano, si sono sviluppate nel tempo diverse tipologie di sostegni per linee elettriche ad alta tensione. In particolare la tipologia utilizzata in questo progetto, denominata "semplice terna 380 kV alto sovraccarico" risulta essere la più robusta ad oggi disponibile, specificamente progettata con le seguenti caratteristiche:

- elevate prestazioni meccaniche, per fare fronte ai sovraccarichi di vento e ghiaccio dell'alta montagna; anche in presenza di disuniformità di carichi tra una campata e l'altra (ad esempio in condizioni di una campata con sovraccarico di ghiaccio affiancata ad una senza sovraccarico);
- lunghezza di piedi che meglio si adattino a terreni fortemente dislivellati;
- dimensioni della testa tale da garantire la distanza reciproca tra le fasi anche in condizione di lunghe campate e dislivelli elevati, anche in presenza di forti angoli deviazione linea

Questa tipologia di linea è già stata utilizzata in passato su linee AT di attraversamento dell'arco alpino in collegamenti quali il collegamento a 380 kV "Albertville – Rondissone", con ottimi risultati in termini di sicurezza dell'impianto.

La serie di sostegni a traliccio semplice terna 380 kV "alto sovraccarico" è progettata con i piedi intercambiabili di diverse lunghezze in modo da garantire una buona flessibilità di utilizzo; ciò consente, entro certi limiti, di adattare i quattro punti di appoggio a terra del sostegno all'orografia del terreno:

- in caso di terreno in piano, i 4 piedi hanno tutti la stessa lunghezza base, indicata come "piedi ± 0 ";
- in caso di dislivelli relativi tra i punti di appoggio, i 4 piedi avranno lunghezze diverse (le cosiddette "zoppicature") che permettono di adattare il palo a eventuali avvallamenti o dossi, in modo da minimizzare la necessità di sbancamenti o riporti di materiale per realizzare le fondazioni.

In caso di avvallamenti, vengono impiegati dei piedi più lunghi, fino a +5 m rispetto alla lunghezza base (indicati come "piedi +5"), mentre in caso di dossi, si utilizzano piedi ridotti, fino a -2 m rispetto alla lunghezza base (indicati come "piedi -2"). Questo comporta la possibilità di coprire un dislivello massimo tra piedi di uno stesso sostegno pari a 7 m. Questo comporta la possibilità di coprire un dislivello massimo tra piedi di uno stesso sostegno pari a 7 m.

L'impiego delle zoppicature riduce ma non elimina le difficoltà tecniche relative alla costruzione delle fondazioni; infatti per loro natura, queste ultime devono essere realizzate su un fondo piano e devono comunque garantire un determinato valore di resistenza allo strappamento, realizzabile tramite un adeguato ricoprimento di terreno o mediante l'utilizzo di ancoraggi profondi tipo micropali o tiranti in roccia. Detti ancoraggi profondi vengono realizzati con particolari macchine perforatrici che trivellano il terreno e devono per ciò avere una stabile base di appoggio su cui posizionarsi.

Tradizionalmente, si considera normale l'impiego di zoppicature che coprono un dislivello relativo di 4 m (ad esempio impiegando su un medesimo sostegno di piedi +2 e -2); l'impiego dei piedi più lunghi è riservato a situazioni di montagna.

Quanto sopra enunciato comporta, nel caso di un sostegno semplice terna a 380 kV "alto sovraccarico" tipo GS, con un'altezza utile (distanza tra terreno e conduttore basso) di 27 m, la realizzazione di un sostegno largo alla base circa 7.2 m nel caso di un dislivello di 4 m, cioè in caso di terreni con acclività da 0° a 30°, o largo circa 7.6 m nel caso un dislivello di 7 m cioè in terreni con acclività da 30° a 45°.

Nello specifico, in relazione alla acclività del terreno, si evidenziano le ripercussioni progettuali e realizzative:

- acclività inferiore a 30°:
 - rimodellamenti del terreno per consentire l'accesso con mezzi di scavo molto limitati se non assenti;
 - stoccaggio temporaneo del materiale di scavo realizzabile in loco, eventualmente con modesti accorgimenti per evitare lo scivolamento a valle del materiale;
 - scavo realizzato con escavatori tradizionali (che transitano su pendenze massime di circa 35°).

