

NOTA TECNICA

Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione


Storia delle revisioni

Rev.	Data	Descrizione
01	01/04/2019	Integrazione cavi interrati
00	01/12/2018	Prima emissione


Redatto	Collaborazioni	Collaborazioni	Verificato	Approvato
E. Marchegiani ING-PRE-IAM	Enrico Tapolin ING-PRE-PRICS Nicola Speranza ING-PRE-PRICS Giuseppe Luzzi ING-PRE-IAM	Marco Caneva ING-PRE-PRINE Sergio Di Dato ING-PRE-PRICS Massimo Sala ING-PRE-PRINO	Nicoletta Rivabene ING-PRE-IAM	Michele Bennato ING-PRE

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	ELETTRODOTTI AEREI: FASE DI COSTRUZIONE	5
2.1	Composizione dell'elettrodotto.....	5
2.1.1	Conduttori e funi di guardia.....	5
2.1.2	Sostegni.....	5
2.2	Attività preliminari	7
2.3	Modalità di organizzazione del cantiere	8
2.4	Realizzazione delle fondazioni	16
2.4.1	Fondazioni superficiali	17
2.4.2	Fondazioni profonde	22
2.5	Realizzazione dei sostegni: trasporto e montaggio	27
2.6	Messa in opera dei conduttori e delle funi di guardia	30
2.6.1	Le aree di interferenza conduttori-vegetazione arborea: primo taglio della vegetazione	32
2.7	Durata media del micro-cantiere e degli interventi di realizzazione delle linee aeree.....	34
3	ELETTRODOTTI IN CAVO INTERRATO: FASE DI COSTRUZIONE	35
3.1	Composizione dell'elettrodotto.....	35
3.1.1	Lunghezza dei cavi	36
3.2	Individuazione del tracciato	36
3.3	Descrizione della realizzazione e delle diverse tipologie di posa.....	36
3.4	Posa classica mediante trincea	37
3.4.1	Esecuzione degli scavi	37
3.4.2	Modalità di posa del cavo	40
3.4.3	Rinterri e ripristini.....	41
3.5	Tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	42
3.6	Tecnica del microtunneling	44
3.7	Esecuzioni delle giunzioni.....	46
3.8	Terminazioni	47
3.9	Collaudo cavi	49
4	ELETTRODOTTI AEREI E IN CAVO INTERRATO: DEMOLIZIONE.....	50
4.1	Demolizione di elettrodotti aerei	50
4.1.1	Recupero conduttori, funi di guardia ed armamenti.....	50
4.1.2	Smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni	50
4.1.3	Demolizione delle fondazioni dei sostegni.....	50
4.1.4	Utilizzo delle risorse e fabbisogno nel campo dei trasporti	52
4.1.5	Rimozione delle fondazioni profonde	53
4.2	Demolizione di elettrodotti in cavo interrato.....	56
4.2.1	Svuotamento e recupero olio fluido da cavi fuori servizio e da abbandonare.....	56
5	I RIPRISTINI DELLE AREE DI CANTIERE	57
5.1	Attività preliminari al ripristino	57
5.2	Idrosemina	57

	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 3 di 64

5.3	Scelta delle specie	57
5.4	Interventi a verde e ingegneria naturalistica.....	58
5.5	Tecniche di possibile impiego.....	58
6	MISURE GESTIONALI E INTERVENTI DI OTTIMIZZAZIONE: MITIGAZIONI.....	62

 TERNA GROUP	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 4 di 64

1 PREMESSA

La presente nota tecnica descrive le azioni di progetto relative alla fase di costruzione e alla fase di demolizione degli elettrodotti aerei ed in cavo interrato al fine di individuare gli eventuali impatti che l'opera nelle sue fasi di lavoro e vita potrà avere sulle componenti ambientali.

	Nota Tecnica	Codifica INGAPI18021	
	<i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Rev. N° 01	Pag. 5 di 64

2 ELETRODOTTI AEREI: FASE DI COSTRUZIONE

2.1 Composizione dell'elettrodotto

Nel Progetto Unificato TERNA sono inseriti tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) di un elettrodotto e le relative modalità di impiego.

Un elettrodotto ha frequenza nominale pari a 50 Hz e tensione nominale pari a 380, 220 o 132/150 kV.

2.1.1 Conduttori e funi di guardia

I conduttori di energia sono in fune di alluminio-acciaio o lega di alluminio – acciaio e possono essere disposti in fasci fino a tre per ogni fase (trinato)

Sulla sommità dei cimini sono poste in opera le funi di guardia, in acciaio zincato o in lega di alluminio incorporante fibre ottiche, destinate a proteggere i conduttori dalle scariche atmosferiche ed a migliorare la messa a terra dei sostegni.

Nel caso di sostegni con tipologia a delta rovesciato le funi di guardia saranno due, una per ogni cimino. Le tipologie di fune variano a seconda della linea sulla quale viene impiegata.

Normalmente viene impiegata la fune di guardia in acciaio zincato di diametro di 11,5 mm e sezione di 78,94 mm², composta da n. 19 fili del diametro di 2,3 mm, con un carico di rottura teorico minimo di 12.231 daN.

La fune potrà essere rivestita in alluminio per migliorare la conducibilità elettrica.

2.1.2 Sostegni

Per sostegno si intende la struttura fuori terra atta a "sostenere" i conduttori e le corde di guardia. La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a 400 m. L'altezza di un sostegno è invece legata alle le caratteristiche altimetriche del terreno.

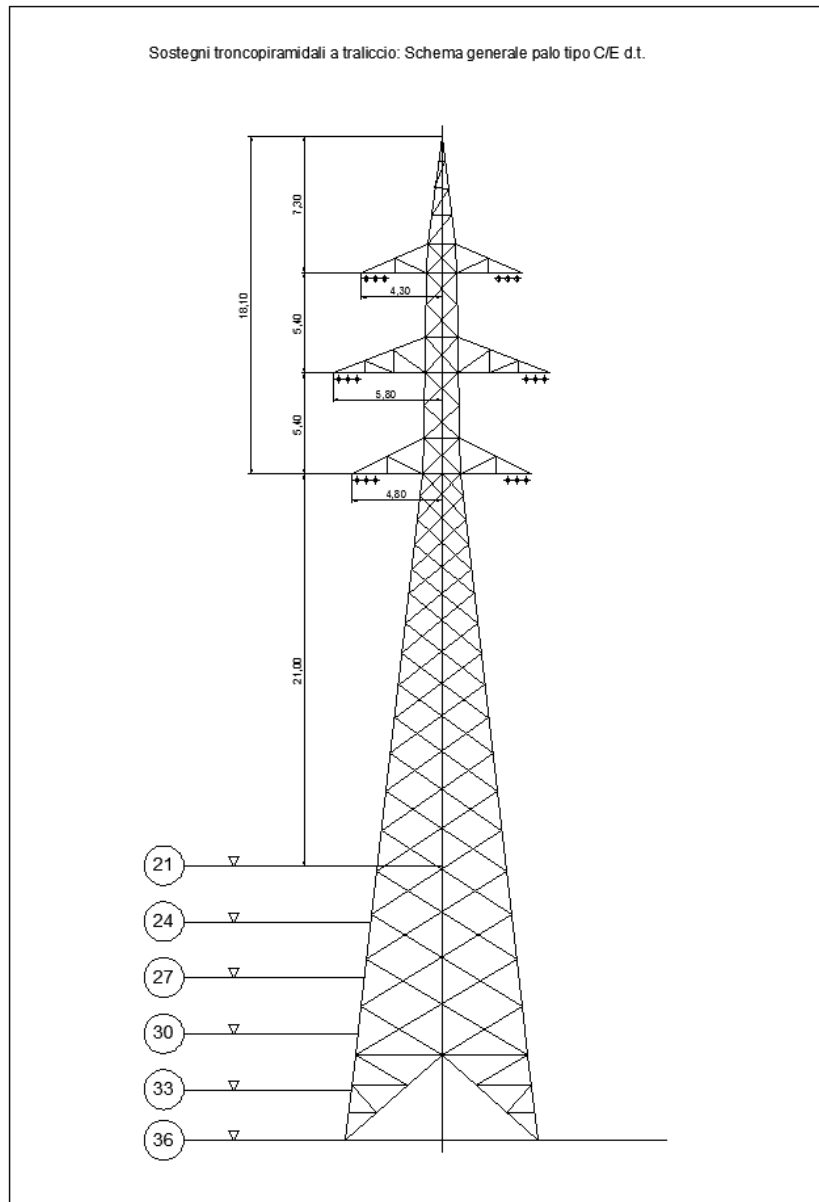
Sostegni a traliccio

I sostegni a traliccio sono 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.

Essi sono di 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 provvede, 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 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.

Si riporta, di seguito, con finalità puramente qualitativa, uno schematico di sostegno a traliccio.



Schematico sostegno a traliccio del tipo troncopiramidale per linea doppia terna

Sostegni tubolari

I sostegni tubolari sono costituiti da tronchi in lamiera di acciaio saldata nel senso longitudinale a sezione trasversale poligonale; i singoli tronchi vengono uniti sul luogo di installazione con il metodo di "sovrapposizione ad incastro".

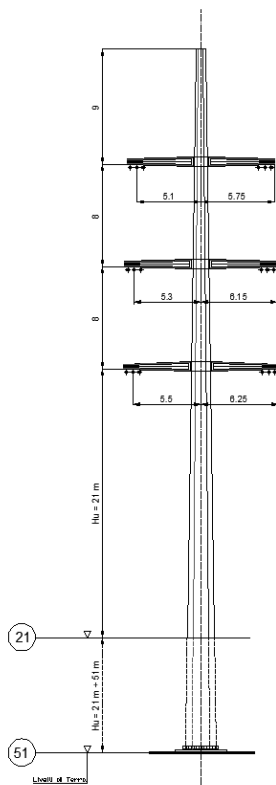
La limitazione nell'uso dei sostegni tubolari è vincolata a forti restrizioni di carattere tecnico; in generale tale tipologia non può essere utilizzata:

- in presenza di campate oltre una certa lunghezza (al massimo 350-400m).
- in presenza di campate non equilibrate, cioè di lunghezza diversa avanti ed indietro al sostegno (o anche con dislivelli diversi in campata avanti ed indietro).
- nei punti in cui il sostegno deve sopportare notevoli carichi verticali dovuti al carico dei conduttori gravanti sul sostegno.
- nelle zone dove le condizioni meteorologiche tendono alla formazione di accumulo di neve (o, peggio, di ghiaccio) sui conduttori: questo determina (oltre al generale aumento di carico gravante sul sostegno) nel

momento di "stacco" del sovraccarico pericolosi avvicinamenti tra i conduttori, dovuto anche alla ridotta distanza tra le fasi.

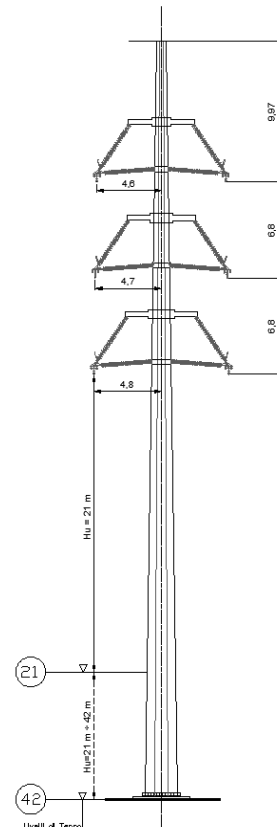
Si riportano, di seguito, con finalità puramente qualitativa, gli schematici delle varie tipologie di sostegni di tipo tubolare monostelo.

Sostegni Tubolari Monostelo: Schema generale palo tipo "AP"



Schematico sostegno tubolare monostelo per linea doppia terna - sostegno di amarro

Sostegni Tubolari Monostelo: Schema generale palo tipo "MDT"




Schematico sostegno tubolare monostelo per linea doppia terna - sostegno di sospensione con armamento a mensole isolanti

2.2 Attività preliminari

Le attività realizzative di un elettrodotto devono sempre essere svolte tenendo conto dell'affidabilità e continuità del servizio elettrico. Questo comporta che la realizzazione di un'opera avviene attraverso cantieri non contemporanei da individuare secondo i piani di indisponibilità della rete.

La realizzazione di un elettrodotto aereo è suddivisibile nelle seguenti fasi operative principali:

- Attività preliminari;
- Realizzazione dei microcantieri ed esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
- Trasporto e montaggio dei sostegni;
- Messa in opera dei conduttori;
- Ripristini delle aree di cantiere.

	Nota Tecnica	Codifica INGAPI18021	
	<i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Rev. N° 01	Pag. 8 di 64

Le attività preliminari consistono sostanzialmente nella predisposizione degli asservimenti e nel tracciamento dell'opera sulla base del progetto autorizzato. In tale fase si provvede a segnalare opportunamente sul territorio interessato il posizionamento della linea ed, in particolare, l'ubicazione esatta dei sostegni; a seguire, qualora necessario, si procede alla realizzazione di infrastrutture provvisorie e all'apertura delle piste di accesso necessarie per raggiungere i siti con i mezzi meccanici.

L'accesso ai cantieri potrà avvenire secondo le seguenti modalità:

- utilizzando la viabilità esistente: in questo caso si prevede l'accesso alle aree di lavorazione mediante l'utilizzo della viabilità esistente (principale o secondaria). Si potrà presentare la necessità, da verificarsi in fase di progettazione esecutiva, di ripristinare localizzati tratti della viabilità esistente mediante circoscritte sistemazione del fondo stradale o ripristino della massicciata al fine di consentire il transito dei mezzi di cantiere;
- attraverso aree/campi coltivati/aree a prato: in corrispondenza di tali aree, generalmente piane o poco acclivi, prive di ostacoli morfologici o naturali e di vegetazione naturale, non si prevede la realizzazione di piste di cantiere propriamente dette ma semplicemente il costipamento del fondo attraverso il passaggio dei mezzi di cantiere ed il successivo ripristino, a chiusura del cantiere, dello stato originario dei luoghi;
- a mezzo di piste di cantiere di nuova realizzazione: considerata la complessità dell'opera e la morfologia dei luoghi, si prevede, laddove la viabilità esistente o le pendenze del suolo e la natura litologica dello stesso non lo consentano, l'apertura di piste provvisorie per l'accesso alle aree di lavorazione;
- mediante l'utilizzo dell'elicottero: si prevede l'utilizzo dell'elicottero laddove la lontananza dei cantieri rispetto alla viabilità esistente, la morfologia dei luoghi (pendenza, presenza di aree in dissesto, presenza di canali o valli difficilmente superabili), e l'entità delle eventuali opere di sostegno provvisoria, rendano di fatto non conveniente l'apertura di nuove piste in termini di tempi, lavorazioni, interferenze ambientali e costi. Per quanto riguarda gli interventi all'interno dei Siti Natura 2000, o in aree protette particolarmente sensibili, il più delle volte i sostegni non direttamente raggiungibili da strade forestali esistenti vengono serviti dall'elicottero. L'apertura di brevi percorsi d'accesso ai siti di cantiere viene limitata al massimo al fine di ridurre le interferenze con gli habitat e gli habitat di specie.

2.3 Modalità di organizzazione del cantiere

L'insieme del "cantiere di lavoro" per la realizzazione di un elettrodotto è composto da un'area centrale (o campo base o area di cantiere base) e da più aree di intervento (aree di micro-cantiere e aree di linea) ubicate in corrispondenza dei singoli sostegni.

Area centrale o Campo base: rappresenta l'area principale del cantiere, denominata anche Campo base, dove vengono gestite tutte le attività tecnico-amministrative, i servizi logistici del personale, i depositi per i materiali e le attrezzature, nonché il parcheggio dei veicoli e dei mezzi d'opera. Nella fase di progettazione di un elettrodotto si individuano, in via preliminare, le aree da adibire a campo base (o aree centrali). La reale disponibilità delle aree viene poi verificata in sede di progettazione esecutiva.

Le aree centrali individuate rispondono generalmente alle seguenti caratteristiche:

- destinazione preferenziale d'uso industriale o artigianale o, in assenza di tali aree in un intorno di qualche chilometro dal tracciato dell'elettrodotto, aree agricole;
- aree localizzate lungo la viabilità principale e prossime all'asse del tracciato;
- morfologia del terreno pianeggiante, in alternativa sub-pianeggiante;
- assenza di vincoli ambientali, dove possibile;
- lontananza da possibili recettori sensibili quali abitazioni, scuole ecc.

Aree di intervento: sono i luoghi ove vengono realizzati i lavori veri e propri afferenti l'elettrodotto (opere di fondazione, montaggio, tesatura, smontaggi e demolizioni) nonché i lavori complementari; sono ubicati in corrispondenza del tracciato dell'elettrodotto stesso e si suddividono in:

- **Area sostegno o micro cantiere** - è l'area di lavoro che interessa direttamente il sostegno (traliccio / palo dell'elettrodotto) o attività su di esso svolte; ne sarà realizzato uno in corrispondenza di ciascun sostegno.

Si tratta di cantieri destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, rinterro ed infine all'assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno. I microcantieri sono di dimensione media di norma pari a 30 x 30 m2 per sostegni 380 kV, 25x25 m2 per sostegni 220 kV e 20x20 m2 per i sostegni 132 kV

- **Area di linea** - è l'area interessata dalle attività di tesatura, di recupero dei conduttori esistenti, ed attività complementari quali, ad esempio: la realizzazione di opere temporanee a protezione delle interferenze, la realizzazione delle vie di accesso alle diverse aree di lavoro, il taglio delle piante, ecc.