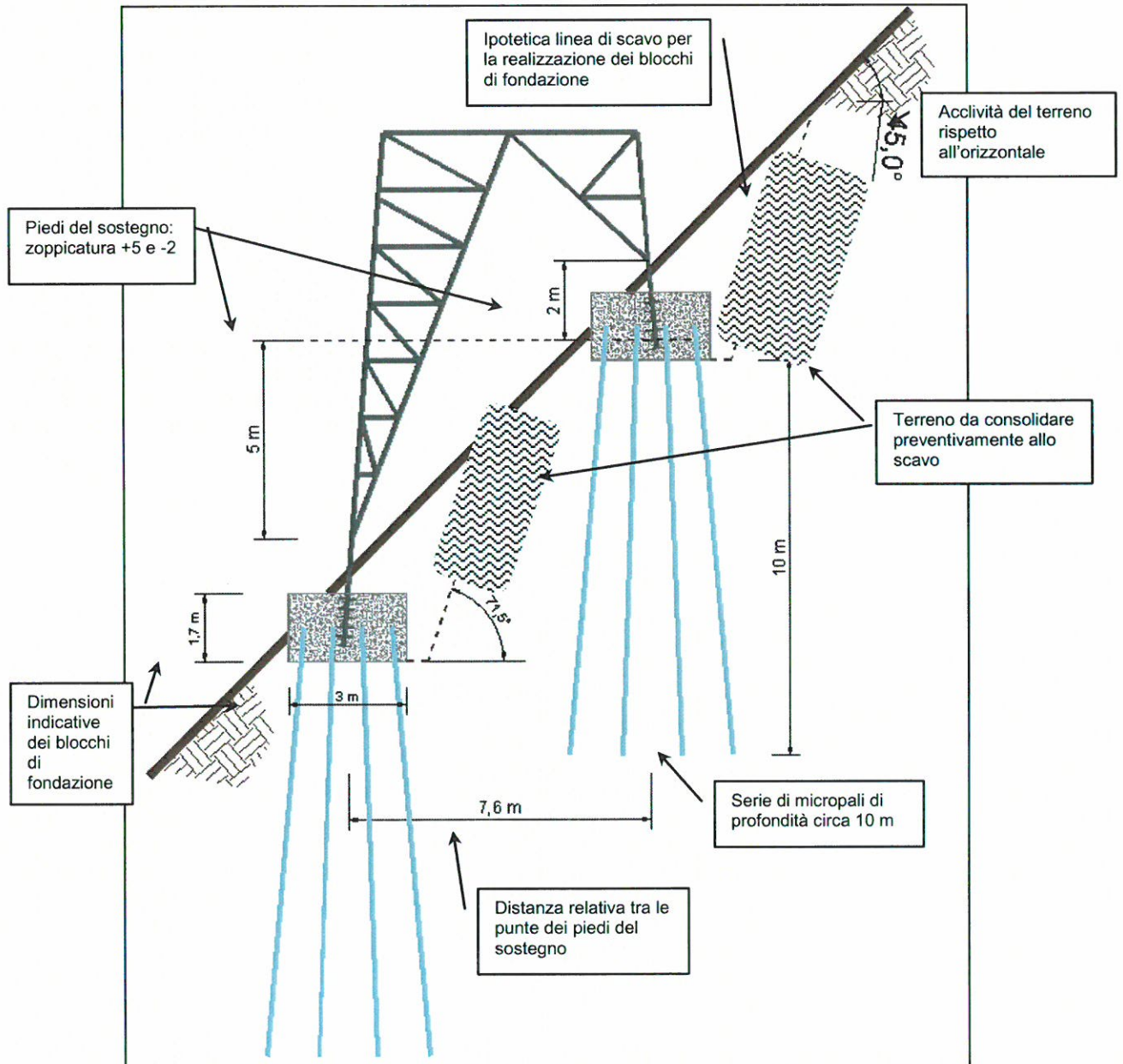
- acclività media tra 30° e 45°:
 - realizzare importanti piste di accesso o trasporto dei mezzi di scavo tramite elicottero;
 - impiegare "escavatori ragno", dal momento che gli escavatori tradizionali sono impiegabili con molta difficoltà e previa realizzazione di postazioni di lavoro;
 - potenziale necessità di impiegare accorgimenti per assicurare la stabilità dei mezzi d'opera e la sicurezza degli operatori contro la caduta e lo scivolamento;
 - necessario prevedere eventuali rimodellamenti del terreno per realizzare delle piazzole pianeggianti per il posizionamento in sicurezza delle macchine che realizzano i micropali o i tiranti in roccia;
 - risulta difficile realizzare in loco lo stoccaggio temporaneo del materiale di scavo, con eventuale necessità di prevedere metodi per il trasporto a valle del materiale escavato;
 - necessaria una attenta valutazione della composizione del suolo, dal momento che gli scavi per la realizzazione delle fondazioni, seppure limitati, implicano la realizzazione di pareti sub-verticali, possibili solo se si scava in roccia (pareti inclinate a circa 70°) o previo consolidamento del terreno.

- acclività media tra 45° e 55° (in aggiunta a quanto esposto ai punti precedenti):
 - molto probabilmente è necessario prevedere delle opere speciali per mettere in sicurezza le aree di intervento preliminarmente alle operazioni di scavo della fondazione;
 - prevedere delle modifiche ai sostegni per realizzare le zoppicature necessarie a dislivelli superiori di quelli di progetto;
 - valutare le caratteristiche del terreno di fondazione, la presenza di naturali gradini di roccia e le sollecitazioni meccaniche a cui è sottoposto il sostegno stesso e che si trasferiscono alle fondazioni, che sono fattori che condizionano la fattibilità di un sostegno;
 - progettare e realizzare tiranti sub-orizzontali per ancorare la fondazione agli strati profondi di monte, per evitare scorrimenti della fondazione verso valle, data la oggettiva difficoltà di copertura della fondazione stessa sul lato valle.

- acclività media superiore a 55° (in aggiunta a quanto esposto ai punti precedenti):
 - prevedere opere eccezionali per approntare e mettere in sicurezza l'area su cui costruire il sostegno;
 - verificare ed eventualmente riprogettare il sostegno nella parte inferiore, dal momento che i dislivelli relativi tra i piedi generano una diversa distribuzione delle forze nelle aste dei piedi e della base;
 - verificare, con queste acclività, la fattibilità del sostegno in quanto critica e fortemente condizionata dalla qualità del terreno di fondazione, dalla presenza di gradini o piazzole naturali che permettano il posizionamento delle macchine operatrici e dei piedi del sostegno, dalle sollecitazioni meccaniche applicate al sostegno da fattori quali l'angolo di deviazione della linea e lo squilibrio tra la campata indietro e avanti il palo.

4.3 Schema di fondazione sostegno in presenza di forte pendenza del terreno

A titolo indicativo, si riporta lo schema ipotetico della fondazione di un sostegno 380 kV semplice terna tipo GS Hutile 27 m, realizzato su terreno pendente a 45° con piedi +5 e -2, costituita da piedini a pianta quadrata di dimensioni $3 \times 3 \times 1.7$ m che servono per rendere solidali le teste di una serie di micropali lunghi circa 10 m.



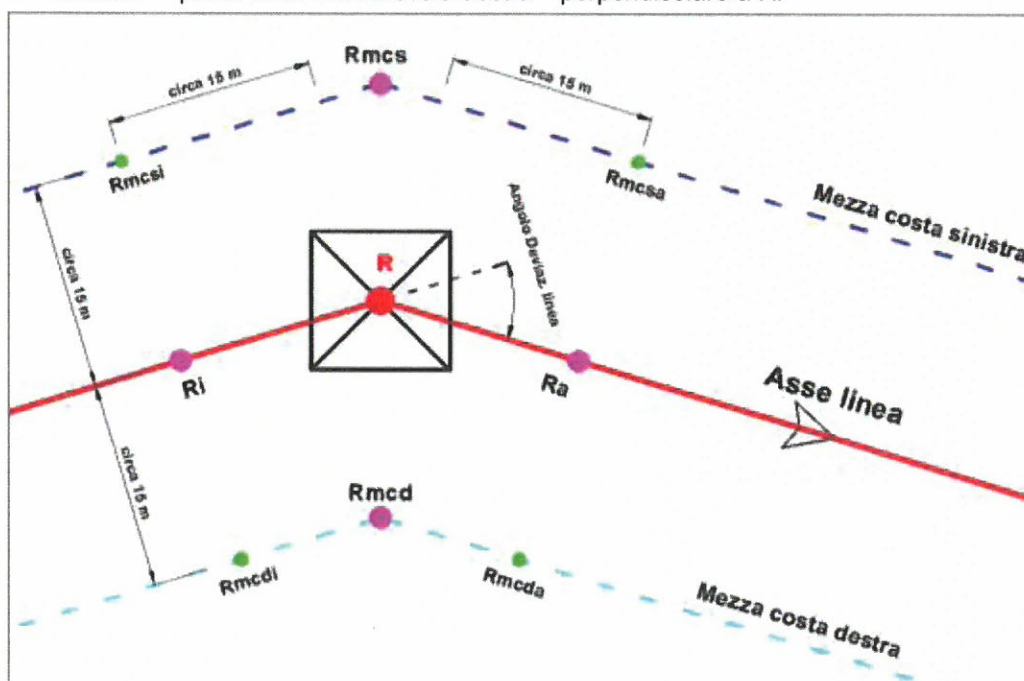
5 Analisi dei dati di rilievo nelle aree individuate di posizionamento sostegno

Per poter considerare tutto quanto sopra esposto, si è provveduto ad analizzare puntualmente la problematica di posizionamento dei sostegni sia per il Tracciato di Progetto, sia per l'Alternativa di Valle.

5.1 Analisi dei dati di rilievo per la determinazione della pendenza del terreno

Sugli assi linea diventati "Progetto" e "alternativa Valle" (come già analizzato nei paragrafi precedenti), sulla base dei dati del rilievo laser-scan tridimensionale, sono stati estratti i seguenti punti, caratterizzati ciascuno dalle coordinate planimetriche x, y e dal valore di quota q:

- R : punto di centro palo;
- Ra : punto lungo asse linea avanti circa 15 m da R
- Ri : punto lungo asse linea indietro circa 15 m da R
- Rmcs : punto sulla mezza costa sinistra distante circa 15 m da R
- Rmcsa : punto sulla mezza costa sinistra perpendicolare a Ra
- Rmcsi : punto sulla mezza costa sinistra perpendicolare a Ri
- Rmcd : punto sulla mezza costa destra distante circa 15 m da R
- Rmcd a : punto sulla mezza costa destra perpendicolare a Ra
- Rmcd i : punto sulla mezza costa destra perpendicolare a Ri



Sono quindi state calcolate le seguenti pendenze, espresse in gradi sessagesimali:

- Max Pendenza trasversale Asse linea: valore massimo della pendenza tra R e Rmcs o Rmcd;
- Max Pendenza lungo Asse linea: valore massimo della pendenza tra R e Ra o Ri;
- Max Pendenza lungo asse MCS: valore massimo della pendenza tra Rmcs e Rmcsa o Rmcsi;
- Max Pendenza lungo asse MCD: valore massimo della pendenza tra Rmcd e Rmcd a o Rmcd i;
- Max Pendenza lungo diagonali palo: valore massimo della pendenza tra R e Rmcsa o Rmcsi o Rmcd a o Rmcd i.

5.2 Considerazioni tecniche relative all'angolo di deviazione linea

La serie di sostegni a traliccio semplice terna 380 kV "alto sovraccarico" è progettata con diverse tipologia di marche di palo, ciascuna progettata per resistere a determinati sforzi trasmessi sulle punte delle mensole e dei cimini rispettivamente dai conduttori e dalle funi di guardia.

Nel presente paragrafo verrà trascurato l'effetto meccanico del dislivello tra i sostegni, in quanto genera azioni verticali, che non sono direttamente correlabili all'angolo di deviazione

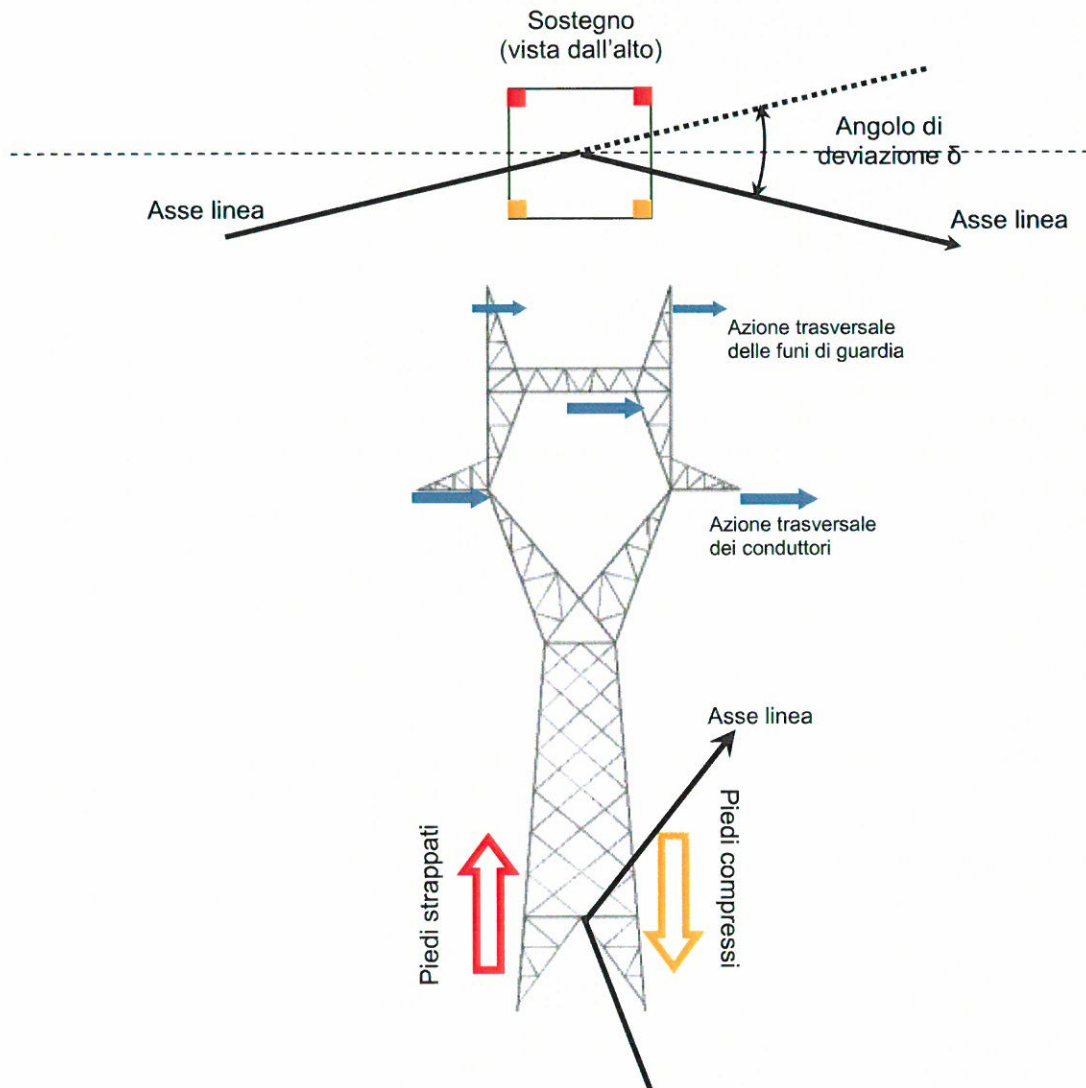
I conduttori e le funi di guardia sono tesati impostando un valore di tiro base derivato da molteplici fattori tra cui la tipologia di filo e le condizioni climatiche tipiche della zona attraversata.