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea di progetto, avanzando progressivamente nel territorio.

Il cantiere viene organizzato per squadre specializzate nelle varie fasi di attività (scavo delle fondazioni, getto dei blocchi di fondazione, montaggio dei tralicci, posa e tesatura dei conduttori), che svolgeranno il loro lavoro in successione sulle piazzole di realizzazione dei sostegni.

Per la realizzazione delle linee sono necessari mediamente, per ogni km, le seguenti quantità di risorse:

Risorse	Quantità	
scavo	320	m ³ /km
calcestruzzo	170	m ³ /km
ferro di armatura	10	t/km
carpenteria metallica	18	t/km
morsetteria ed accessori	1	t/km
isolatori	210	n/km
conduttori	6	t/km
corde di guardia	1.6	t/km

Tabella 1 – Quantità di risorse per km di linea

Le tabelle che seguono riepilogano per ogni struttura del cantiere sopra descritte, le attività svolte presso ogni area e i rispettivi macchinari utilizzati:

Aree Centrale o Campo Base		
Area di cantiere	Attività svolta	Macchinari / Automezzi
Area Centrale o Campo base	Carico / scarico materiali e attrezzature; Movimentazione materiali e attrezzature; Formazione colli ed eventuale premontaggio di parti strutturali	Autocarro con gru; Autogru; Muletto; Carrello elevatore; Compressore/generatore

Tabella 2 - Elenco attività e mezzi per l'Area Centrale o Campo Base

Aree di intervento		
Area di cantiere	Attività svolta	Macchinari e mezzi
Aree Sostegno	Attività preliminari: tracciamenti, recinzioni, spianamento, pulizia	
	Movimento terra, scavo di fondazione;	Escavatore; Generatore per pompe acqua (eventuale)
	Montaggio tronco base del sostegno	Autocarro con gru (oppure autogru o similare) Autobetoniera Generatore
	Casseratura e armatura fondazione	
	Getto calcestruzzo di fondazione	
	Disarmo	
	Rinterro scavi, posa impianto di messa a terra	Escavatore
	Montaggio a piè d'opera del sostegno	Autocarro con gru (oppure autogru o similare)
	Montaggio in opera sostegno	Autocarro con gru
Autogru; Argano di sollevamento (in alternativa all'autogru/gru) o in casi particolari elicottero tipo Erickson		
Movimentazione conduttori	Autocarro con gru (oppure autogru o similare); Argano di manovra	

Tabella 3 - Elenco attività e mezzi per l'Area sostegno

Aree di intervento		
Area di cantiere	Attività svolta	Macchinari e mezzi
Aree di linea	Stendimento conduttori / Recupero conduttori esistenti	Elicottero
		Argano / freno
		Autocarro con gru (oppure autogru o similare)
	Lavori in genere afferenti la tesatura: ormeggi, giunzioni, movimentazione conduttori varie	Argano di manovra
		Autocarro con gru (oppure autogru o similari)
	Realizzazione opere provvisoria di protezione e loro ripiegamento	Argano di manovra
		Autocarro con gru (oppure autogru o similare)
	Sistemazione/spianamento aree di lavoro/realizzazione vie di accesso	Escavatore;
autocarro		

Tabella 4 - Elenco attività e mezzi per l'Area di linea

Si riportano di seguito i tipologici delle aree di lavoro:

- pianta dell' **Area centrale**;
- pianta "tipo" dell' **Area sostegno** con l'indicazione degli spazi riservati allo svolgimento delle attività, ed al deposito temporaneo a piè d'opera;
- pianta "tipo" dell' **Area di linea**.

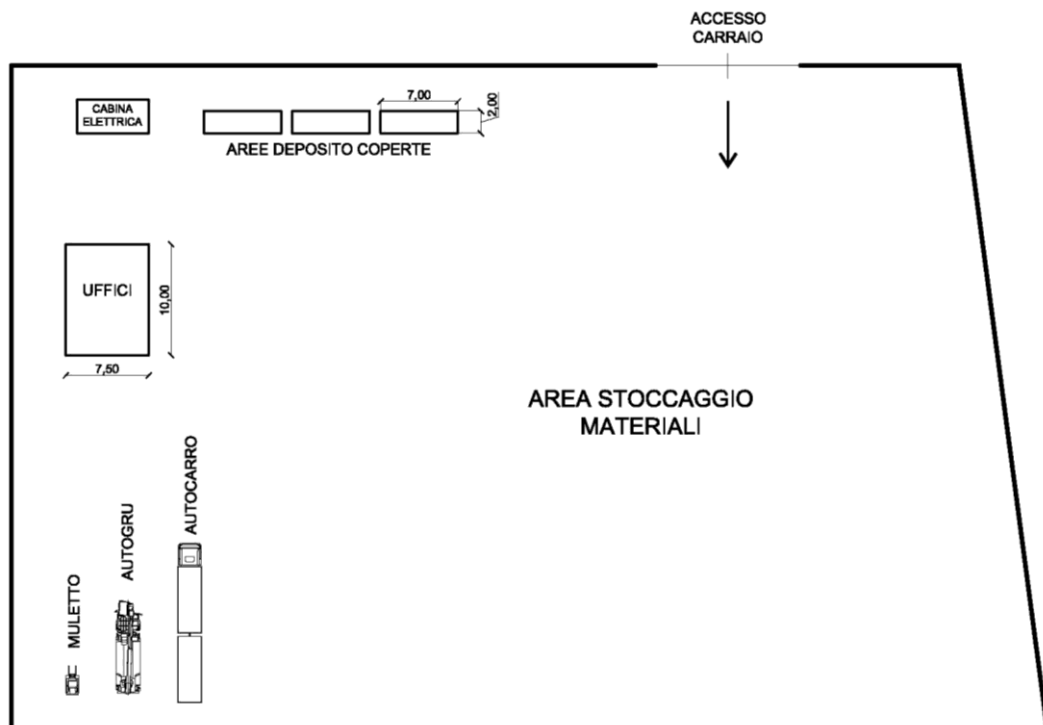


Figura 1 - Planimetria dell'Area centrale – Tipologico

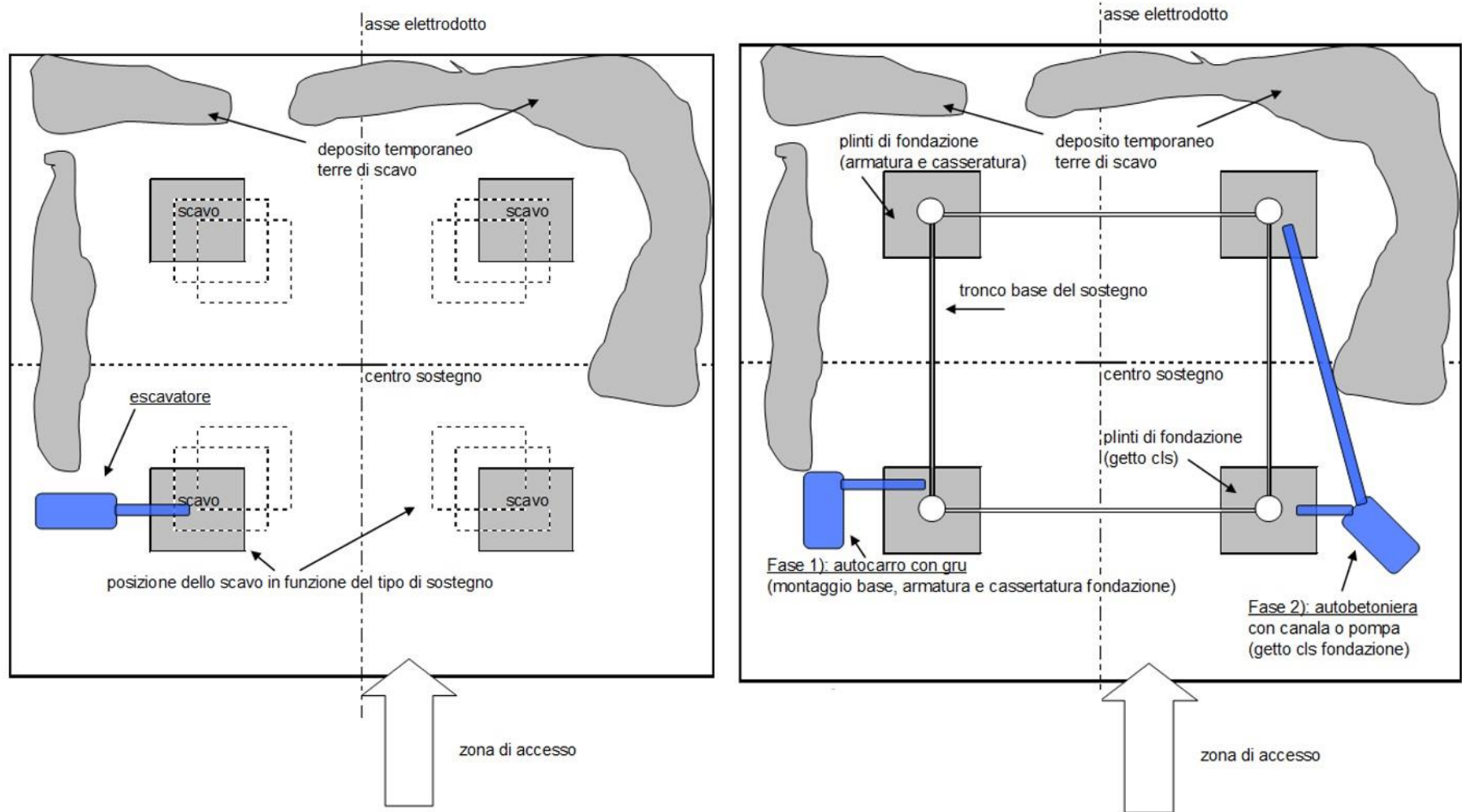


Figura 2 - Planimetria dell'Area Sostegno (scavo di fondazione - getto e basi) - Tipologico

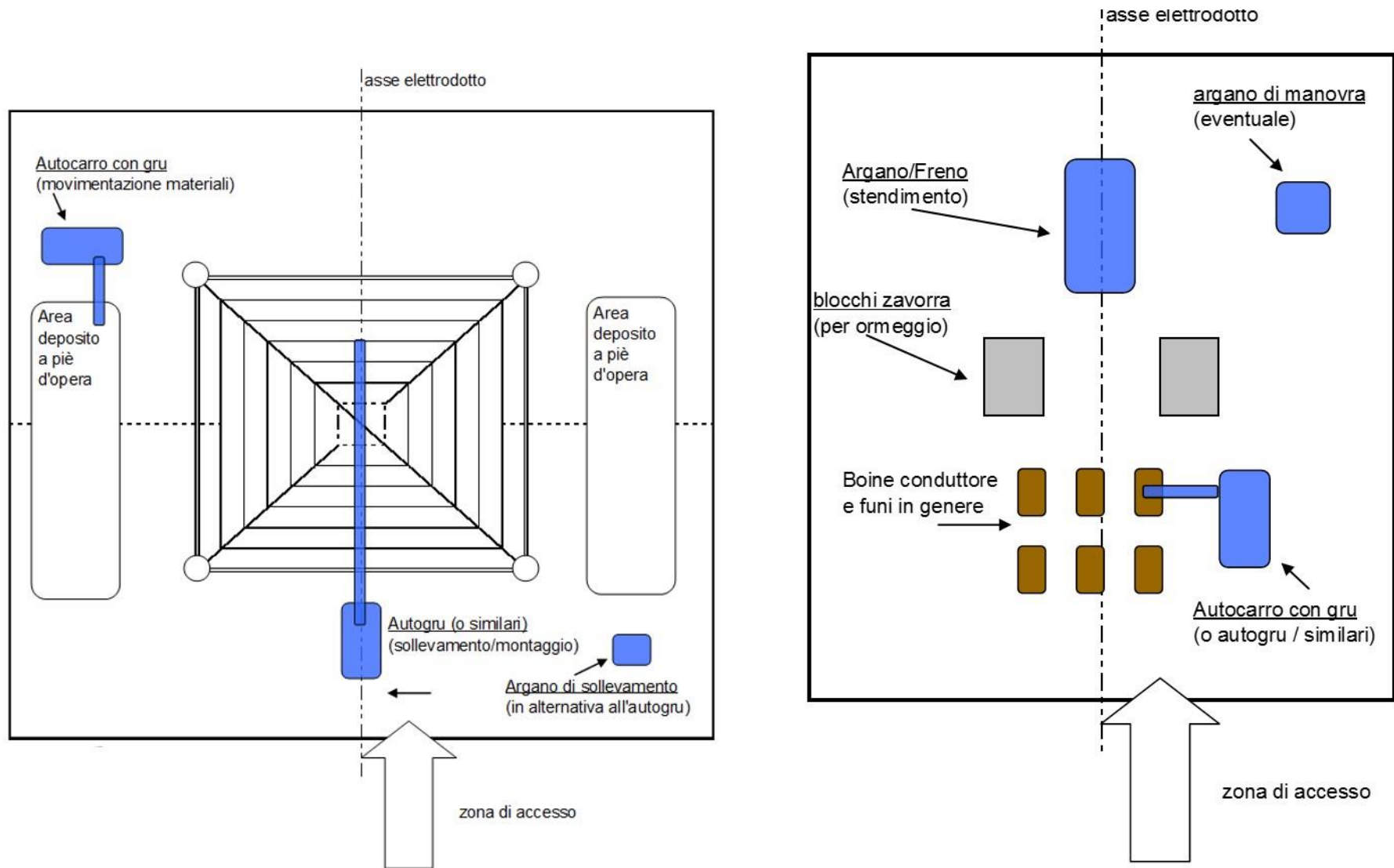


Figura 3 - Planimetria dell'Area Sostegno (montaggio sostegno) - Planimetria dell'Area di linea - Tipologico



Figura 4 - Area centrale – Deposito materiale



Figura 5 - Area centrale – Mezzo utilizzato in fase di cantiere



Figura 6 - Area centrale



Figure 7: Area di linea



Figura 8: Area Sostegno



Figura 9 - Area Sostegno veduta dall'alto dell'estensione complessiva del micro-cantiere

2.4 Realizzazione delle fondazioni

La scelta della tipologia fondazionale viene condotta in funzione dei seguenti parametri, secondo i dettami del D.M. 21 Marzo 1988:

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

Le tipologie di fondazioni adottate per i sostegni a traliccio e per i sostegni monostelo, possono essere così raggruppate:

tipologia di sostegno	Fondazione	Tipologia fondazione
traliccio	superficiale	tipo CR
		Tiranti in roccia metalliche
	profonda	pali trivellati
		micropali tipo tubfix
monostelo	superficiale	plinto monoblocco
	profonda	pali trivellati
		micropali tipo tubfix
		pali a spostamento laterale

Tabella 5 – Tipologie di sostegno

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. Si riportano in questa sede le tipologie maggiormente significative ed indicate in grassetto nella tabella precedente.

Si specifica che l'utilizzo delle fondazioni profonde è limitato a casi particolari, corrispondenti a poco più del 2% sul totale dei sostegni dell'intera rete RTN di proprietà Terna. Le fondazioni profonde vengono impiegate in situazioni di criticità, che sono sostanzialmente legate alla presenza di terreni con scarse caratteristiche geotecniche, di falde

superficiali e di dissesti geomorfologici. In tali situazioni le fondazioni superficiali non garantirebbero la stabilità del sostegno e quindi le condizioni di sicurezza dell'infrastruttura.

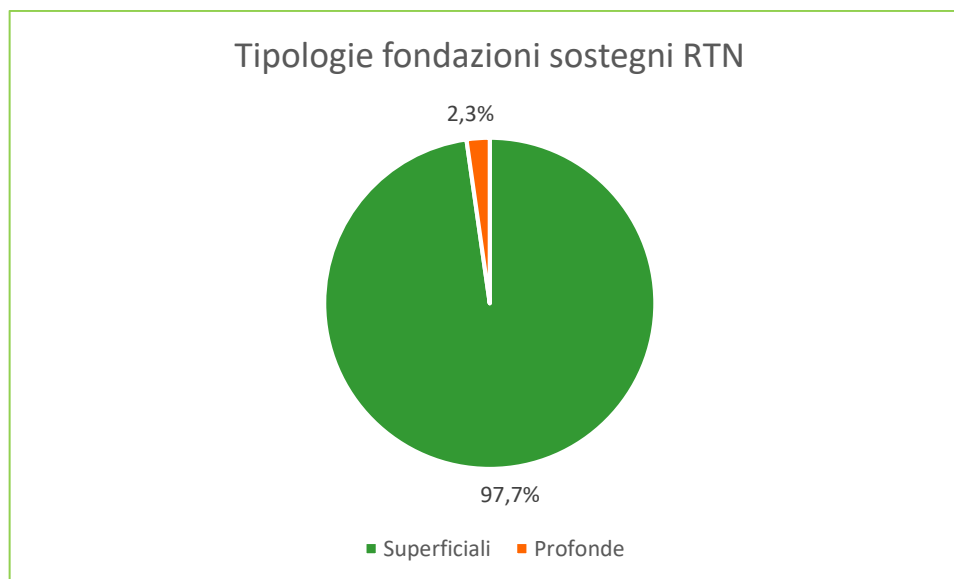


Figura 10 – Tipologie di fondazioni delle linee appartenenti alla RTN

Se si considerano esclusivamente le linee a tensione 220-150-132 kV, che rappresentano la maggior parte delle linee soggette a interventi di demolizione, la percentuale di fondazioni profonde si riduce ulteriormente al di sotto dell'1%.