I sostegni di capolinea si trovano agli estremi di una tratta per cui devono per loro natura resistere al tiro longitudinale di tutti i fili, in qualsiasi condizione climatica considerata.

I sostegni intermedi, di sospensione, devono di norma essere progettati per:

- assorbire una quota parte di tiro longitudinale, in caso si verificano carichi squilibrati tra le campate indietro e avanti il palo;
- resistere ai carichi trasversali che derivano essenzialmente da:
 - l'azione del vento, che agisce perpendicolarmente ai fili e sulla struttura del sostegno;
 - l'effetto dell'angolo di deviazione della linea, che trasforma una parte del tiro longitudinale dei conduttori e delle funi in azione trasversale.

L'azione trasversale genera un momento di ribaltamento sul sostegno, a cui si oppongono le fondazioni con l'effetto di avere una coppia di piedi compressi (interni all'angolo) e due piedi strappati (esterni all'angolo).



Da un punto di vista geotecnico, il dimensionamento di una fondazione a strappamento risulta decisamente più problematico rispetto ad un dimensionamento a compressione, perché, mentre un terreno resiste molto bene a compressione (specie se roccioso), per dimensionare una fondazione a strappamento è necessario:

- garantire un adeguato ricoprimento delle fondazioni, in modo che l'azione di strappamento venga contrastata, oltre che dal peso proprio della fondazione, anche dal cono di terreno gravante su di essa;
- qualora il ricoprimento della fondazione non sia sufficiente, ricorrere a:
 - opere di sottofondazione che resistono a strappamento, quali micropali o tiranti in roccia
 - progettazione e realizzazione di muri di contenimento del terreno di riporto per aumentare la naturale copertura della fondazione.

Dal momento che l'effetto del vento è pressoché costante su tutto il tracciato, di seguito ci si concentrerà sull'effetto dell'angolo di deviazione, che peraltro costituisce la componente trasversale predominante già ad angoli molto bassi, intorno ai 5°.

L'azione trasversale sul palo dovuta all'angolo è calcolabile, per ciascun filo, con la formula:

$$T = T_0 \times 2 \operatorname{sen} \frac{\delta}{2}$$

con T_0 = tiro longitudinale del singolo conduttore/fune.

Considerando il rapporto tra T e T_0 , si ricava che per un palo con angolo di deviazione di 25° l'azione trasversale è circa il 43% del tiro longitudinale impresso al filo. Per cui, considerando una lieve maggiorazione dovuta all'effetto del vento sul conduttore, è possibile asserire che per un angolo di deviazione di 25° il sostegno è soggetto ad un trasversale pari a circa il 50% del tiro di progetto di un sostegno capolinea.

Ne consegue che un sostegno con angolo di deviazione maggiore di 25° trasferisce al terreno sforzi medio-alti e viene considerato potenzialmente problematico, specie se è localizzato in un territorio montano.

Se si considera una fondazione a piedini separati in un terreno in piano, il terreno gravante su ciascun piedino che ha un effetto stabilizzante allo strappamento, ha la forma di un tronco di piramide rovesciato, con le pareti inclinate del valore di angolo di attrito del terreno. In un terreno in pendenza, al contrario, dato che la distribuzione del terreno sul piedino è tanto più asimmetrica quanto più il terreno è in pendenza, è necessario considerare un diverso modello teorico per considerare l'effetto stabilizzante. Ne risulta che il terreno con effetto stabilizzante è ridotto indicativamente del 20-25% per pendenze intorno ai 30° e si riduce ulteriormente per pendenze superiori, con effetti proporzionali sulla resistenza a strappamento.

L'effetto immediato è il ricorso a opere di sottofondazione, con l'impiego di personale e attrezzatura specializzati che necessitano di una adeguata preparazione del terreno per poter operare in sicurezza, con evidenti ripercussioni in funzione delle pendenze locali del terreno, come trattato nel paragrafo precedente.

5.1 Considerazioni tecniche relative allo squilibrio delle campate sul sostegno

La serie di sostegni a traliccio semplice terna 380 kV "alto sovraccarico" è progettata con sostegni di sospensione impiegabili fino a circa 950 m di campata media, in funzione della robustezza del sostegno e delle dimensioni della testa, per garantire le necessarie distanze di rispetto tra le fasi anche in centro campata.

Da un punto di vista teorico, in una distribuzione di sostegni si cerca di mantenere costante la lunghezza delle campate, perché ciò permette di mantenere quasi costante l'altezza dei sostegni e di minimizzare gli squilibri di tiro longitudinale sui sostegni.