2.4.1 Fondazioni superficiali

Fondazioni superficiali sostegni a traliccio - tipo CR

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni.

Ciascun sostegno a traliccio è dotato di quattro piedini separati e delle relative fondazioni, strutture interrate atte a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

- 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;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- 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.

Vengono inoltre realizzati dei piccoli scavi in prossimità di ciascun sostegno per la posa dei dispersori di terra, con successivo reinterro e costipamento.

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore ed ha, mediamente, dimensioni di circa 3x3 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 30 m³ (le dimensioni effettive delle varie fondazioni saranno definite in sede di progettazione esecutiva); una

volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini di diametro di circa 1 m.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procede all'aggottamento della fossa con una pompa di esaurimento.

In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi, il loro accurato livellamento, la posa dell'armatura di ferro e delle cassature, il getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle cassature. Si esegue quindi il reintero con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno.

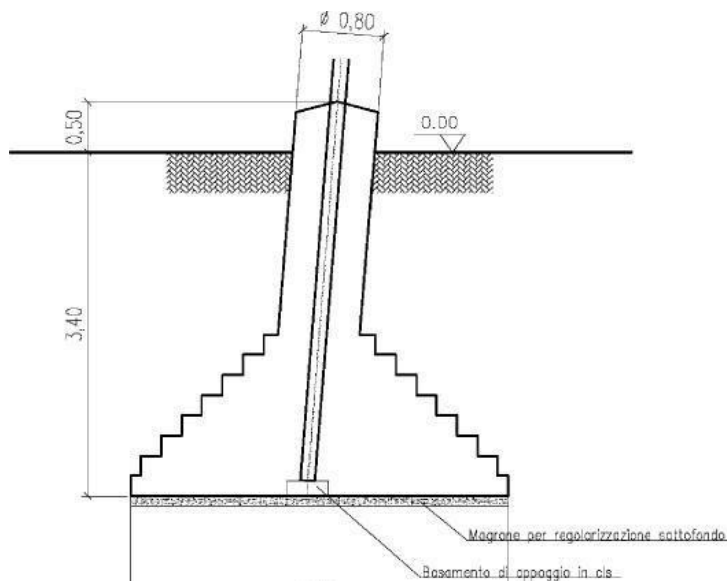


Figura 11 - Esempio di realizzazione di una fondazione a plinto con riseghe. Nell'immagine di sinistra di può osservare un disegno di progetto mentre nell'immagine di destra la fase di cassatura della fondazione



Figura 12 - Realizzazione di fondazioni superficiali tipo CR per un sostegno a traliccio. Nell'immagine si può osservare la fase di cassatura



Figura 13 - Realizzazione di fondazioni superficiali tipo CR per un sostegno a traliccio.
Nell'immagine si può osservare una fondazione CR appena "scasserata". Si possono distinguere facilmente la parte inferiore a parallelepipedi tronco piramidali ed il colonnino di raccordo con la "base" del sostegno



Figura 14 - Realizzazione di fondazioni superficiali tipo CR per un sostegno a traliccio.
Nell'immagine si possono osservare le quattro buche, la base del sostegno collegata alla fondazione tramite i "monconi" ed i casseri utilizzati per i quattro "colonnini"

Fondazioni superficiali sostegni monostelo a plinto monoblocco

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni.

I sostegni tubolari monostelo sono costituiti da tronchi in lamiera di acciaio saldata nel senso longitudinale a sezione trasversale poligonale; i singoli tronchi vengono uniti sul luogo di installazione con il metodo di "sovrapposizione ad incastro".

I sostegni monostelo poggiano su di un blocco di calcestruzzo armato (plinto), all'interno del quale viene "annegata" la flangia metallica di raccordo con la parte in elevazione, munita di tirafondi attraverso i quali il sostegno viene imbullonato alla struttura di fondazione.

La buca di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore ed ha dimensioni di circa 8x8 m con una profondità non superiore generalmente a 3 m, per un volume medio di scavo pari a circa 190 m³; una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla sola parte superiore della flangia di raccordo con il sostegno metallico.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procede all'aggottamento della fossa con una pompa di esaurimento.

In seguito si procede con la posa dell'armatura di ferro e delle cassetture, il getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle cassetture. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno.

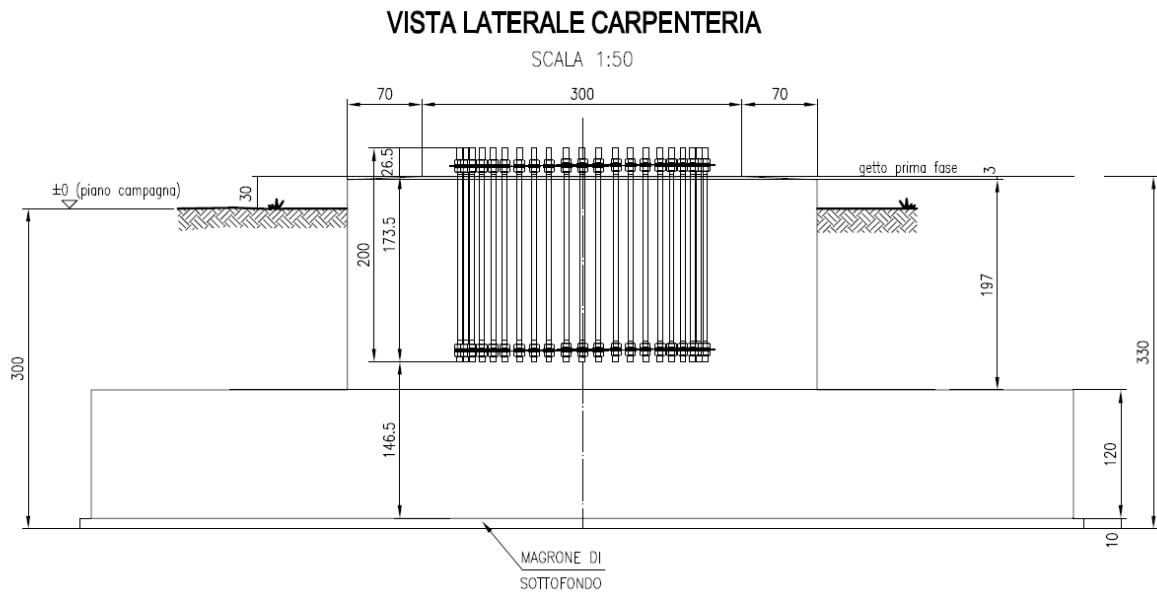


Figura 15 -Disegno costruttivo di una fondazione superficiale tipo plinto a monoblocco per un sostegno monostelo



Figura 16 - Realizzazione di fondazione superficiale tipo plinto a monoblocco per un sostegno monostelo.

Nell'immagine si può osservare la fase di cassetatura



Figura 17 - Realizzazione di fondazioni superficiali tipo plinto a monoblocco per un sostegno monostelo.

Nell'immagine si può osservare una fondazione appena realizzata. Si può distinguere facilmente la flangia metallica dotata di tirafondi di raccordo con la parte in elevazione



Figura 18 - Realizzazione di fondazioni superficiali tipo plinto a monoblocco per un sostegno monostelo. Nell'immagine è riportato un esempio di fondazione completata e la sistemazione del terreno nell'area circostante.



Figura 19 - Sostegno monostelo montato. Si notino le carrucole collegate alle catene degli isolatori, fase che precede la “tesatura” dei conduttori

2.4.2 Fondazioni profonde

In caso di terreni con scarse caratteristiche geotecniche, instabili o in presenza di falda, è generalmente necessario utilizzare fondazioni profonde (pali trivellati e/o micropali tipo tubfix).

La descrizione di tali tipologie fondazionali viene affrontata indipendentemente dal sostegno (a traliccio o monostelo) per il quale vengono progettate, poiché la metodologia di realizzazione di tali fondazioni risulta indipendente e simile in entrambi i casi (traliccio e monostelo). Possiamo infatti immaginare i micropali tubfix ed i pali trivellati generalmente come semplici elementi strutturali e geotecnici di “raccordo” alla fondazione superficiale.

Pali trivellati

La realizzazione delle fondazioni con pali trivellati avviene come segue.

Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione dello scavo mediante trivellazione fino alla quota prevista in funzione della litologia del terreno desunta dalle prove geognostiche eseguite in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5 a 1,0 m, per complessivi 15 m³ circa per ogni fondazione; posa dell’armatura (gabbia metallica); getto del calcestruzzo fino alla quota di imposta del sostegno.

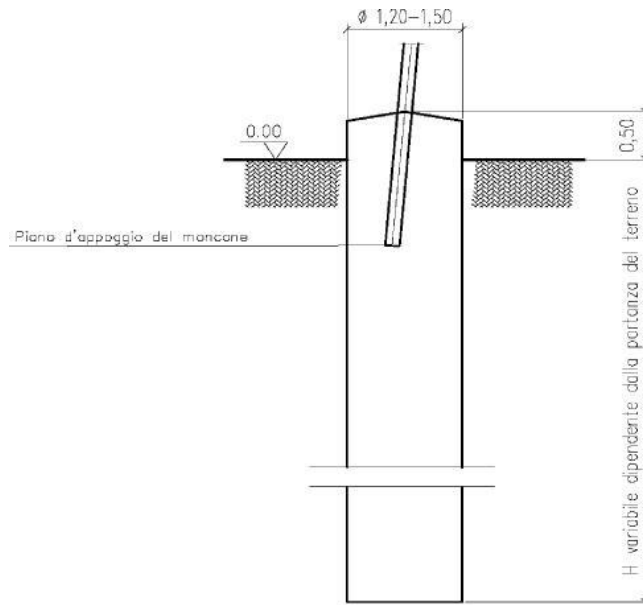


Figura 20 - Disegno costruttivo di un palo trivellato



Figura 21 - Macchina operatrice per la realizzazione di pali trivellati



Figura 22 - Realizzazione di una fondazione su pali trivellati per un sostegno monostelo.
Nell'immagine si può osservare una fondazione in fase di realizzazione. Si possono distinguere facilmente i quattro pali trivellati già realizzati e gettati (si osservano le "riprese" delle quattro gabbie metalliche) ed il piano di "magrone" sul quale impostare il monoblocco in cls

Micropali tipo tubifix

La realizzazione delle fondazioni con micropali avviene come segue.

Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione di una serie di micropali per ogni piedino con trivellazione fino alla quota prevista; posa dell'armatura tubolare metallica; iniezione malta cementizia.

Durante la realizzazione dei micropali, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzato un tubo forma metallico, per contenere le pareti di scavo, che contemporaneamente alla fase di getto sarà recuperato.

Per la realizzazione dei micropali tipo tubifix lo scavo viene generalmente eseguito per rotopercolazione "a secco" oppure con il solo utilizzo di acqua.

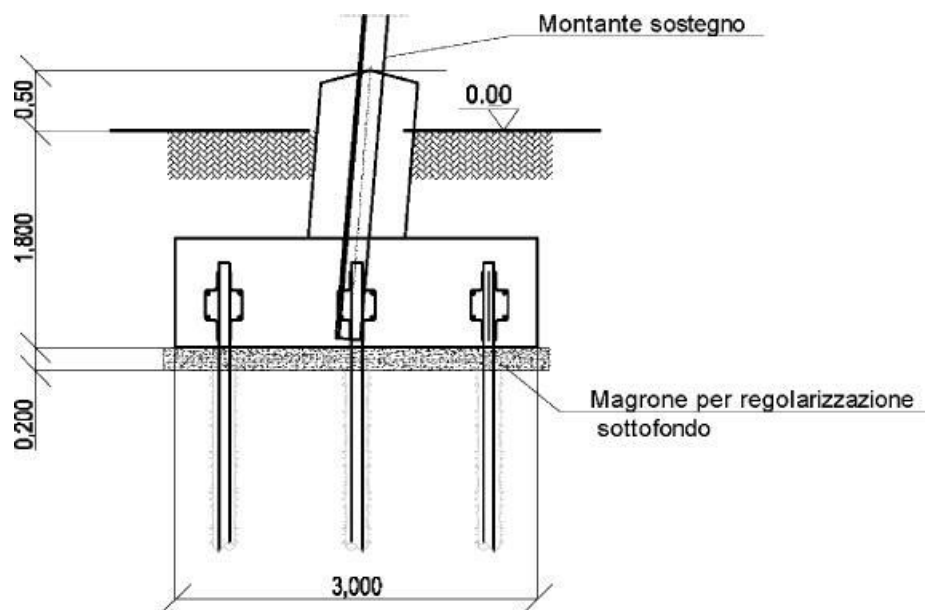


Figura 23 - Disegno costruttivo di un micropalo



Figura 24 - Esempio di realizzazione di una fondazione su micropali tipo tubfix. Nell'immagine di destra si può notare il particolare del raccordo tra i tubolari metallici dei micropali con l'armatura del plinto di fondazione; al centro del plinto si nota il moncone del sostegno (elemento di raccordo tra il sostegno e la fondazione) il quale viene annegato nella fondazione stessa



Figura 25 - Macchina operatrice per la realizzazione di micropali tubfix; sistema di scavo a rotopercussione



Figura 26 - Macchina operatrice per la realizzazione di micropali tubfix; sistema di scavo mediante trivella elicoidale



Figura 27 - Realizzazione di micropali tipo tubfix per un sostegno a traliccio; si possono osservare i 9 micropali già realizzati ed iniettati; in questa fase, prima dell'armatura e cassetatura del plinto di fondazione, si sta eseguendo una prova di tenuta del micropalo allo strappamento, al fine di verificare la corretta progettazione e realizzazione dello stesso

2.5 Realizzazione dei sostegni: trasporto e montaggio

Una volta terminata la fase di realizzazione delle strutture di fondazione, si procederà al trasporto dei profilati metallici zincati ed al successivo montaggio in opera, a partire dai monconi già ammorsati in fondazione.

Nel complesso i tempi necessari per la realizzazione di un sostegno, ossia per la fase di fondazione e il successivo montaggio, non superano il mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti (10-15 giorni).

Per evidenti ragioni di ingombro e praticità i sostegni vengono generalmente trasportati sui siti per parti, mediante l'impiego di automezzi o di elicotteri; per il montaggio si provvederà al sollevamento degli stessi con autogrù ed argani nel caso in cui il cantiere sia accessibile e l'area di cantiere abbastanza estesa; i diversi pezzi saranno collegati fra loro tramite bullonatura. I singoli tronchi costituenti i sostegni tubolari verranno invece uniti sul luogo di installazione sia con il metodo della "sovrapposizione ad incastro" che della "bullonatura delle flange", sempre con l'ausilio di autogrù ed argani. In casi particolari è possibile preventivare l'utilizzo di elicotteri speciali in grado di trasportare un sostegno già assemblato (es. elicottero Erickson).

Per l'esecuzione dei tralicci non raggiungibili da strade esistenti, come già anticipato, sarà necessaria la realizzazione di piste di accesso ai siti di cantiere, che data la loro peculiarità sono da considerarsi opere provvisorie. Infatti, le piste di accesso alle piazzole saranno realizzate solo dove strettamente necessario, dal momento che verrà per lo più utilizzata la viabilità ordinaria e secondaria esistente; in funzione della posizione dei sostegni, generalmente localizzati su aree agricole, si utilizzeranno le strade campestri esistenti e/o gli accessi naturali dei fondi stessi; si tratterà al più, in qualche caso, di realizzare brevi raccordi tra strade esistenti e siti dei sostegni.

Le stesse avranno una larghezza media di circa 3 m, e l'impatto con lo stato dei luoghi circostante sarà limitata ad una eventuale azione di passaggio dei mezzi in entrata alle piazzole di lavorazione.

In ogni caso, a lavori ultimati (durata circa 4-5 settimane per ciascuna piazzola) le aree interferite verranno tempestivamente ripristinate e restituite agli usi originari.



Figura 28 - Fasi di montaggio sostegno a traliccio



Figura 29 - Fasi di montaggio sostegno a traliccio

Laddove l'elettrodotto si sviluppi lungo un tracciato dove l'uso di automezzi anche speciali (ragni) è sconsigliato, in quanto impattante (ad esempio all'interno dei Siti Natura 2000) o impossibilitato dalla conformazione del terreno (versanti molto acclivi con postazioni difficilmente raggiungibili), le attività di costruzione vengono eseguite con l'ausilio di un elicottero da trasporto.

Tale mezzo entrerà in funzione:

- nel trasporto di materiali, mezzi e attrezzature per l'allestimento del cantiere e per lo svolgimento dei lavori;
- nel getto delle fondazioni;
- nel trasporto e montaggio delle strutture metalliche dei nuovi sostegni;
- nello stendimento dei conduttori e delle funi di guardia;
- nella fase di recupero dei vecchi conduttori e delle funi di guardia;
- nella rimozione della carpenteria dei sostegni rimossi;
- nella rimozione dei materiali derivanti dalle demolizioni.