Gli squilibri di tiro longitudinale sui sostegni derivano soprattutto da:

- l'effetto dell'equazione di cambiamento di stato del conduttore, per cui, partendo dalla condizione base di progetto, caratterizzata da
 - un definito tiro base applicato al conduttore/fune e
 - una definita condizione climatica base di progetto (temperatura, vento, eventuale spessore manicotto di ghiaccio)in qualunque altra condizione climatica differente dalla condizione di base il conduttore/fune si dispone in una nuova configurazione, con l'effetto di uno sbandamento (in avanti o indietro) delle catene dei sostegni di sospensione o squilibrio di tiro sul sostegno di amarro;
- l'effetto dell'ipotesi di distribuzione non uniforme dei sovraccarichi di vento/ghiaccio lungo la tratta, ovvero:
 - l'ipotesi progettuale di "versante carico-scarico", per cui in base all'orografia, si applicano i sovraccarichi su versanti alternati,
 - l'ipotesi progettuale di "campata carica-scarica", per cui i sovraccarichi vengono applicati a campate alternate

La distribuzione non uniforme dei sovraccarichi è l'ipotesi molto gravosa, soprattutto per i sostegni di sospensione che, in condizioni normali, non vengono dimensionati per reggere squilibri del tiro longitudinale del conduttore.

Tuttavia, le varieguate combinazioni di distribuzione non uniforme dei sovraccarichi sono le ipotesi progettuali che più rispecchiano i fenomeni che si verificano sulle linee in montagna, quando ad esempio si assiste ad uno scioglimento non uniforme del ghiaccio sul conduttore in una linea elettrica che attraversa valloni o cambia versante e non tutte le campate sono esposte al sole nello stesso modo e nella stessa ora del giorno.

Gli squilibri sui sostegni sono difficilmente quantificabili, data l'estrema variabilità di condizioni orografiche e dalla molteplicità di fattori concorrenti.

Come termine di paragone, data una campata da 250 m consecutiva ad una campata da 500 m, lo squilibrio geometrico sul palo intermedio, calcolabile come (campata più lunga)/(campata più corta) è pari a 2; in caso di ipotesi di "campata carica-scarica", il palo in questione è sottoposto ad uno squilibrio longitudinale pari al 20-25% del tiro del conduttore, vale a dire da 1/4 a 1/5 del carico a cui è sottoposto un sostegno capolinea.

Se il rapporto tra la lunghezza di due campate consecutive è maggiore di 2, lo squilibrio meccanico (dovuto allo squilibrio di tiro orizzontale) sul palo aumenta, con l'effetto di amplificare i carichi trasmessi alle fondazioni.

Per tale motivo, un sostegno con squilibrio geometrico maggiore di 2 è considerato potenzialmente problematico.

6 Analisi delle posizioni sostegno su Asse Progetto e Asse Alternativa Valle

In allegato è riportata la lista dei sostegni dell'Asse di Progetto e dell'Asse Alternativa Valle, su cui sono state applicate le considerazioni finora esposte.

L'Asse di Alternativa Valle costituisce una alternativa di tracciato per l'asse 220 kV semplice terna "Ponte - Verampio" e differisce da suddetto Asse di Progetto per le seguenti caratteristiche:

- a partire dal P.30, l'Alternativa di Valle si distacca da Asse Progetto e si mantiene lungo il versante in sinistra orografica del Toce
- dal palo P.53 in poi, l'Asse di Alternativa Valle percorre l'area della Piana di Aleccio, per entrare poi nella stazione elettrica di Verampio da lato Nord (utilizzando lo stesso ingresso in SE Verampio già oggi utilizzato dalla esistente linea 220 kV Ponte-Verampio, per la quale linea il progetto ne prevede la demolizione).

Per ogni sostegno è stata valutata l'area che interessa in posizionamento del sostegno stesso, utilizzando come base di dati il rilievo laser-scan 3D già impiegato:

- per la scelta ed il consolidamento degli assi linea,
- per il posizionamento dei sostegni
- per la successiva elaborazione dei profili.

Sono stati presi in considerazione i principali fattori che determinano la problematicità di posizionamento sostegno / realizzazione delle fondazioni su ciascuno dei due tracciati e principalmente:

- pendenza del terreno nell'intorno della posizione del palo, con le seguenti convenzioni di evidenziazione:
 - ✓ bianco: pendenza < 30°;
 - ✓ giallo: pendenza tra 30° e 45°;
 - ✓ arancione: pendenza tra 45° e 55°;
 - ✓ rosso: pendenza > 55°;
- angolo di deviazione della linea, con le seguenti convenzioni di evidenziazione:
 - ✓ bianco: angolo < 25°;
 - ✓ arancione: angolo > 25°;
- squilibrio geometrico sul palo:
 - ✓ bianco: squilibrio sul palo < 2;
 - ✓ arancione: squilibrio sul palo > 2.

È stato quindi valutato qualitativamente il rischio potenziale di entrambi i tracciati, con particolare riferimento al tratto dopo il P.30, dove i due tracciati percorrono aree molto differenti.

Il risultato di queste analisi, visualizzata in forma di tabella è evidenziata nel documento allegato n. TERX10004BTO00917_00_Analisi posizioni sostegno.

La visualizzazione, in forma di profilo altimetrico è evidenziata nel documento allegato n. LERX10004BTO00918_00_Profilo per Confronto tracciati"

Su quest'ultimo è possibile un confronto grafico dell'orografia del territorio attraversato.

Si ricorda che i dati relativi ai punti del profilo (progressiva, quota, valore della mezza costa destra e sinistra) per i due profili

- Asse di Progetto
- Asse Alternativa Valle,

rappresentati in questo documento sono gli stessi già utilizzati nel documento allegato all'istanza di autorizzazione (LEAR10019BGL00062_Rev.01 31/01/2014 Profilo longitudinale Intervento B).

7 Analisi delle posizioni di sostegno sull'Asse Progetto e sull'Alternativa di Valle

Analizzando i dati, si è poi focalizzata l'attenzione sui sostegni che evidenziano:

- pendenza > 30° lungo almeno 3 direttrici e almeno un'altra criticità (angolo o squilibrio o entrambi);
- pendenza > 55° lungo almeno 2 direttrici.