Figura 30 - Esempi di micro - cantieri in quota

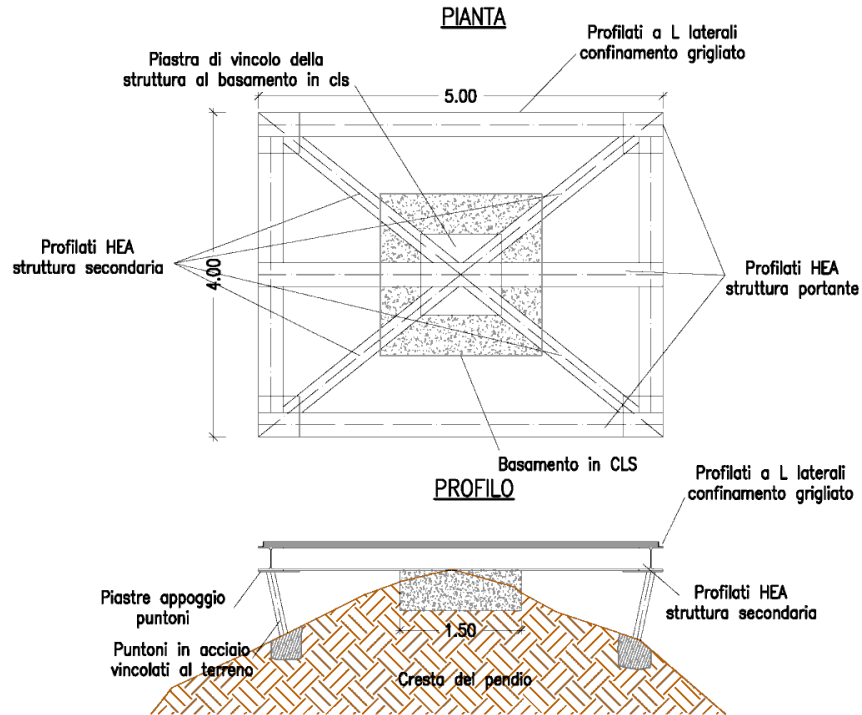


Figura 31 - Tipologico piattaforma atterraggio elicottero

Infine, come anticipato, in casi particolari sempre legate alle difficoltà di accesso dei microcantieri, i sostegni vengono assemblati nei cantieri base e trasportati in blocco tramite l'ausilio di elicotteri speciali tipo Erickson, in grado di sostenere pesi particolarmente elevati.



Figura 32 – Elicottero Erickson per trasporto carichi pesanti



Figura 33 - Trasporto di un sostegno con elicottero Erickson

2.6 Messa in opera dei conduttori e delle funi di guardia

Lo stendimento e la tesatura dei conduttori viene, in fase esecutiva, curata con molta attenzione. L'individuazione delle tratte di posa, di norma 10÷12 sostegni (5÷6 km), dipende dall'orografia del tracciato, dalla viabilità di accesso e dalla possibilità di disporre di piccole aree site alle due estremità della tratta individuata, sgombre da vegetazione o comunque poco alberate, ove disporre le attrezzature di tiro (argani, freno, zavorre ecc.).

Per la posa in opera dei conduttori e delle corde di guardia è previsto l'allestimento di un'area ogni 5-6 km circa, dell'estensione di circa 800 m² ciascuna, occupata per un periodo di qualche settimana per ospitare rispettivamente il freno con le bobine dei conduttori e l'argano con le bobine di recupero delle traenti.

Lo stendimento della fune pilota viene eseguito di prassi con l'elicottero in modo da rendere più spedita l'operazione ed evitare danni alle colture e alla vegetazione naturale sottostanti. A questa fase segue lo stendimento dei conduttori che avviene recuperando la fune pilota con l'ausilio delle attrezzature di tiro, argani e freno, dislocate alle estremità della tratta oggetto di stendimento, la cui azione simultanea, definita "Tesatura frenata", consente di mantenere alti dal suolo, dalla vegetazione, e dagli ostacoli in genere, i conduttori durante tutte le operazioni.

Il tempo di intervento per lo stendimento cordino per la tesatura conduttori è di circa 45 minuti / km.

La regolazione dei tiri e l'ammorsettatura sono le fasi conclusive che non presentano particolari problemi esecutivi.



Figura 34 - Utilizzo dell'elicottero per la stesura della fune pilota



Figura 35 - Utilizzo dell'elicottero per la stesura della fune pilota. Si noti il particolare delle carrucole



Figura 36 - Fasi di tesatura della linea elettrica


2.6.1 Le aree di interferenza conduttori-vegetazione arborea: primo taglio della vegetazione

Una volta terminata la fase di tesatura, le superfici oggetto di insediamento di nuovi sostegni sono interessate, al termine dei lavori, da interventi di ripristino dello stato originario dei luoghi, finalizzati a riportare lo status pedologico e delle fitocenosi in una condizione il più possibile vicina a quella ante - operam, mediante studi progettuali e tecniche realizzative adeguate.

Ove l'interferenza con la vegetazione fosse inevitabile, particolari tecniche cautelative vengono attuate per l'esecuzione del taglio: esse consistono nel limitare il taglio alla parte superiore delle piante che effettivamente interferiscono con la linea (capitozzatura), a vantaggio non solo della componente vegetazionale, ma anche del paesaggio, con la riduzione della percezione dell'intervento.

Saranno inoltre adottate ulteriori mitigazioni in fase di cantiere per limitare l'interferenza con la vegetazione arborea prossima ai lavori, quali:

- sarà evitato il costipamento del terreno in adiacenza degli esemplari arborei;
- in corrispondenza degli alberi il transito dei mezzi di cantiere sarà di breve durata e limitato al minimo;
- saranno evitate le installazioni di cantiere in prossimità degli individui arborei;

	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 33 di 64

- saranno adottate protezioni intorno ai tronchi con assi di legno, di altezza adeguata alle possibili interferenze e di ampiezza tale da proteggere anche la chioma.

Stima del primo taglio della vegetazione

Si intende il primo taglio che verrà effettuato sotto le campate della linea. Il taglio della vegetazione arborea in fase di esercizio lungo la fascia dei conduttori viene significativamente minimizzato a seguito degli accorgimenti progettuali utilizzati e dei calcoli di precisione effettuati in fase di redazione del progetto (metodo LIDAR). Le linee vengono progettate considerando la distanza minima di sicurezza prevista dalla normativa vigente in materia.

In merito alla distanza di sicurezza “rami-conduttori”, il DM n. 449 del 21/03/1988 “*Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne*” dispone quanto segue in tabella:

Voltaggio	120 kV	132 kV	150 kV	200 kV	220 kV	380 kV
Distanza di sicurezza in metri da tutte le posizioni impraticabili e dai rami degli alberi	m 1,70	m 1,82	m 2,00	m 2,50	m 2,70	m 4,30

Tabella 6 – Distanza di sicurezza in metri da tutte le posizioni impraticabili e dai rami degli alberi

Successivamente il Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro DLgs. 9 aprile 2008 n. 81 nell'allegato IX ha stabilito una distanza di sicurezza da parti attive di linee elettriche pari a 5 m per le linee con tensione nominale fino a 132 kV e 7 m per le linee a tensione maggiore.

Nella determinazione delle piante soggette al taglio si deve tener conto di due aspetti:

- il primo aspetto è legato alle distanze di sicurezza elettrica, garantendo distanze tra i conduttori e la vegetazione che impediscono l'insorgenza di scariche a terra con conseguenti rischi di incendio e disalimentazione della rete. Tali distanze indicate nel DM n. 449 e aumentate per la sicurezza degli operatori a quelle previste nel T.U. 81/08, nel primo taglio vengono solitamente aumentate di 1 m per garantirne la durata di almeno 1 anno prima del piano di taglio successivo. Quindi, considerando la larghezza degli elettrodotti, lo sbandamento laterale dei conduttori per effetto del vento e le distanze di rispetto sopra considerate, si possono avere fasce soggette al taglio di piante di circa 30 m di larghezza per le linee 132 kV e 40 m per le linee 220 kV e 380 kV. Tali fasce riguarderanno ovviamente i soli tratti di elettrodotto con altezze dei conduttori inferiori alle altezze di massimo sviluppo delle essenze più le distanze di sicurezza.
- il secondo aspetto riguarda la sicurezza meccanica relativamente alla caduta degli alberi posti a monte nei tratti posti sui pendii. In questo caso è necessario evitare che, a causa di eventi eccezionali o vetustà, il ribaltamento degli alberi ad alto fusto possa investire l'elettrodotto provocando danni come la rottura dei conduttori o peggio il cedimento strutturale dei sostegni. La larghezza della fascia dipende da molti fattori quali la pendenza del pendio, l'altezza degli alberi e dei conduttori.

Le superfici di interferenza in cui vengono effettuati questi tagli possono essere calcolate con precisione utilizzando i dati derivanti dai rilievi effettuati con lo strumento LIDAR e avvalendosi del potente software di progettazione PLS-CADD di cui Terna si è dotata; questo consente di identificare tutte quelle piante interferenti con i conduttori e di distinguere tra esse quali sono soggette a ribaltamento.

Le modalità di taglio seguono una serie di accorgimenti operativi usualmente adottati, fatte salve eventuali prescrizioni imposte dalle competenti autorità. A titolo di esempio si riportano alcuni di questi accorgimenti:

- il taglio dei cedui viene eseguito in modo che la corteccia non resti slabbrata;
- la superficie di taglio è inclinata o convessa e in prossimità del colletto;
- l'eventuale potatura viene fatta rasente al tronco e in maniera da non danneggiare la corteccia;
- al fine di non innescare pericolosi focolai di diffusione di parassiti, l'allestimento dei prodotti del taglio e lo sgombero dei prodotti stessi si compie il più prontamente possibile.

Conseguentemente all'adozione di tali accorgimenti, anche per i successivi anni, il taglio generalmente comunque limitato a quegli esemplari arborei la cui crescita potrà effettivamente generare interferenze dirette con i conduttori aerei. Nello specifico, in caso di attraversamento di un'area boschiva, le operazioni di taglio riguarderanno

solamente gli alberi che potenzialmente (tenuto conto anche della crescita) possono avvicinarsi a meno di m 7 (linee 220/380 kV) e m 5 (linee 132 kV) dai conduttori.

Il taglio di mantenimento viene poi effettuato periodicamente (con cadenze annuali o biennali) previo contatto laddove necessario con l'Autorità competente.

2.7 Durata media del micro-cantiere e degli interventi di realizzazione delle linee aeree

Da quanto descritto nei paragrafi precedenti, si evince come la costruzione degli elettrodotti aerei è un'attività che riveste aspetti particolari legati alla morfologia delle linee elettriche, il cui sviluppo in lunghezza impone continui spostamenti sia delle risorse che dei mezzi meccanici utilizzati. Per questi motivi la costruzione di ogni singolo sostegno è paragonabile ad un "microcantiere", le cui attività si svolgono in due fasi distinte: la prima ha una durata media di circa 1 mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti, e comprende le seguenti operazioni:

Attività	Durata
Predisposizione area (taglio pante)	1 g
Scavi	2-3 gg
Trivellazioni	7-10 gg
Posa barre, iniezioni malta	1-2 gg
Maturazione iniezioni, prova su un micropalo	7 gg
Prove su un micropalo/tirante	1 g
Montaggio base sostegno	1 g
Montaggio gabbie di armatura	1 g
Getto fondazione	1 g
Maturazione calcestruzzo	7-15 gg
Montaggio sostegno	5-7 gg

Tabella 7 – Durata attività della fase realizzativa

La seconda fase è invece rappresentata dallo stendimento e tesatura dei conduttori di energia e delle funi di guardia, la cui durata dipende dal numero di sostegni e dall'orografia del territorio interessato (c.a. 10 gg. per tratte di 10÷12 sostegni).

Si specifica che nel caso di attraversamenti di aree umide o di Siti Natura 2000 caratterizzati dalla presenza di specie avifaunistiche, le attività maggiormente rumorose legate ad un microcantiere vengono per quanto possibile concentrate nei periodi di minor disturbo per le specie di maggior pregio naturalistico.

3 ELETTRODOTTI IN CAVO INTERRATO: FASE DI COSTRUZIONE

3.1 Composizione dell'elettrodotto

Un cavo interrato è costituito dai seguenti componenti:

- n. 3 conduttori di energia,
- n.3 giunti sezionati circa ogni 500-800 m con relative cassette di sezionamento e di messa a terra,
- sostegni porta-terminali e terminali,
- sistema di telecomunicazioni.

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione indicativa di un cavo:

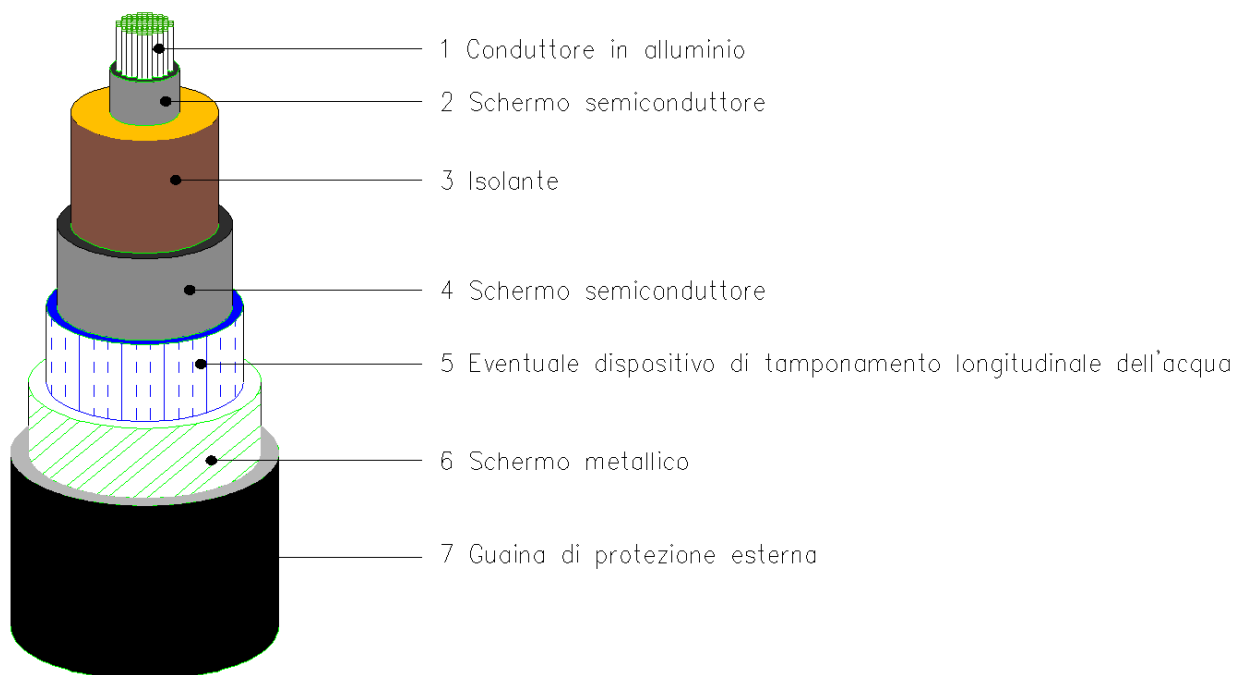



Figura 37 – Sezione tipo di un cavo interrato

E alcuni dettagli tecnici sulle parti principali:

- 1) **Anima:** il conduttore è a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di rame ricotto non staginato o in alluminio;
- 3) **Isolante e strati semiconduttivi:** l'isolante è costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi (tripla estrusione);
- 6) **Schermo:** lo schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non staginati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione deve:
 - contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo,
 - assicurare la tenuta ermetica radiale,
 - consentire il passaggio delle correnti corto circuito,
- 7) **Guaina esterna:** il rivestimento protettivo esterno sarà costituito da una guaina di PE nera e grafitata, ovvero, quando per installazioni in aria si ritiene opportuno evitare il propagarsi della fiamma, guaina in PVC nera non propagante la fiamma o PE opportunamente addizionato.

	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 36 di 64

3.1.1 Lunghezza dei cavi

Gli elettrodotti interrati sono suddivisi in tratte. Salvo particolari esigenze ogni tratta avrà una lunghezza che può variare da 450 a 600 m. Le tratte saranno connesse tra di loro mediante giunzioni, tali giunzioni saranno realizzate in apposite buche giunti che hanno dimensioni di circa 8,00 metri di lunghezza ed una larghezza di 2.50 m per una profondità all'incirca di 2 m. Per i dettagli si rimanda al paragrafo 3.7.

3.2 Individuazione del tracciato

Il tracciato di un elettrodotto interrato, e la sua relativa costruzione, viene di norma individuato secondo approfonditi e ragionati studi del fabbisogno elettrico nazionale. Partendo da questo presupposto, un elettrodotto interrato serve per mettere in collegamento due Cabine Primarie e/o due Stazioni Elettriche esistenti e/o in costruzione oppure per interrare una porzione di elettrodotto aereo. Di fatto un elettrodotto in cavo interrato può essere realizzato sia in ambito urbano che extraurbano; di solito si realizza in zone fortemente antropizzate e pertanto in ambito cittadino e quindi su viabilità pubblica. Chiaramente la realizzazione di un elettrodotto interrato, realizzato all'interno della viabilità pubblica presenta una maggiore difficoltà realizzativa a causa della presenza di sottoservizi e per l'intralcio che le lavorazioni possono recare in taluni casi alla viabilità ordinaria. D'altra parte, però, la posa su viabilità pubblica potrebbe comportare anche una maggiore affidabilità per la vigilanza degli enti concessionari rispetto ad una posa su aree boschive o agricole.