I sostegni rispondenti a tali caratteristiche sono stati estratti e riportati nelle tabelle seguenti.

A tali sostegni, nella valutazione globale, è stata attribuita la classe di rischio maggiore (arancione o rossa), con la classe di rischio massima (rossa) riservata ai sostegni caratterizzati da:

- compresenza di 3 criticità arancioni
- almeno una criticità rossa nella colonna della Pendenza tot.

Infine è stata considerata la sequenza con cui si presentano i sostegni critici cioè quelli che presentano una valutazione globale in classe di rischio massima (rossa).

Dal PC al P.30 (tratto da SE Ponte a P30, dove inizia l'Asse Alternativa Valle) i sostegni degni di attenzione sono:

Sostegno	Pendenza tot	Angolo	Squilibrio	Valutazione globale
P.4				
P.9				
P.17				
P.27				

Dal P.31 a SE Verampio seguendo l'Asse Progetto, i sostegni degni di attenzione sono:

Sostegno	Pendenza tot	Angolo	Squilibrio	Valutazione globale
P.42				
P.43				
P.51				
P.61				
P.62				
P.63				
P.64				
P.69				

Dal P.31 a SE Verampio seguendo l'Asse Alternativa Valle, i sostegni degni di attenzione sono:

Sostegno	Pendenza tot	Angolo	Squilibrio	Valutazione globale
P.34				
P.35				
P.36				
P.37				
P.41				
P.43				
P.44				
P.45				
P.46				
P.47				
P.48				
P.49				
P.51				
P.65				

P.66

Emerge quindi che nei tratti oltre il P.30:

- il Asse di Progetto presenta 7 sostegni con criticità media e un solo sostegno con criticità alta, abbastanza distribuiti lungo il tracciato, ad eccezione del tratto P.61-P.64;
- l'Asse Alternativa Valle ha 15 sostegni di cui 4 con criticità media e ben 11 con criticità elevata, concentrati nel tratto P.31-P.51 (tratto in cui ben i 3/4 dei sostegni hanno quindi criticità medio-alta).

8 CONCLUSIONI

Dal punto di vista costruttivo e di gestione di impianto, la presenza puntuale di sostegni a criticità alta si ripercuote sulla sicurezza e affidabilità dell'impianto globale, per cui la loro presenza risulta accettabile solo laddove:

- questi non siano raggruppati e siano in numero limitato rispetto alla totalità dei sostegni;
- qualunque altra distribuzione di sostegni aumenti il rischio globale a cui è sottoposto l'impianto;
- una valutazione puntuale confermi i minimi requisiti di fattibilità di ciascuno di essi.

Stante quanto esposto, considerate le problematiche tecniche in rapporto al territorio e soprattutto all'importanza dell'opera, la realizzazione della linea sull'Asse Alternativa Valle costituisce una scelta che comporterebbe un rischio non accettabile per l'infrastruttura in questione per le problematiche che pone:

- in fase di ingegnerizzazione / realizzazione, per la sicurezza degli operatori, dei mezzi d'opera e della stabilità del terreno durante i lavori;
- in fase di esercizio e manutenzione, con riferimento alla garanzia di continuità di funzionamento.

9 ALLEGATI

- Documento n. TERX10004BTO00917_00_Analisi posizioni sostegno.
- Documento n. LERX10004BTO00918_00_Profilo per Confronto tracciati

INTERCONNECTOR SVIZZERA-ITALIA

All'Acqua – Pallanzeno – Baggio

e

RAZIONALIZZAZIONE RETE AT NELLA VAL FORMAZZA

Analisi posizioni sostegno

Storia delle revisioni

Rev.00	del 11/03/2016	Prima emissione

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

a02IO301SR_REV01

Intervento B: linea 220 kV Ponte – Verampio - Asse di PROGETTO

Numero Palo	Progressiva Palo [m]	Quota Palo [m.s.l.m.]	Max Pendenza trasversale Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse MCS [°]	Max Pendenza lungo asse MCD [°]	Max Pendenza lungo diagonali Palo [°]	Angolo Deviaz. Linea [°]	Campata avanti il palo [m]	Squilibrio sul palo [-]
PC	0.00	1 300.89	1	4	13	0	7	0.00	66.0	--
1	65.95	1 330.57	19	13	31	6	16	-58.05	250.1	3.8
2	316.09	1 418.89	18	21	32	14	22	-19.02	528.6	2.1
3	844.66	1 450.55	36	10	29	8	23	-13.73	198.9	2.7
4	1 043.57	1 405.06	33	29	32	17	34	-38.47	136.8	1.5
5	1 180.34	1 412.68	16	16	13	20	24	-26.00	372.5	2.7
6	1 552.83	1 551.26	14	28	29	27	29	-8.95	156.6	2.4
7	1 709.38	1 611.28	13	22	25	8	24	-6.69	185.1	1.2
8	1 894.50	1 696.16	8	26	31	18	26	-16.64	324.4	1.8
9	2 218.86	1 861.55	19	29	46	31	46	0.00	158.2	2.1
10	2 377.03	1 927.62	22	18	17	7	20	-10.55	223.6	1.4
11	2 600.60	1 999.01	19	15	26	22	27	-9.34	210.2	1.1
12	2 810.83	2 035.09	7	18	18	9	16	-36.63	580.0	2.8
13	3 390.87	2 189.46	16	14	16	27	30	0.00	53.0	10.9
14	3 443.87	2 200.04	19	21	14	22	28	5.87	454.5	8.6
15	3 898.32	2 212.66	27	47	9	47	48	-7.42	324.5	1.4
16	4 222.83	2 189.05	21	7	6	7	20	-5.52	431.4	1.3
17	4 654.19	2 114.56	30	57	59	57	57	-28.00	759.1	1.8
18	5 413.32	2 116.30	26	17	21	7	23	-14.99	573.1	1.3
19	5 986.37	2 026.96	24	13	2	13	26	0.00	160.0	3.6
20	6 146.38	1 978.32	32	20	20	25	34	-10.72	705.4	4.4
21	6 851.77	1 869.16	29	13	16	21	34	37.04	553.9	1.3
22	7 405.69	1 874.56	22	12	17	15	25	-21.30	580.2	1.0
23	7 985.88	1 835.08	12	8	11	15	19	10.37	153.9	3.8
24	8 139.81	1 843.26	33	16	13	42	47	0.38	266.4	1.7
25	8 406.21	1 788.17	34	20	22	20	33	0.00	175.7	1.5
26	8 581.87	1 710.88	19	26	32	22	28	-29.29	897.2	5.1
27	9 479.03	1 754.26	34	31	25	35	44	-14.03	142.3	6.3
28	9 621.33	1 786.51	25	5	10	10	18	15.56	224.0	1.6
29	9 845.28	1 826.93	12	3	6	9	15	34.62	176.7	1.3
30	10 021.93	1 858.65	33	3	13	9	20	11.66	702.7	4.0
31	10 724.65	1 890.98	28	33	42	32	36	18.20	663.3	1.1
32	11 387.91	2 028.92	14	19	19	27	29	-19.54	178.4	3.7
33	11 566.31	2 043.54	30	8	8	11	28	0.00	362.6	2.0
34	11 928.95	2 115.49	19	8	5	11	20	-43.11	737.2	2.0
35	12 666.17	2 209.15	12	23	27	17	25	-16.31	127.0	5.8
36	12 793.13	2 250.91	8	7	12	12	13	-33.48	243.8	1.9
37	13 036.88	2 316.70	21	20	28	22	27	-17.30	177.5	1.4
38	13 214.33	2 367.06	13	23	33	33	32	10.85	136.3	1.3
39	13 350.58	2 418.30	20	22	42	45	29	32.53	223.1	1.6
40	13 573.65	2 498.53	30	25	25	35	36	38.00	139.0	1.6
41	13 712.61	2 555.09	37	44	15	42	35	8.36	190.7	1.4
42	13 903.27	2 680.67	37	21	32	24	44	0.00	86.0	2.2
43	13 989.27	2 708.78	2	32	48	29	37	-30.90	269.3	3.1
44	14 258.54	2 600.88	12	21	17	18	20	4.30	458.4	1.7
45	14 716.93	2 478.83	8	16	21	11	21	18.13	518.5	1.1
46	15 235.47	2 500.90	22	3	4	8	17	0.00	454.7	1.1