3.3 Descrizione della realizzazione e delle diverse tipologie di posa

Si descrivono le principali fasi necessarie per la realizzazione di un elettrodotto in cavo interrato, che si ripetono per ciascuna tratta di collegamento compresa tra due buche giunti consecutive:

1. attività preliminari che consistono in:
 - o ottenimento autorizzazioni di 2° livello (concessioni o servitù),
 - o tracciamento del percorso del cavo e delle buche giunti,
 - o segregazione delle aree di lavoro con idonea recinzione,
 - o preparazione dell'area di lavoro (sfalcio vegetazione e rimozione ostacoli superficiali),
 - o saggi per verificare l'esatta posizione dei sottoservizi interferenti, già censiti nel progetto esecutivo.
2. esecuzione degli scavi per l'alloggiamento del cavo mediante trincea (cfr par. 3.4) ed esecuzione di eventuali perforazioni orizzontali (TOC, spingitubo o microtunnel (cfr par. 3.5 e 3.6);
3. stenditura e posa del cavo;
4. riempimento dello scavo fino a piano campagna con materiale idoneo;
5. realizzazione dei giunti sui cavi;
6. test di tensione sul cavo;
7. realizzazione di eventuale getto in conglomerato bituminoso per il rifacimento del manto stradale;
8. terminazione
9. collaudo dei cavi.

Solo la seconda e la quarta fase comportano movimenti di terra, come descritto nel seguito.

Le tratte di cantiere corrispondono con quelle comprese tra due buche giunti consecutive, normalmente della lunghezza media di circa 500 m, e hanno una durata di lavorazione di circa 4 settimane.

Si descrive di seguito, anche se in forma sintetica, quali sono le caratteristiche, le modalità di posa e le problematiche da affrontare sia per la realizzazione che per il successivo esercizio delle linee elettriche AT realizzate con conduttori isolati con materiale estruso ed interrati.

3.4 Posa classica mediante trincea

3.4.1 Esecuzione degli scavi

Per una terna di cavi con livello di tensione 150 o 220 kV, indicativamente, la trincea di posa sarà larga circa 0.70 m per una profondità tipica di 1,6 m circa, prevalentemente su sedime stradale. Tali dimensioni sono indicative in quanto le dimensioni reali dipendono dal progetto e saranno definite in fase di progettazione esecutiva.

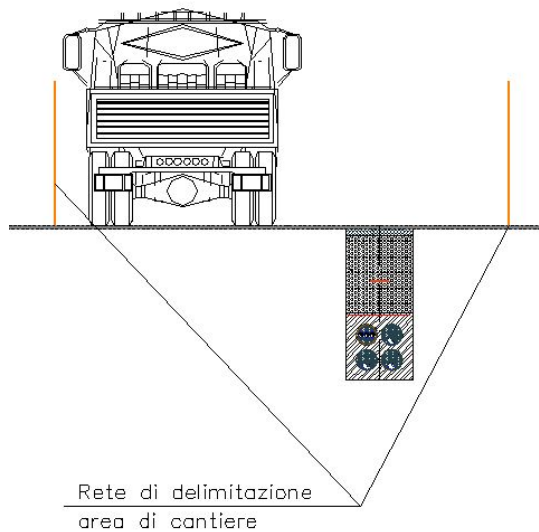


Figura 38- Sezione tipo area cavidotto

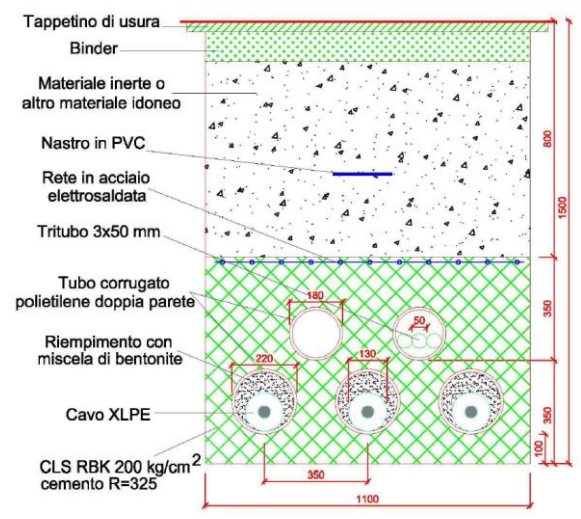
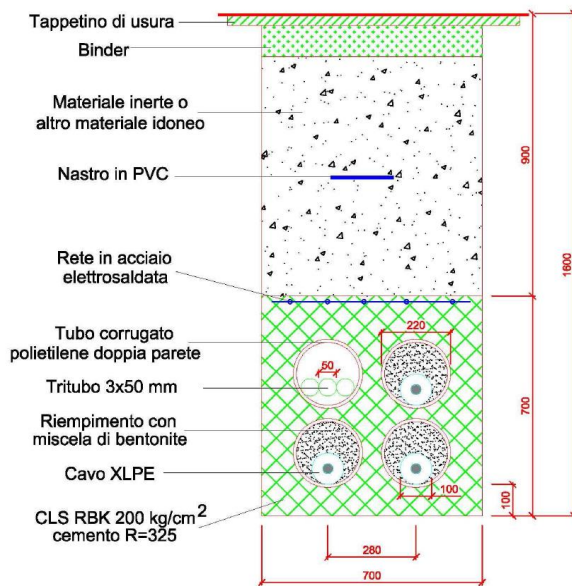
Nel caso di **posa in tubiera**, molto diffusa in aree fortemente urbanizzate e/o industriali, la permanenza di trincee di scavo diventa più limitata nel tempo. La posa in tubiera consiste quindi nelle seguenti fasi temporali:

1. Scavo della trincea con allontanamento e conferimento in discarica dei materiali di scavo,
2. Posa della tubiera in PEAD (Tubo in polietilene ad alta densità),
3. Chiusura e messa in sicurezza della trincea di scavo con calcestruzzo e altro materiale idoneo,
4. Ripristino provvisorio del tappetino di asfalto con binder.

La posa in tubiera, quando è possibile utilizzarla, consente quindi di liberare le aree di lavoro in tempi più rapidi e permette quindi una modalità di posa del cavo meno impattante e con meno scavi a cielo aperto. Di fatto gli unici scavi aperti che si rilevano durante la posa di un tratto compreso tra due buche giunti, sono dati dalle buche di ispezione per il controllo del passaggio del cavo durante la posa. Tali buche, vengono posizionate di norma quando è presente, ad esempio, un cambio di direzione del tracciato. Le fasi di lavoro prevedono la posa di numero 3 tubi in PEAD o corrugato e un tritubo per l'alloggiamento della fibra ottica per le telecomunicazioni. Le tubazioni saranno poi inglobate in un manufatto in calcestruzzo alto circa 70 centimetri alla sommità del quale verrà inglobata anche una rete metallica elettrosaldata come ulteriore elemento di protezione



Figura 39 - Esempi di posa in tubiera con relative sbatacchiature eseguita su strada



Nel caso di **posa a cielo aperto**, sia su terreno agricolo sia su sedime stradale, le attività di cantiere consistono in:

1. Scavo della trincea,
2. Preparazione del letto di posa,
3. Posa del cavo,
4. Chiusura e messa in sicurezza dei cavi con cementmortar,
5. Posa in opera di piastre di protezione in c.a.,
6. Riempimento della rimanente sezione della trincea con materiale idoneo,

7. Ripristino del tappetino di asfalto con binder ove previsto,
8. Ripristino definitivo del tappetino di usura ove previsto.

Questa tipologia di posa prevede una maggiore presenza di scavi aperti per tutta la tratta (circa 500 m), in quanto la richiusura degli stessi potrà avvenire solo e soltanto a seguito della posa del cavo. In questa tipologia di posa è possibile tratti in tubiera in caso di interferenze con passi carrai e/o incroci stradali o su strade a elevato traffico veicolare.



Figura 40 - Taglio dell'asfaltatura e scavo aperto

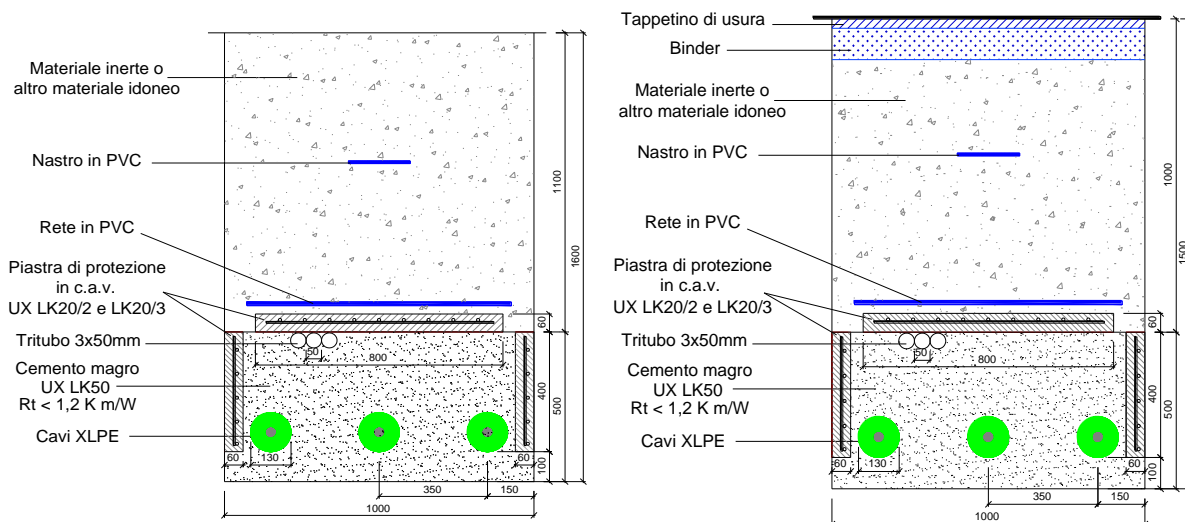


Figura 41 - Esempi di posa per cavo 132 kV con disposizione dei cavi in piano

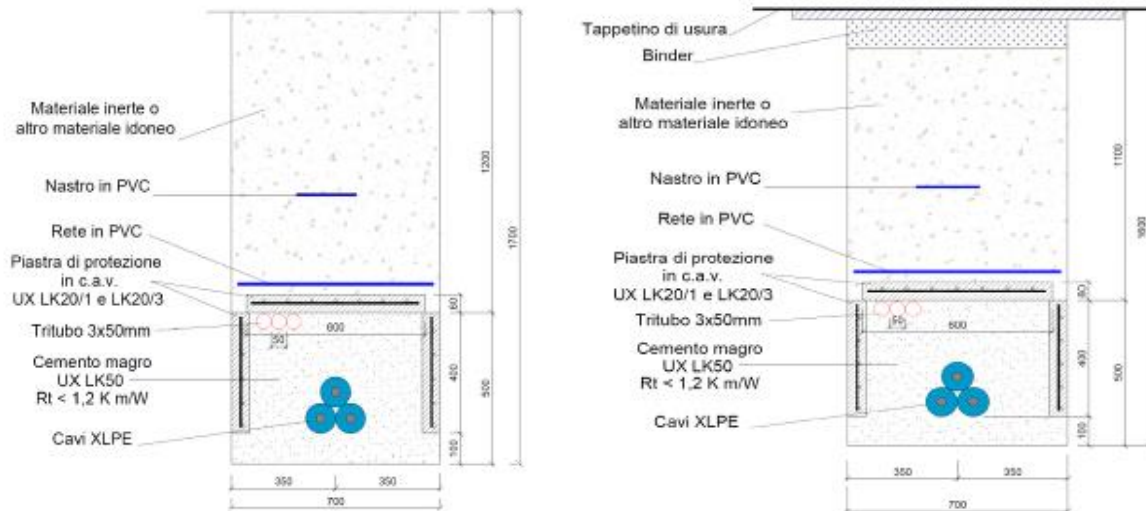


Figura 42 - Esempi di posa per cavo 132 kV con disposizione dei cavi a trifoglio

Il criterio di gestione del materiale scavato prevede, in caso di riutilizzo dello stesso materiale il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il reinterro degli scavi. Il riutilizzo del materiale potrà essere attuato solo previo accertamento, durante la fase di progettazione esecutiva, dell'idoneità tramite apposite analisi chimiche. La porzione di terreno eccedente al reinterro sarà invece destinata al relativo impianto di smaltimento e/o riutilizzo a seconda di quanto riportato nel Piano di Gestione delle Terre e Rocce da scavo redatto in fase di progettazione esecutiva.

In tutti gli altri casi, campionamenti chimico con un esito negativo e/o reinterro con materiale diverso (cls, cemento magro, geomix, ecc) il materiale di scavo verrà conferito con relativo codice CER ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e con quanto riportato nel Piano di Gestione Terre e Rocce da scavo, consentendo così anche di non realizzare depositi temporanei di materiali all'interno delle aree di cantiere.

3.4.2 Modalità di posa del cavo

Terminate le attività di scavo si procede alla fase di posa del cavo.

La posa del cavo viene effettuata per tutta la lunghezza di ciascuna tratta di cantiere compresa tra due buche giunti consecutive (circa 500 m), corrispondente alle pezzature contenute nelle bobine di trasporto, secondo la seguente procedura:

- posizionamento dell'argano e della bobina contenente il cavo agli opposti estremi della tratta;
- posizionamento di rulli metallici nella trincea per consentire lo scorrimento del cavo senza strisciamenti;
- stendimento di una fune traente in acciaio che collega l'argano di tiro alla testa del cavo contenuto nella bobina;
- stendimento del cavo mediante il recupero della fune traente ad opera dell'argano di tiro.

La fase viene costantemente seguita dal personale dislocato lungo tutto il tracciato e in special modo nei punti critici (curvature, sottopassi, tubiere ecc.).

L'operazione viene ripetuta per ciascun cavo di fase ed eventualmente per i cavi di rame per l'equipotenzialità e per i tritubi destinati a contenere i cavi in fibra ottica.



Figura 43 - Esempi di posizionamento della bobina contenente il cavo

3.4.3 Rinterri e ripristini

Nel caso di posa a cielo aperto i cavi relativi alle tre fasi della linea elettrica posati all'interno della trincea, vengono poi ricoperti da cement mortar per circa 50 cm. All'interno di tale bauletto in cemento magro sarà anche inglobato un tritubo all'interno del quale sarà posata la fibra ottica necessaria al monitoraggio per il sistema di protezione della linea elettrica. I cavi saranno protetti meccanicamente da lastre di cemento armato riportanti il livello di tensione del cavidotto (es. Terna 220000 V) disposte sui fianchi e sulla sommità del bauletto. In seguito su tale massetto sarà posizionata una rete di segnalazione di colore arancione. La rimanente porzione di trincea sarà poi riempita con materiale inerte o altro materiale idoneo, a metà di tale riempimento sarà posato ulteriore nastro monitor di segnalazione riportante la scritta "Terna – Cavi 150.000 ovvero 220.000 ovvero 380.000". La trincea di scavo sarà poi definitivamente richiusa, in caso di posa su strade, con strato di binder e posa di tappetino di usura.

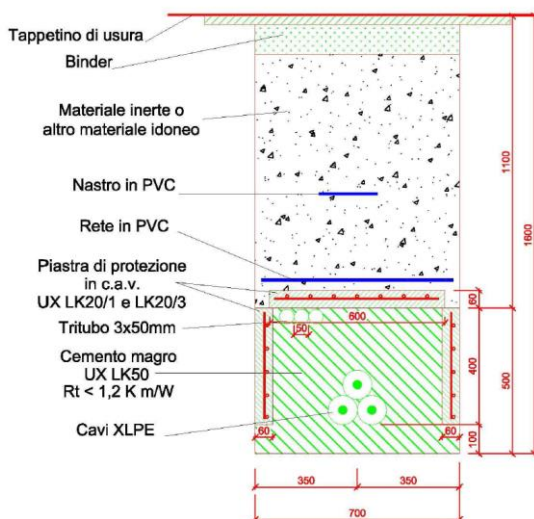


Figura 44 - Rinterro con posa delle piastre di protezione e rete in PVC

Nel caso di posa in tubiera, al di sopra del bauletto in calcestruzzo, la sezione di posa sarà poi riempita da materiale inerte o altro materiale idoneo (tipo Geomix) con posa di nastro monitor riportate la tensione del cavo. La trincea di scavo sarà poi definitivamente richiusa (in caso di posa su strade) con strato di binder e, a seguito di

naturale assestamento dei materiali cementizi utilizzati per la richiusura della trincea, si provvederà alla definitiva posa del tappetino di usura.

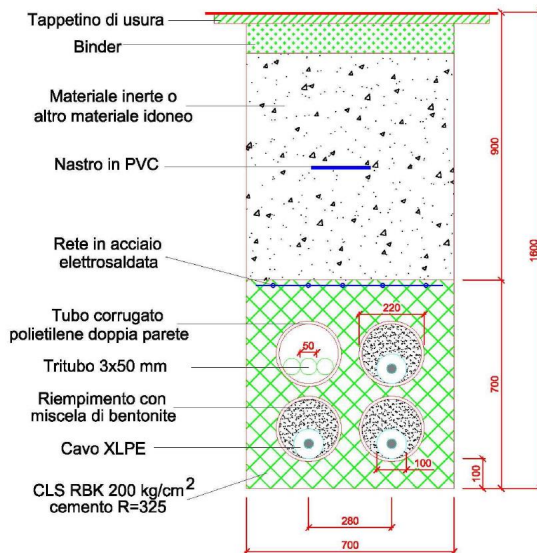


Figura 45 - Rinterro con posa delle tubiere

3.5 Tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

Durante la posa di un elettrodotto interrato è molto diffusa la tecnica di trivellazione orizzontale controllata, (TOC), la quale permette il superamento e la posa delle tubazioni in condizioni dove sarebbe difficile se non impossibile intervenire con scavi a cielo aperto.

La tecnica TOC, supportata da precisi studi Geologici del sottosuolo, è molto utilizzata nei seguenti casi:

1. Superamento di alvei di fiumi;
2. Superamento di infrastrutture interferenti quali fognature e tubazioni idriche di grosse dimensioni, metanodotti, gasdotti;
3. Superamento di ferrovie;
4. Superamento di incroci e strade ad elevato traffico veicolare.

Le fasi operative per la posa di una tubazione mediante trivellazione controllata sono essenzialmente quattro:

1. Apertura buche di immersione e di emersione
2. esecuzione del foro pilota;
3. alesatura e pulizia del foro;
4. tiro e posa delle tubazioni.

L'esecuzione del foro pilota è la più delicata delle fasi di lavoro. La trivellazione avviene mediante l'inserimento nel terreno di una serie di aste flessibili rotanti, la prima delle quali collegata ad una testa di trivellazione orientabile. L'asportazione del terreno in eccesso avviene per mezzo di fanghi bentonitici e vari polimeri biodegradabili che, passando attraverso le aste di perforazione e fuoriuscendo dalla testa, asporta il terreno facendolo defluire a ritroso lungo il foro, fino alla buca di partenza (immersione) sotto forma di fango.

Il controllo della testa di trivellazione, generalmente, avviene ad onde radio o via cavo per mezzo di una speciale sonda che, alloggiata all'interno della testa, è in grado di fornire in ogni istante dati multipli su profondità, inclinazione e direzione sul piano orizzontale. Di frequente utilizzo, in casi in cui non è possibile guidare la testa della trivella con uno dei metodi descritti precedentemente, si ricorre ad un sistema di guida denominato Para Track. Tale sistema consiste nel guidare la testa rotante tramite un segnale GPS di estrema precisione, permettendo così di ridurre ulteriormente eventuali deviazioni della trivellazione.

Una volta realizzato il foro pilota, la testa di trivellazione viene sostituita con particolari alesatori di diverso diametro che vengono trascinati a ritroso all'interno del foro, i quali, ruotando grazie al moto trasmesso dalle aste, esercitano un'azione fresante e rendono il foro del diametro richiesto, sempre coadiuvati dai getti di fango per l'asportazione del terreno e la stabilizzazione delle pareti del foro (generalmente il diametro dell'alesatura deve essere del 20-30% più grande del tubo da posare).

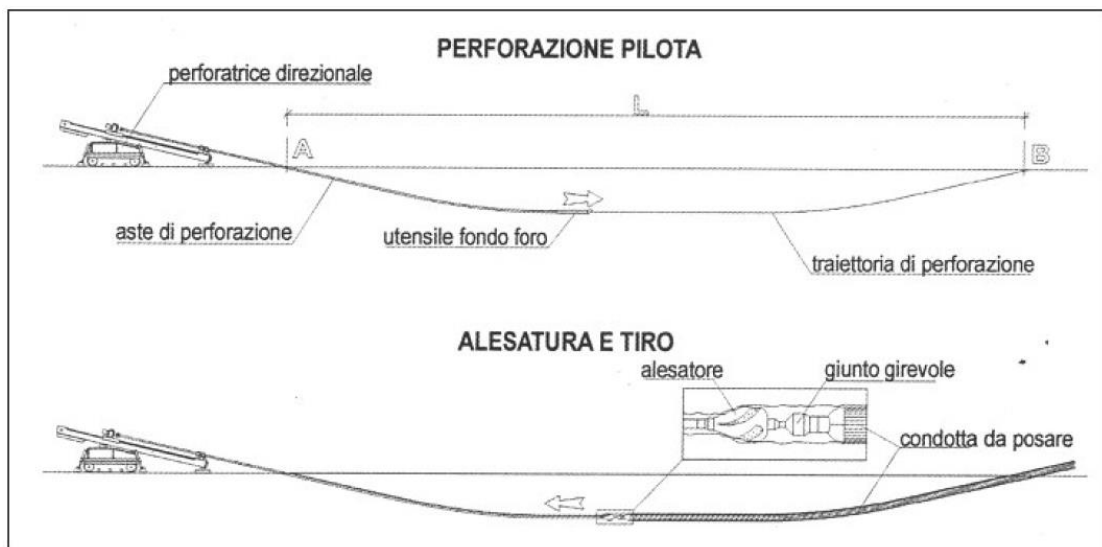


Figura 46 - Fasi tipiche della realizzazione di una TOC

Terminata la fase di alesatura, viene agganciato il tubo o il fascio di tubi (PEAD) dietro l'alesatore stesso per mezzo di un giunto rotante (per evitare che il moto di rotazione sia trasmesso al tubo stesso) e viene trainato a ritroso fino al punto di partenza.

Per quanto riguarda la presente tipologia di lavorazione, sono necessarie delle specifiche aree di lavoro per il posizionamento della macchina per la realizzazione delle TOC. Le aree di lavoro consistono:

1. Ingombro della trivella
2. Buca di immersione delle aste
3. Area di lavoro degli operatori
4. Buca di emersione delle aste
5. Area per la termosaldatura delle tubazioni PEAD



Figura 47 - Particolare saldatura tubazioni PEAD

Data l'adattabilità delle trivelle le aree di lavoro hanno un ingombro abbastanza limitato tale da permetterne l'utilizzo anche in aree fortemente trafficate.

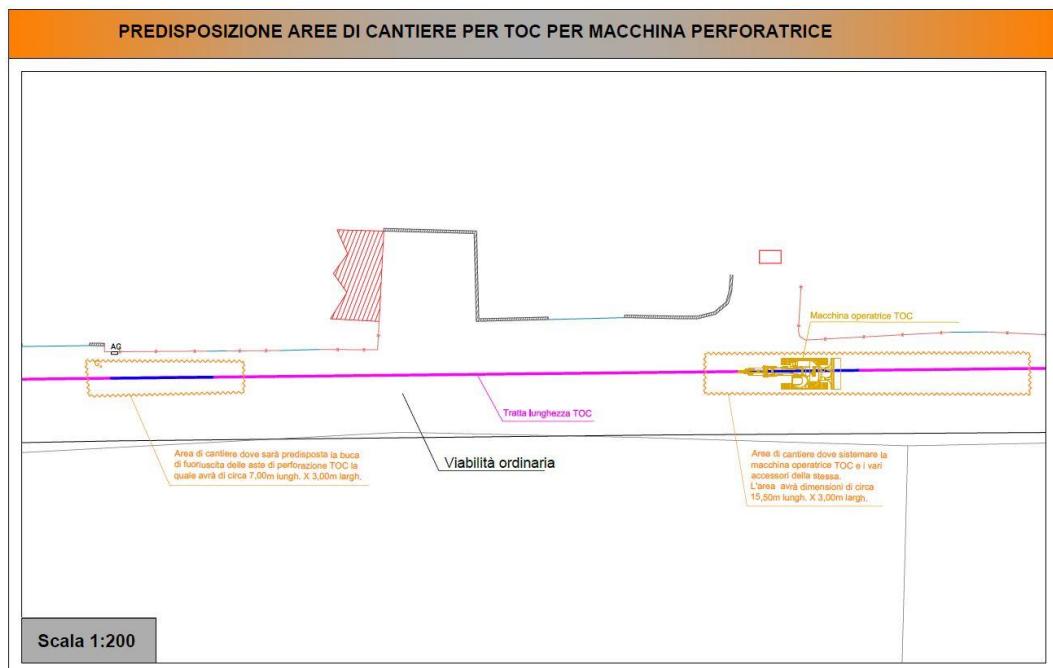


Figura 48 - Macchina Operatrice per esecuzione TOC

3.6 Tecnica del microtunneling

Il microtunneling è una tecnica grazie alla quale è possibile effettuare la perforazione e la posa in opera di tubazioni tramite spinta eseguita da pistoni e contemporaneo azionamento di una testa fresante (chiamata anche scudo) posta sul fronte dello scavo con funzione di disagregazione e incanalamento del terreno attraverso un movimento di rotazione.

Con la tecnica del microtunneling si realizzano condotte in sotterraneo, con l'aiuto di fanghi di perforazione, ma senza scavi a cielo aperto, in terreni di qualsiasi tipologia, anche sotto il livello di falda, con controllo della perforazione da remoto mediante una centrale di comando. Le tratte di tubazione realizzate con questo sistema raggiungono lunghezze considerevoli grazie alla possibilità di inserire una o più stazioni di spinta intermedie. L'unità di perforazione è guidata da un sistema laser di rilevamento continuo che consente di individuare in tempo reale gli eventuali errori di traiettoria e di applicare conseguentemente le necessarie correzioni.

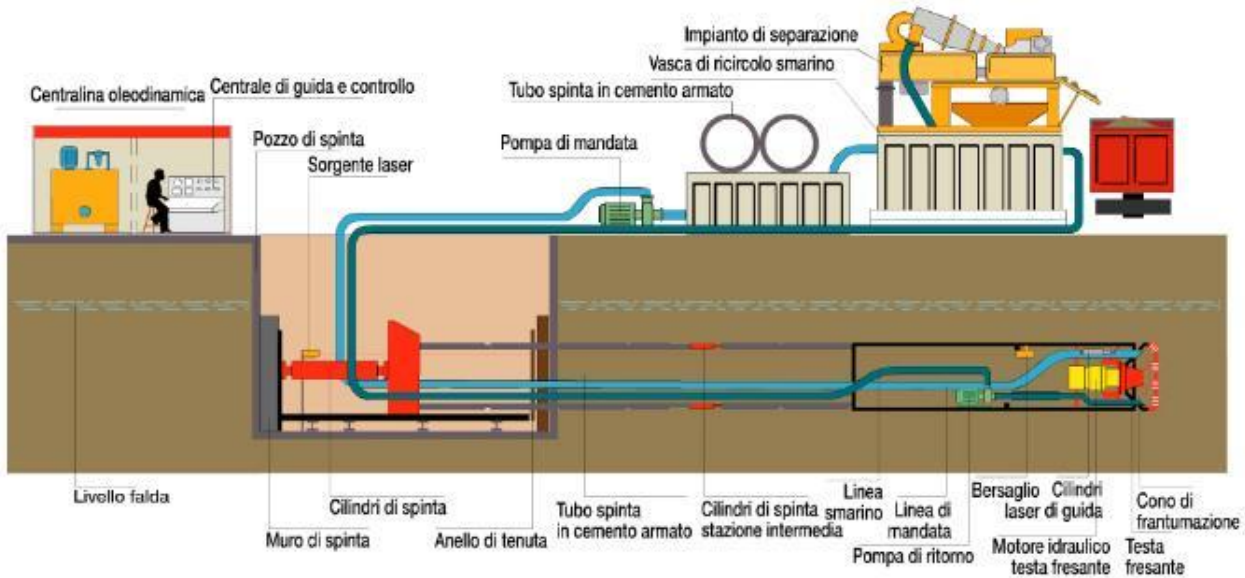


Figura 49 - Schema della tecnica del microtunneling

Le fasi della realizzazione di un microtunnel sono le seguenti:

1. costruzione dei pozzi di spinta e di arrivo con dimensioni adeguate al microtunnel da eseguire;
2. installazione dell'unità di spinta, del sistema di recupero dello smarino (recupero del materiale e dei fanghi provenienti dallo scudo di perforazione) e delle varie strumentazioni per il controllo in remoto;
3. posizionamento dello scudo cilindrico di perforazione;
4. inizio della perforazione realizzata dallo scudo cilindrico di perforazione;
5. contemporanea spinta delle tubazioni, adatte alla posa con il sistema microtunneling, con giunzioni a tenuta stagna;
6. controllo della spinta con un raggio laser posto all'interno del pozzo di spinta.

Per lunghezze di circa 1km (o superiori) è necessario realizzare almeno un pozzo di spinta intermedio.

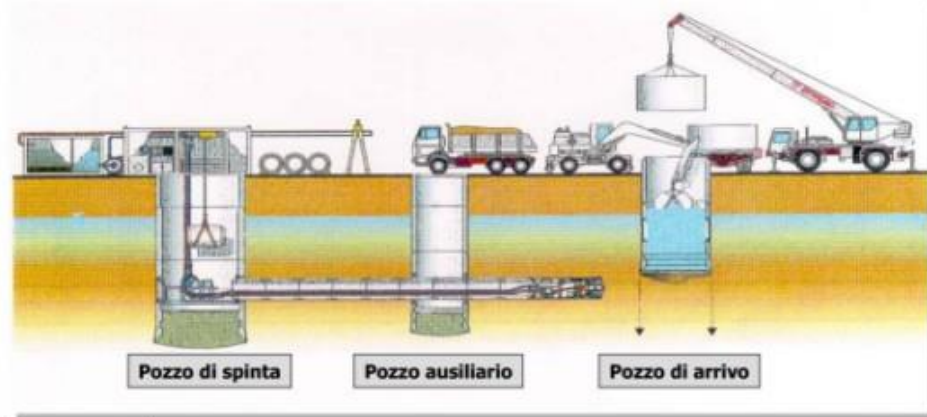


Figura 50 - Microtunnel con pozzo intermedio

3.7 Esecuzioni delle giunzioni

Terminata la posa di almeno due tratte consecutive si realizzano le giunzioni, che consistono nelle fasi seguenti:

- scavo della buca giunti;
- allestimento della copertura a protezione dagli agenti atmosferici;
- preparazione del cavo, taglio delle testate a misura;
- messa in continuità della parte conduttrice e via via di tutti gli stati componenti (isolante, schermatura, guaina);
- chiusura del giunto con una muffola riempita di resine a protezione dagli agenti chimici e dall'umidità del terreno;
- realizzazione dei muretti di contenimento e separazione delle fasi a creare camere di contenimento del singolo giunto;
- riempimento delle camere con materiale di adeguata conducibilità termica e ricopertura con lastre di protezione in cls,
- chiusura della buca giunti;
- ripristino della viabilità.

PARTICOLARE BUCA GIUNTI

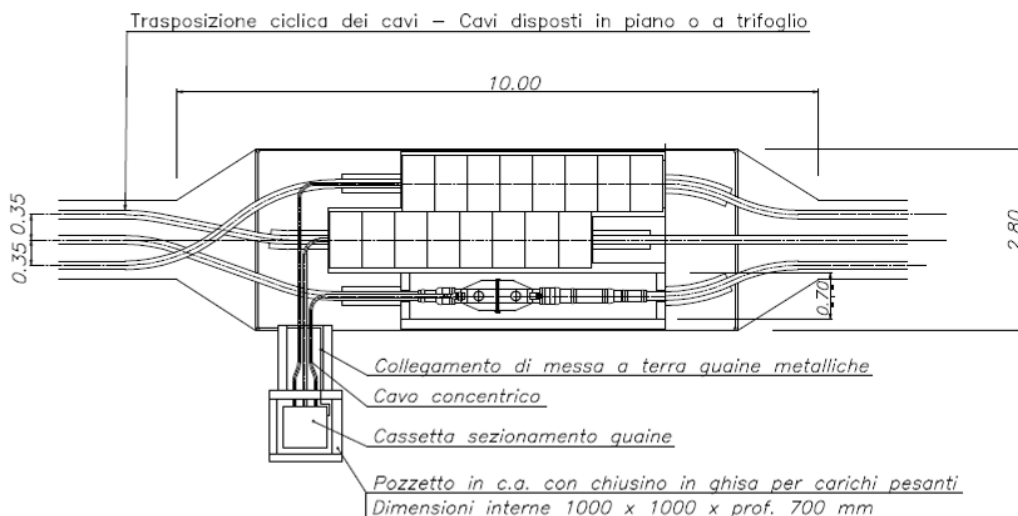
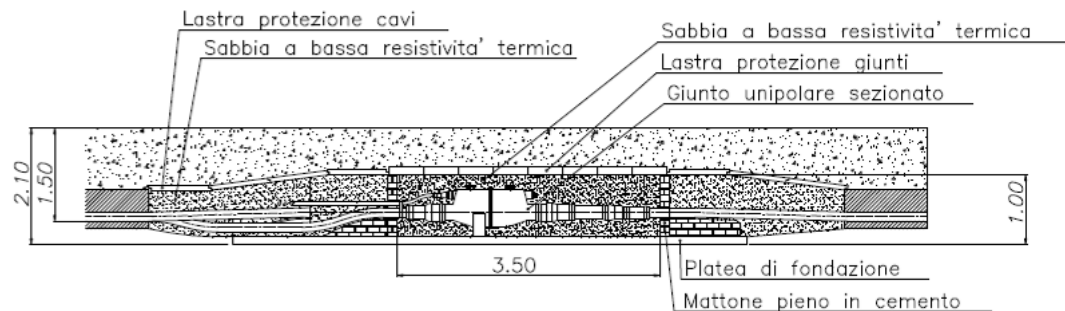




Figura 51 - Esecuzione giunto esempio di buca giunti

3.8 Terminazioni

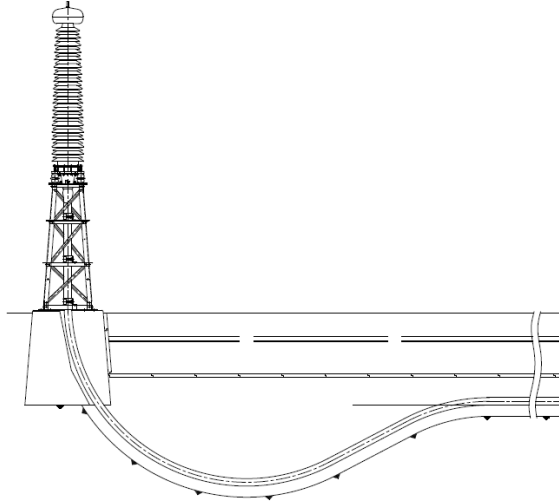
Prima dell'esecuzione dei terminali, si procede al montaggio di un ponteggio, composto da elementi modulari con adeguati piani di lavoro che consentono le lavorazioni in sicurezza.