Numero Palo	Progressiva Palo [m]	Quota Palo [m.s.l.m.]	Max Pendenza trasversale Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse MCS [°]	Max Pendenza lungo asse MCD [°]	Max Pendenza lungo diagonali Palo [°]	Angolo Deviaz. Linea [°]	Campata avanti il palo [m]	Squilibrio sul palo [-]
47	15 690.17	2 547.39	30	30	25	18	37	32.80	613.3	1.3
48	16 303.45	2 514.37	22	12	15	12	25	36.39	152.0	4.0
49	16 455.47	2 491.41	25	14	9	9	23	0.00	297.8	2.0
50	16 753.27	2 452.99	33	12	19	9	34	-27.30	136.0	2.2
51	16 889.24	2 457.21	11	31	36	29	33	-52.17	666.2	4.9
52	17 555.47	2 296.50	20	5	2	7	17	0.00	253.4	2.6
53	17 808.87	2 267.21	15	18	18	16	19	0.00	426.1	1.7
54	18 234.97	2 243.32	10	12	9	2	13	3.09	421.9	1.0
55	18 656.87	2 228.80	17	19	12	4	20	0.00	440.0	1.0
56	19 096.87	2 273.35	18	15	8	17	18	0.00	260.0	1.7
57	19 356.87	2 342.16	24	14	12	16	22	0.00	396.0	1.5
58	19 752.87	2 505.09	22	8	17	10	27	0.00	544.0	1.4
59	20 296.87	2 406.12	17	13	6	16	16	0.00	561.6	1.0
60	20 858.50	2 343.42	29	11	25	43	29	6.20	358.1	1.6
61	21 216.62	2 362.23	43	21	29	37	45	-24.75	58.9	6.1
62	21 275.50	2 343.30	46	31	36	18	43	0.00	168.7	2.9
63	21 444.20	2 254.62	44	32	33	22	44	-7.14	581.0	3.4
64	22 025.21	2 260.00	43	34	51	34	48	-29.89	401.0	1.4
65	22 426.19	1 974.48	31	17	33	21	30	20.59	599.7	1.5
66	23 025.87	1 694.85	39	7	11	3	33	5.99	324.6	1.8
67	23 350.51	1 554.70	29	17	21	29	36	-3.89	416.0	1.3
68	23 766.50	1 303.04	41	5	8	9	37	0.00	156.5	2.7
69	23 923.01	1 255.44	37	23	36	16	38	-16.15	731.4	4.7
70	24 654.42	1 005.53	29	35	27	21	34	-45.81	472.1	1.5
71	25 126.50	917.01	27	6	7	5	24	0.00	156.7	3.0
72	25 283.21	913.81	23	2	4	1	19	-11.14	200.2	1.3
73	25 483.40	902.48	44	19	17	11	44	5.77	194.4	1.0
74	25 677.79	835.33	26	26	20	33	30	27.32	208.0	1.1
75	25 885.83	697.19	9	31	29	35	30	0.00	463.3	2.2
76	26 349.11	518.91	0	0	0	0	0	-52.16	318.4	1.5
77	26 667.50	520.00	0	0	0	0	0	-33.23	62.9	5.1
PC	26 730.43	520.00	0	0	0	0	0	0.00	--	--