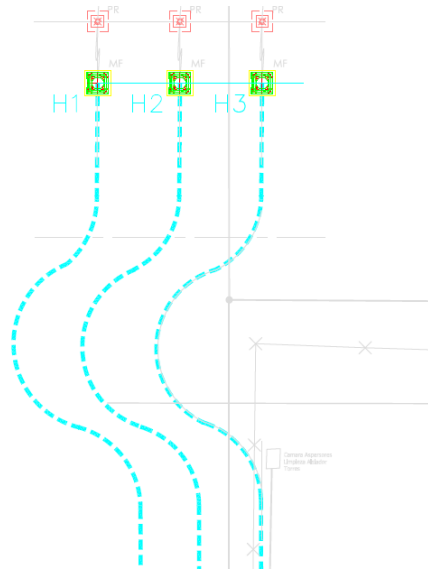
Figura 52- esempio ponteggio per esecuzione terminali

Una volta realizzato il ponteggio si avviano le attività vere e proprie di montaggio del terminale che consistono in:

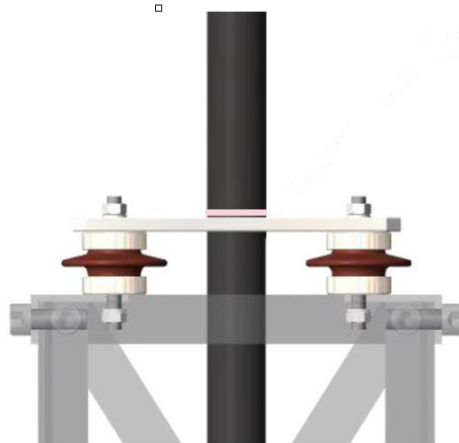
- posa del cavo in corrispondenza dell'area di terminazione,
- posizionamento del cavo nel sostegno porta terminali con fissaggio lungo lo stesso,



- creazione della scorta cavo in prossimità della terminazione,



- posizionamento del cavo nella configurazione definitiva per effettuare la preparazione della testa cavo,



- preparazione del cavo con l'installazione del cono deflettore,
- installazione dell'isolatore,
- riempimento dell'isolatore con fluido isolante e confezionamento finale.




Figura 53 – Particolare terminale cavo

3.9 Collaudo cavi

Il collaudo dei cavi rappresenta l'ultima fase di realizzazione. Al termine della posa di ciascuna terna di cavi vengono eseguite le prove di tensione utilizzando un generatore risonante per un periodo di un'ora a fase.



Figura 54 – Esempio di collaudo

 <small>TERNA GROUP</small>	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 50 di 64

4 ELETTRODOTTI AEREI E IN CAVO INTERRATO: DEMOLIZIONE

4.1 Demolizione di elettrodotti aerei

Per le attività di smantellamento di elettrodotti aerei si possono individuare le seguenti fasi meglio descritte nel seguito:

- recupero dei conduttori, delle funi di guardia e degli armamenti;
- smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni;
- demolizione delle fondazioni dei sostegni
- risarcimento dei danni procurati sia ai fondi interessati dai lavori che ai fondi utilizzati per l'accesso ai sostegni per lo svolgimento dell'attività di smontaggio.

Si specifica che nelle varie fasi si provvede sempre al trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, lasciando le aree utilizzate sgombre e ben sistemate in modo da evitare danni alle cose ed alle persone.

Le attività preliminari possono essere considerate analoghe a quelle della fase realizzativa e consistono nella predisposizione e delimitazione dell'area di micro-cantiere, facilitata dalla presenza del sostegno e, solitamente, dalla presenza della viabilità esistente ed utilizzata per le ispezioni.

4.1.1 *Recupero conduttori, funi di guardia ed armamenti*

Le attività prevedono:

- preparazione e montaggio opere provvisorie sulle opere attraversate (impalcature, piantane, ecc.);
- taglio e recupero dei conduttori per singole tratte;
- separazione dei materiali (conduttori, funi di guardia, isolatori, morsetteria) per il carico e trasporto a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale e ove possibile a successivo ciclo produttivo;
- pesatura dei materiali recuperati;
- adempimenti previsti dalla normativa vigente in materia di smaltimento dei materiali (anche speciali) provenienti dalle attività di smantellamento;
- taglio delle piante interferenti con l'attività, con i medesimi accorgimenti già descritti al paragrafo 2.6.1.

4.1.2 *Smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni*

La carpenteria metallica proveniente dallo smontaggio dei sostegni dovrà essere destinata a rottame; il lavoro di smontaggio sarà eseguito come di seguito descritto.

Le attività prevedono:

- taglio delle strutture metalliche smontate in pezzi idonei al trasporto a discarica o centro di recupero;
- carico e trasporto a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale e ove possibile a successivo ciclo produttivo di tutti i materiali provenienti dallo smontaggio;
- pesatura dei materiali recuperati;
- adempimenti previsti dalla legislazione vigente in materia di smaltimento dei materiali (anche speciali) provenienti dalle attività di smantellamento.

4.1.3 *Demolizione delle fondazioni dei sostegni*

La demolizione delle fondazioni dei sostegni comporta l'asportazione dal sito del calcestruzzo e del ferro di armatura mediamente fino ad una profondità di m 1,5 dal piano di campagna in terreni agricoli a conduzione meccanizzata e urbanizzati e 0,5 m in aree boschive e/o in pendio. Si specifica che le modalità di rimozione delle fondazioni sono strettamente legate al contesto territoriale (es. presenza di habitat, aree in dissesto)

Le attività prevedono:

- scavo della fondazione fino alla profondità necessaria;
- asporto, carico e trasporto a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale e ove possibile a successivo ciclo produttivo di tutti i materiali provenienti dalla demolizione (cls, ferro d'armatura e monconi);

- rinterro e gli interventi di ripristino dello stato dei luoghi, così come descritto al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**



Figura 55 - Fasi demolizione di un sostegno a traliccio



Figura 56 - Fasi demolizione di un sostegno a traliccio, particolare di materiale raccolto

Si specifica che l'asportazione delle fondazioni mediamente **fino ad 1,5m** di profondità consente nella maggior parte dei casi **la rimozione completa** delle stesse.



Figura 57- Esempio di rimozione della fondazione superficiale di un sostegno 220 kV



Figura 58 - Esempio rimozione della fondazione superficiale di un sostegno 380 kV ST

Come già anticipato, si specifica che l'utilizzo delle fondazioni profonde è limitato a poco più del 2% sul totale dei sostegni dell'intera rete RTN di proprietà Terna. Inoltre, analizzando solamente le linee a tensione 220-150-132 kV, che rappresentano la maggior parte delle linee soggette a interventi di demolizione, la percentuale di fondazioni profonde si riduce ulteriormente al di sotto dell'1%.

4.1.4 Utilizzo delle risorse e fabbisogno nel campo dei trasporti

Trattandosi di una fase di dismissione non si prevede l'utilizzo di risorse, ma soltanto dei mezzi impiegati per le operazioni di demolizione e trasporto dei materiali di risulta.

Per raggiungere i sostegni e per allontanare i materiali verranno percorse le stesse piste di accesso già utilizzate in fase di costruzione o degli accessi temporanei, oppure l'elicottero in mancanza di queste.



Figura 59 - Esempio di pista temporanea su terreno agricolo

In merito al consumo di risorse naturali, nonché alla produzione di rifiuti, si evidenzia che dalla demolizione degli elettrodotti aerei è possibile recuperare la maggior parte dei materiali, che potranno quindi essere reimmessi nel ciclo di vita dei materiali, attraverso successivi cicli produttivi, conformemente alla normativa di settore. A tal proposito Terna nelle sue valutazioni in funzione delle prassi delle attività di cantiere e della tipologia di materiali utilizzati nella fase di costruzione, stima un recupero dei principali materiali metallici (alluminio, acciaio) e del vetro prossima al 100%.

I volumi di calcestruzzo demoliti saranno trasportati presso a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale. Presso detti impianti, il calcestruzzo verrà separato dalle armature per essere successivamente riutilizzato come inerte, mentre l'acciaio verrà avviato in fonderia.

Tutti i materiali derivanti dalle demolizioni e destinati a rottame (rottame di ferro zincato quale tralicci, funi di guardia etc., conduttori in alluminio e leghe di alluminio, conduttori in rame) vengono conferiti in siti adeguati al loro riciclo.


4.1.5 Rimozione delle fondazioni profonde

Le fondazioni profonde possono arrivare anche fino a 30 m e vengono impiegate in situazioni di criticità, quali:

- terreni con scarse caratteristiche geotecniche,
- presenza di falde superficiali,
- presenza di dissesti geomorfologici.

Le azioni di progetto legate alla rimozione totale di questa tipologia di fondazioni, comporterebbe degli effetti ben più significativi rispetto alla rimozione standard ovvero fino alla profondità di 1,5 m di cui ai paragrafi precedenti, in termini di:

- numero e tipologia di mezzi impiegati,
- utilizzo/apertura di piste idonee alla movimentazione dei mezzi,
- innesco di fenomeni franosi,
- collegamento di falde superficiali,
- consumo di materie prime per il riempimento degli scavi,

	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 54 di 64

si specifica che ciò che resta nel terreno è costituito da materiale inerte, ovvero dal calcestruzzo e dal ferro dei micropali o dei pali trivellati la cui realizzazione è stata descritta al paragrafo 2.4.2.

E' evidente che finché si tratta di rimuovere i pilastri (tipicamente un colonnino di diametro 70-80 cm fino a 1,5 metri) di una fondazione superficiale, le operazioni di scavo sono limitate, così come i mezzi necessari per la sua estrazione dal terreno. Viceversa, in caso di rimozione totale di una fondazione profonda sarebbe necessario aprire uno scavo ben più profondo, in contesti territoriali già critici e che rappresentano la motivazione legata alla scelta di una fondazione di questo tipo, con la necessità di avviare un'azione drenante sul terreno per ridurre l'attrito del palo trivellato, che verrebbe quindi estratto tramite l'ausilio di una gru di portanza significativamente elevata. A seguire andrebbe quindi avviato il riempimento dello scavo.

Un altro aspetto da evidenziare è che l'asportazione delle fondazioni (in particolar modo quelle profonde) può generare una situazione di alterazione nei substrati di terreno più profondi coinvolti da tale attività. Infatti il terreno si troverebbe a passare da una situazione di contenimento e confinamento, dovuta alla presenza dell'opera fondale, ad una situazione di cavernosità che dovrebbe comunque essere soggetta ad un'azione di riempimento e costipamento. Di fatto questo crea un'alterazione della litologia in loco con conseguente instabilità superficiale del terreno (dai classici cedimenti del piano campagna a veri e propri smottamenti) che risulta essere ancora più evidente in presenza di falda.

A supporto di quanto esposto si riportano di seguito degli esempi di autorizzazioni emesse da Enti in materia ambientale, con la prescrizione di non rimozione delle fondazioni su contesti territoriali specifici:

Nell'ambito del procedimento autorizzativo dell'intervento "Interconnessione a 150kV "Sorrento – Vico Equense – Agerola – Lettere" ed opere connesse" Terna ha predisposto, su richiesta dell'AdB della Campania centrale, uno "Studio di Compatibilità Idrogeologica" che contemplava le metodologie operative da adottarsi per la demolizione dei sostegni su versante, che non dovevano comportare l'aggravio di stabilità del versante. Di seguito si riporta lo stralcio dello Studio predisposto:

"I 162 sostegni da demolire ricadono sia in aree vincolate dalle Autorità di Bacino come P3 e P4 che in aree P1 e P2. In generale la demolizione dei sostegni sarà eseguita attraverso l'asportazione fino al moncone e successiva demolizione dei colonnini fino a circa 50 cm di profondità. Le fondazioni pertanto non verranno asportate e ciò consentirà di preservare la stabilità dei versanti.

Per i sostegni ricadenti in zone classificate come P3 e P4, per evitare che vi sia un'alterazione delle condizioni di equilibrio morfologico dei versanti preesistenti, in fase esecutiva si procederà alla demolizione dei sostegni con il supporto di un elicottero."

A seguire l'AdB si è espressa favorevolmente alla realizzabilità dell'opera, definendo le attività compatibili con l'assetto territoriale (parere n. 1848 del 7 luglio 2015).

Altro esempio legato a sensibilità territoriali diverse, è rappresentato dal Parere dell'8 agosto 2008 rilasciato dall'Assessorato all'ambiente della Regione Sardegna per l'intervento di rimozione degli elettrodotti aerei a 150 kV nello stagno del Molentargius all'interno del SIC/ZPS cod. id. ITB040022. La Regione, nell'ambito della procedura di valutazione di incidenza, ha prescritto il mantenimento di alcune fondazioni al fine del riutilizzo delle stesse come posatoi per l'avifauna.

Si riporta l'estratto della Valutazione di Incidenza richiamata nel parere che descrive la soluzione prescritta:

"ALTERNATIVA 6 – Taglio dei basamenti centrali dello stagno sotto il pelo dell'acqua e realizzazione di posatoi nei basamenti laterali

ATTIVITÀ PREVISTE

1. Taglio dei basamenti

- a) Approvvigionamento a bordo stagno di materiali e attrezzature per taglio;
- b) Trasporto materiali a attrezzature in prossimità del primo basamento;
- c) Predisposizione attrezzature e taglio con filo diamantato;
- d) Movimentazione dei blocchi mediante "Tirfort" per il posizionamento in acqua in prossimità del basamento;
- e) Rimozione attrezzature e trasporto verso il basamento successivo (o a terra al termine delle operazioni).

2. Inertizzazione delle superfici dei basamenti con ferri esposti

- a) Trasporto materiali e operatori presso il basamento;
- b) Applicazione resine epossidiche (o malte alcaline);
- c) Trasporto verso il basamento successivo (o a terra al termine delle operazioni).

3. Smaltimento blocchi in c.a.

- a) Foratura blocchi per imbracatura;
 b) Imbracatura blocchi per il prelievo con elicottero;
 c) Trasporto con elicottero e scarico nel deposito temporaneo in prossimità del depuratore;
 d) Caricamento sui mezzi per il trasporto a discarica autorizzata.”

ALTERNATIVA 6 - Tabella incidenze ambientali

ATTIVITA'	Descrizione	Tempi	Attrezzature	Disturbi ambientali
TAGLIO DEI BASAMENTI	Taglio con filo diamantato 5 tagli tipo C 5 tagli tipo CEF Blocchi tagliati: 149,65 mc	Tipo C: 3 gg a basamento Tipo CEF: 4 gg a basamento (35 giorni)	Ponteggio per centralina Centralina di taglio Sega a filo diamantato Serbatoi per raffreddamento Gruppo elettrogeno Barca per trasporto attrezzature	Rumore barca Rumore macchinari Disturbo all'avifauna per movimentazione operatori e mezzi nello stagno
TRASPORTO CON ELICOTTERO	Foratura blocchi per imbracatura Aggancio blocchi e trasporto nel deposito temporaneo adiacente al depuratore.	2 giorni di lavoro nello stagno + 2 giorni per i viaggi di andata e ritorno da e per Lucca	Elicottero (40 voli) Trapano per foratura blocchi Barca per trasporto attrezzature	Rumore barca Rumore trapano Rumore e transito elicottero Disturbo all'avifauna per movimentazione operatori e mezzi nello stagno
INERTIZZAZIONE BLOCCHI IN C.A.	Inertizzazione superfici dei basamenti con ferri esposti mediante applicazione di resine epossidiche (o malta alcalina)	3 giorni	Barca per trasporto operatori, materiali e attrezzature	Rumore barca Disturbo all'avifauna per movimentazione operatori e mezzi nello stagno
SMALTIMENTO BLOCCHI IN C.A.	Carico dei blocchi su automezzi e trasporto a discarica (101,6 mc)	4 giorni	Gru per carico automezzi Automezzi per trasporto a discarica	Rumore macchinari Movimentazione di operatori e mezzi
	Tempo totale previsto	44 giorni		

Gli interventi di demolizione sono stati eseguiti nel 2010.



Figura 60 - Fenicotteri sopra le vecchie fondazioni adibite a posatoi (anno 2012)



Figura 61 - Fenicotteri sopra le vecchie fondazioni adibite a posatoi (anno 2012)

4.2 Demolizione di elettrodotti in cavo interrato

La demolizione di elettrodotti in cavo interrato consiste sostanzialmente nella riapertura dello scavo effettuato per la realizzazione e rimozione del cavidotto con conseguente conferimento a discarica del cavo e successiva richiusura dello scavo. Tale attività, pertanto, ripresenta le stesse problematiche della realizzazione di un nuovo impianto con lo stesso impatto sulla viabilità.


Di seguito si riporta una particolare procedura che riguarda i vecchi elettrodotti in cavo con isolamento in olio fluido.