Alternativa di Valle

Numero Palo	Progressiva Palo [m]	Quota Palo [m.s.l.m.]	Max Pendenza a trasversale Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse MCS [°]	Max Pendenza lungo asse MCD [°]	Max Pendenza lungo diagonali Palo [°]	Angolo Deviaz. Linea [°]	Campata avanti il palo [m]	Squilibrio sul palo [-]
PC	0.00	1 300.89	1	4	13	0	7	0.00	66.0	--
1	65.95	1 330.57	19	13	31	6	16	-58.05	250.1	3.8
2	316.09	1 418.89	18	21	32	14	22	-19.02	528.6	2.1
3	844.66	1 450.55	36	10	29	8	23	-13.73	198.9	2.7
4	1 043.57	1 405.06	33	29	32	17	34	-38.47	136.8	1.5
5	1 180.34	1 412.68	16	16	13	20	24	-26.00	372.5	2.7
6	1 552.83	1 551.26	14	28	29	27	29	-8.95	156.6	2.4
7	1 709.38	1 611.28	13	22	25	8	24	-6.69	185.1	1.2
8	1 894.50	1 696.16	8	26	31	18	26	-16.64	324.4	1.8
9	2 218.86	1 861.55	19	29	46	31	46	0.00	158.2	2.1
10	2 377.03	1 927.62	22	18	17	7	20	-10.55	223.6	1.4
11	2 600.60	1 999.01	19	15	26	22	27	-9.34	210.2	1.1
12	2 810.83	2 035.09	7	18	18	9	16	-36.63	580.0	2.8
13	3 390.87	2 189.46	16	14	16	27	30	0.00	53.0	10.9
14	3 443.87	2 200.04	19	21	14	22	28	5.87	454.5	8.6
15	3 898.32	2 212.66	27	47	9	47	48	-7.42	324.5	1.4
16	4 222.83	2 189.05	21	7	6	7	20	-5.52	431.4	1.3
17	4 654.19	2 114.56	30	57	59	57	57	-28.00	759.1	1.8
18	5 413.32	2 116.30	26	17	21	7	23	-14.99	573.1	1.3
19	5 986.37	2 026.96	24	13	2	13	26	0.00	160.0	3.6
20	6 146.38	1 978.32	32	20	20	25	34	-10.72	705.4	4.4
21	6 851.77	1 869.16	29	13	16	21	34	37.04	553.9	1.3
22	7 405.69	1 874.56	22	12	17	15	25	-21.30	580.2	1.0
23	7 985.88	1 835.08	12	8	11	15	19	10.37	153.9	3.8
24	8 139.81	1 843.26	33	16	13	42	47	0.38	266.4	1.7
25	8 406.21	1 788.16	34	20	22	20	33	0.00	175.7	1.5
26	8 581.87	1 710.88	19	26	32	22	28	-29.29	897.2	5.1
27	9 479.03	1 754.26	34	31	25	35	44	-14.03	142.3	6.3
28	9 621.33	1 786.51	25	5	10	10	18	15.56	224.0	1.6
29	9 845.28	1 826.93	12	3	6	9	15	34.62	176.7	1.3
30	10 021.93	1 858.65	33	3	24	9	18	2.95	648.7	3.7
31	10 670.61	1 830.37	25	27	31	24	28	-22.55	516.4	1.3
32	11 187.04	1 760.00	24	34	42	14	27	-53.82	532.1	1.0
33	11 719.16	1 893.09	43	36	26	27	46	-11.60	600.2	1.1
34	12 319.33	2 111.97	44	49	22	47	52	30.40	45.1	13.3
35	12 364.46	2 115.87	51	56	47	56	62	23.68	183.3	4.1
36	12 547.77	2 077.34	61	68	68	31	61	0.00	799.6	4.4
37	13 347.39	2 053.32	28	50	26	49	50	0.00	137.7	5.8
38	13 485.08	2 031.10	17	24	32	27	34	19.54	745.4	5.4
39	14 230.46	2 028.41	28	33	42	36	42	-15.16	670.6	1.1
40	14 901.10	2 006.62	16	12	19	27	28	-14.21	872.3	1.3
41	15 773.37	1 977.80	17	31	12	47	45	-7.38	351.4	2.5
42	16 124.76	2 006.97	24	15	25	28	34	20.25	163.8	2.1
43	16 288.57	2 016.89	67	28	38	59	59	22.40	359.6	2.2
44	16 648.13	1 959.71	5	37	50	31	38	0.00	857.9	2.4
45	17 506.03	1 892.04	37	20	36	25	33	0.00	256.0	3.4

Numero Palo	Progressiva Palo [m]	Quota Palo [m.s.l.m.]	Max Pendenza a trasversale Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse Asse linea [°]	Max Pendenza lungo asse MCS [°]	Max Pendenza lungo asse MCD [°]	Max Pendenza lungo diagonali Palo [°]	Angolo Deviaz. Linea [°]	Campata avanti il palo [m]	Squilibrio sul palo [-]
46	17 762.05	1 888.90	23	14	68	23	61	-29.83	650.4	2.5
47	18 412.49	1 842.00	64	64	24	14	61	-17.00	108.1	6.0
48	18 520.58	1 824.21	67	46	17	24	64	5.90	126.5	1.2
49	18 647.05	1 819.52	56	33	61	29	55	0.00	222.2	1.8
50	18 869.27	1 789.93	52	14	27	18	40	12.38	149.0	1.5
51	19 018.26	1 746.86	45	70	74	58	64	7.36	603.0	4.0
52	19 621.22	1 626.37	35	17	21	11	31	0.00	675.3	1.1
53	20 296.54	1 639.05	26	10	24	24	33	-3.49	299.4	2.3
54	20 595.98	1 598.46	23	16	15	30	31	0.00	247.6	1.2
55	20 843.59	1 545.98	16	27	28	23	23	-25.46	153.7	1.6
56	20 997.33	1 503.12	5	13	11	12	10	-25.36	184.0	1.2
57	21 181.33	1 463.35	8	16	14	17	15	0.00	160.0	1.2
58	21 341.33	1 417.87	18	21	18	23	20	0.00	136.0	1.2
59	21 477.32	1 364.68	8	17	15	26	14	20.26	196.0	1.4
60	21 673.32	1 281.35	37	21	36	25	46	0.00	148.0	1.3
61	21 821.32	1 212.07	42	10	12	19	41	0.00	240.0	1.6
62	22 061.32	1 101.00	24	22	21	23	30	0.00	365.2	1.5
63	22 426.52	969.12	10	21	21	17	19	0.00	294.8	1.2
64	22 721.32	855.06	20	26	33	33	34	0.00	248.8	1.2
65	22 970.16	715.56	60	13	4	51	65	-15.30	191.1	1.3
66	23 161.26	570.19	69	72	56	34	66	0.00	415.7	2.2
67	23 576.91	519.68	1	3	2	3	3	64.15	176.3	2.4
PC	23 753.17	518.64	0	0	1	0	1	0.00	--	--