4.2.1 Svuotamento e recupero olio fluido da cavi fuori servizio e da abbandonare.

Tale attività si rende necessaria qualora un collegamento in cavo isolato ad olio fluido viene dismesso dalla rete. L'operazione è valida per tutte le tipologie di cavo che per semplicità si elencano: 60 kV; 150 kV, 220 kV, 380 kV.

Le attività si possono riepilogare in maniera seguente:

- chiusura di tutti i serbatoi di olio facenti parte dell'impianto;
- posizionamento di idonei contenitori per la raccolta dell'olio ai due estremi della linea;
- svuotamento dei terminali ai due lati dell'impianto;
- eliminazione degli accessori presenti dopo essersi assicurati che l'olio sia terminato, previo collegamento di pompe per aspirazione per almeno 12 ore;
- dopo l'operazione sopra descritta, si procede con il taglio degli accessori;
- alle estremità vengono saldate delle teste in modo da potersi collegare con apparecchiature, procedendo nel modo seguente: soffiare con un compressore di adeguata potenza da un lato, e dall'altro recuperare l'olio che esce. Tale operazione va ripetuta a giorni alterni per almeno una settimana ed in base alla lunghezza dell'impianto;
- dopo tale operazione, si tolgono le teste saldate in precedenza e si saldano dei cappellotti di piombo in modo da sigillare opportunamente le estremità;
- a valle di tali operazioni si può procedere all'asportazione meccanica dei cavi ed al conferimento degli stessi ad idonea discarica.

	Nota Tecnica <i>Elettrodotti aerei, in cavo interrato e demolizioni: attività di cantiere e misure di ripristino e mitigazione</i>	Codifica INGAPI18021	
		Rev. N° 01	Pag. 57 di 64

5 I RIPRISTINI DELLE AREE DI CANTIERE

Le superfici oggetto di insediamento sia di nuovi sostegni che di smantellamenti di elettrodotti aerei esistenti sono interessate, al termine dei lavori, da interventi di ripristino dello stato originario dei luoghi, finalizzati a riportare lo status pedologico e delle fitocenosi in una condizione il più possibile vicina a quella ante - operam, mediante tecniche progettuali e realizzative adeguate.

5.1 Attività preliminari al ripristino

Al termine dei lavori di tesatura di conduttori, si proseguirà dunque attraverso le seguenti fasi:

- pulizia delle aree interferite, con asportazione di eventuali rifiuti e/o residui di lavorazione;
- rimodellamento morfologico locale e puntuale in maniera tale da raccordare l'area oggetto di smantellamento con le adiacenti superfici del fondo, utilizzando il terreno vegetale precedentemente accantonato;
- sistemazione finale dell'area:
 - in caso di aree agricole, dato l'uso delle superfici, l'intervento più importante è costituito dalla ricostituzione della coltura esistente e la prosecuzione delle attività di coltivazione nelle superfici esterne a quelle del sostegno, limitando quindi la sottrazione di superfici agricole; e dell'inerbimento della superficie sottostante i sostegni a traliccio;
 - in caso di prati naturali si prevede la rimozione e l'allontanamento dei materiali di cantiere e la minimizzazione di qualunque tipo di operazione di scavo al fine di non compromettere le delicate cenosi erbacee presenti. La ricostruzione del prato potrà variare a seconda dei casi e sarà effettuata secondo le tecniche dell'ingegneria naturalistica, nonché in base all'area biogeografica di riferimento;
 - in caso di ripristino in aree con differente utilizzazione (aree boscate/cespugliate) si provvede alla messa in opera di misure in grado di favorire una evoluzione naturale del soprassuolo secondo le caratteristiche circostanti, nonché qualora disponibili, secondo le metodologie di ripristino per tipologia di habitat previste nei Piani Forestali Regionali. In tal senso la realizzazione la messa a dimora di specie arboreoarbustive e l'inerbimento superficiale sulle aree di lavorazione costituisce tendenzialmente una misura sufficiente per evitare la costituzione di aree di bassa qualità percettiva.

5.2 Idrosemina

La base dei ripristini delle aree interferite in fase di cantiere è rappresentata dall'inerbimento mediante la tecnica dell'idrosemina. Tale intervento si effettua per fornire una prima copertura utile per la difesa del terreno dall'erosione e per attivare i processi pedogenetici del suolo. La riuscita dell'inerbimento determina, inoltre, una preliminare e notevole funzione di recupero dal punto di vista paesaggistico ed ecosistemico, oltre che limitare al massimo la colonizzazione da parte di specie infestanti.

Il criterio di intervento seguito è quello di restituire i luoghi, per quanto possibile, all'originale destinazione d'uso. Si precisa che comunque tutti i ripristini sono subordinati al consenso del proprietario del terreno e all'osservanza delle condizioni di sicurezza previste in fase di realizzazione e manutenzione dell'impianto.

5.3 Scelta delle specie

La selezione delle specie da mettere a dimora nell'ambito degli interventi di ripristino e inserimento paesaggistico fa riferimento alle serie dinamiche della vegetazione e alle caratteristiche pedologiche del distretto geografico attraversato.

Il criterio di utilizzare specie autoctone, tipiche della vegetazione potenziale e reale delle aree interessate dal progetto, è ormai ampiamente adottato nelle opere di ripristino e mitigazione ambientale. Si specifica che viene data particolare attenzione all'idonea provenienza delle piante di vivaio, per evitare l'uso di specie che abbiano nel proprio patrimonio genetico caratteri di alloctonia che potrebbero renderle più vulnerabili a malattie e virus e che il rifornimento del materiale vegetale avviene preferibilmente presso i vivai forestali autorizzati dalle Regioni.

I fattori che determinano la scelta delle specie vegetali sono così sintetizzabili:

- Fattori botanici e fitosociologici: le specie sono individuate tra quelle autoctone, sia per questioni ecologiche, che per la capacità di attecchimento, cercando di individuare specie che possiedano caratteristiche di specifica complementarità, in modo da creare associazioni vegetali ben equilibrate e stabili nel tempo;
- Criteri ecosistemici: le specie sono individuate in funzione della potenzialità delle stesse nel determinare l'arricchimento della complessità biologica;
- Criteri agronomici ed economici: gli interventi sono calibrati in modo da contenere gli interventi e le spese di manutenzione (potature, sfalci, irrigazioni, concimazione, diserbo).

5.4 Interventi a verde e ingegneria naturalistica

Per gli interventi di rivegetazione si fa riferimento ai principi e metodi dell'Ingegneria Naturalistica, ricondotti alle tipologie semplificate previste:

- impiego esclusivo di specie ecologicamente coerenti;
- finalizzazione degli interventi di rivegetazione alla funzione antierosiva dei suoli denudati di intervento;
- reinserimento paesaggistico strettamente legato all'impiego di specie locali in quanto si opera in ambiti extraurbani;
- valutazione delle possibili interferenze funzionali (es. sviluppo delle piante arboree con possibile interferenza con i conduttori);
- ottenimento di tali funzioni comunque legato alla ricostituzione di ecosistemi locali mediante impiego di piante autoctone riferite a stadi della serie dinamica della vegetazione potenziale dei siti di intervento;
- Vale il principio di ottenere il massimo livello possibile di biodiversità compatibile con la funzionalità strutturale e gestionale dell'opera.

5.5 Tecniche di possibile impiego

E' previsto l'impiego delle seguenti tecniche a verde e di ingegneria naturalistica:

- semine, idrosemine, semine potenziate in genere (nel caso di impiego di miscele commerciali);
- per interventi in zone SIC/ZPS: restauro ecologico individuando un sito donatore (prato in zone limitrofe) dove tagliare l'erba da impiegare nel restauro. Questo metodo va bene nel caso in cui l'area da ripristinare sia a breve distanza e sia accessibile con i mezzi in modo da poter trasportare l'erba. Il restauro va effettuato immediatamente dopo la raccolta, per cui deve essere garantita una tempistica di cantiere coincidente con l'epoca di maturazione del seme (giugno). In alternativa può essere raccolto foraggio secco che può essere utilizzato molti mesi dopo la raccolta o impiegato fiorume proveniente da prati stabili naturali locali (Arrenatereti, Brometi) fornito direttamente da agricoltori della zona;
- messa a dimora di arbusti;
- messa a dimora di alberi;
- messa a dimora di talee di salici;
- viminate e fascinate quali stabilizzanti su eventuali scarpate;
- palificate e terre rinforzate verdi di sostegno di sponde/rilevati;
- formazione di microhabitat aridi per fauna minore (rettili);
- formazione di eventuali zone umide per la fauna.



Figura 62 - Interventi di ripristino nel Parco naturale della valle del Ticino sulla linea 380 kV Trino-Lacchiarella



Figura 63 - Intervento di ripristino a prato sulla linea 380 kV Udine Ovest-Udine Sud



Figura 64 - Intervento di inerbimento sulle linee 132 kV della Val D'Ossola Sud



Figura 65 - Intervento di messa a dimora di alberi e arbusti sulla linea 380 kV Chignolo Po – Maleo



Figura 66 - Interventi di rinaturazione ante e post operam sulle linee 132 kV della Val D'Ossola Sud

6 MISURE GESTIONALI E INTERVENTI DI OTTIMIZZAZIONE: MITIGAZIONI

Si riportano in questo paragrafo le misure di mitigazione generalmente adottate da Terna in fase di realizzazione, di esercizio e di demolizione per ridurre o eliminare potenziali perturbazioni al sistema ambientale.

MISURE DI MITIGAZIONE	
1*	Fondazioni profonde
	I sostegni ricadenti in aree di vulnerabilità idrogeologica verranno realizzati su fondazioni profonde. La scelta delle tipologie fondazionali avverrà in fase di progettazione esecutiva, a seguito di approfondita indagine geognostica.
2*	Opere di protezione da eventi alluvionali
	I sostegni ricadenti in aree di vulnerabilità idrologica - idraulica verranno realizzati con piedini (o parte superiore della fondazione nel caso di sostegni monostelo) sporgenti dal piano campagna rialzati fino alla quota di riferimento della piena di progetto.
3	Opere provvisorie di stabilizzazione degli scavi
	A causa della concomitanza tra substrato da limoso ad argilloso e ridotti valori di soggiacenza della falda freatica (con valori minimi inferiori al metro nella parte costiera) che rendono le condizioni di stabilità degli scavi non sempre buone, è previsto il ricorso ad opere provvisorie di stabilizzazione degli scavi stessi.
4	Riduzione del rumore e delle emissioni
	L'azione prioritaria deve tendere alla riduzione delle emissioni alla sorgente. La riduzione sarà ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature ovvero prediligendo quelle silenziate, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operative e sulle predisposizioni del cantiere. Pertanto, nella fase di pianificazione e realizzazione del cantiere, verranno posti in essere gli accorgimenti indicati nel seguito: <ul style="list-style-type: none"> • scelta delle macchine e delle attrezzature a migliori prestazioni, omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea, con installazione, se non già previsti, di silenziatori sugli scarichi; • manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, con sostituzione dei pezzi usurati o che lasciano giochi; • ottimizzazione delle modalità operative e di predisposizione del cantiere.
5	Ottimizzazione trasporti
	Verrà ottimizzato il numero di trasporti previsti per i mezzi pesanti, prediligendone il loro transito nei giorni feriali e nelle ore diurne, ed evitandolo nelle prime ore della mattina e nel periodo notturno.
6	Abbattimento polveri dai depositi temporanei di materiali di scavo e di costruzione
	Riduzione dei tempi in cui il materiale stoccato rimane esposto al vento; localizzazione delle aree di deposito in zone non esposte a fenomeni di turbolenza; copertura dei depositi con stuoie o teli; bagnatura del materiale sciolto stoccato.
7	Abbattimento polveri dovuto alla movimentazione di terra del cantiere
	Movimentazione da scarse altezze di getto e con basse velocità di uscita; copertura dei carichi di inerti fini che possono essere dispersi in fase di trasporto; riduzione dei lavori di riunione del materiale sciolto; bagnatura del materiale.
8	Abbattimento polveri dovuto alla circolazione di mezzi all'interno del cantiere
	Bagnatura del terreno, intensificata nelle stagioni più calde e durante i periodi più ventosi; bassa velocità di circolazione dei mezzi; copertura dei mezzi di trasporto; realizzazione dell'eventuale pavimentazione all'interno dei cantieri base, già tra le prime fasi operative.
9	Abbattimento polveri dovuto alla circolazione di mezzi su strade non pavimentate
	Bagnatura del terreno; bassa velocità di intervento dei mezzi; copertura dei mezzi di trasporto.

MISURE DI MITIGAZIONE

10	Abbattimento polveri dovuti alla circolazione di mezzi su strade pavimentate Interventi di pulizia delle ruote; bassa velocità di circolazione dei mezzi; copertura dei mezzi di trasporto.
11	Dimensione e tipologia dei sostegni Utilizzo, laddove possibile, di sostegni di tipologia tubolare, al fine di ridurre sia l'impatto visivo (perché più sottili) che il campo elettromagnetico (grazie alla ridotta distanza tra i conduttori nelle tre fasi). La tipologia permette inoltre di ridurre la base del sostegno, con un notevole risparmio in termini di sottrazione di suolo.
12	Scelta e posizionamento aree di cantiere Le aree individuate rispondono alle seguenti caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> • destinazione preferenziale d'uso industriale o artigianale o, in assenza di tali aree in un intorno di qualche chilometro dal tracciato dell'elettrodotto, aree agricole; • aree localizzate lungo la viabilità principale e prossime all'asse del tracciato; • morfologia del terreno pianeggiante, in alternativa sub-pianeggiante; • assenza di aree di pregio naturalistico; • lontananza da possibili recettori sensibili quali abitazioni, scuole ecc.
13	Accessi alle aree dei sostegni e sopralluoghi Per l'attenuazione dell'interferenza con la componente vegetazionale si cerca, ove tecnicamente possibile, di collocare i sostegni in aree prive di vegetazione. Si provvede inoltre all'ottimizzazione del posizionamento dei sostegni in relazione all'uso del suolo ed alla sua parcellizzazione, ad esempio posizionandoli ai confini della proprietà o in corrispondenza di strade interpoderali.
14	Misure atte a ridurre gli impatti connessi all'apertura dei microcantieri Nei microcantieri (siti di cantiere adibiti al montaggio dei singoli sostegni) l'area di ripulitura dalla vegetazione o dalle colture in atto sarà limitata a quella effettivamente necessaria alle esigenze costruttive. La durata delle attività sarà ridotta al minimo necessario, i movimenti delle macchine pesanti limitati a quelli effettivamente necessari per evitare eccessive costipazioni del terreno, mentre l'utilizzo preferenziale di calcestruzzi preconfezionati eliminerà il pericolo di contaminazione del suolo. Le attività di scavo delle fondazioni dei sostegni saranno tali da contenere al minimo i movimenti di terra.
15	Trasporto dei sostegni effettuato per parti Con tale accorgimento si eviterà così l'impiego di mezzi pesanti che avrebbero richiesto piste di accesso più ampie; per quanto riguarda l'apertura di nuovi accessi di cantiere, tale attività sarà limitata a pochissimi sostegni e riguarderà al massimo brevi raccordi non pavimentati, all'interno di aree agricole, evitando l'interferenza con le formazioni lineari e areali presenti. I pezzi di sostegno avranno dimensione compatibile con piccoli mezzi di trasporto, in modo da ridurre la larghezza delle stesse piste necessarie.
16	Limitazione del danneggiamento della vegetazione durante la posa e tesatura dei conduttori La posa e la tesatura dei conduttori verranno effettuate evitando per quanto possibile il taglio e il danneggiamento della vegetazione sottostante. Lo stendimento della fune pilota viene eseguito di prassi con elicottero, in modo da rendere più spedita l'operazione ed evitare danni alle colture e alla vegetazione naturale sottostanti.
17	Installazione dei dissuasori visivi per attenuare il rischio di collisione dell'avifauna Si tratta di misure previste nei tratti di linea maggiormente sensibili al rischio di collisione contro i cavi aerei posizionati lungo i tratti di linea con maggiori caratteristiche di naturalità.
18	Ripristino vegetazione nelle aree dei microcantieri e lungo le nuove piste di accesso A fine attività in tutte le aree interferite in fase di cantiere si procederà alla pulitura ed al completo ripristino delle superfici e restituzione agli usi originari. Sono quindi previsti interventi di ripristino dello stato ante-operam, da un punto di vista

MISURE DI MITIGAZIONE

	pedologico e di copertura del suolo. Le superfici interessate dalle aree di cantiere e piste di accesso verranno ripristinate prevedendo tre tipologie di intervento: <ul style="list-style-type: none"> • ripristino all'uso agricolo; • ripristino a prato; • ripristino ad area boscata.
19	Misure di tutela della risorsa pedologica e accantonamento del materiale di scotico
	Al fine di garantire il mantenimento della fertilità dei suoli nelle aree di lavorazione, sarà attuato il preventivo scotico dello strato superficiale di terreno in tutte le aree interferite dalle attività per la realizzazione delle opere in progetto. Tale substrato sarà accantonato in cumuli di stoccaggio di altezza contenuta all'interno dello stesso microcantiere, accuratamente separati dal rimanente materiale di scavo, per poi essere riutilizzato negli interventi di ripristino.
Note	
*	<i>La necessità di tali interventi mitigativi dovrà essere verificata in fase di progettazione esecutiva sulla base di approfondite campagne di indagini geognostiche - geo meccaniche - verifiche idrauliche, sopralluoghi di esperti forestali.</i>

Tabella 8 – Tipologie di mitigazioni