

“TACCU SA PRUNA”

Progetto di impianto di accumulo idroelettrico ad alta flessibilità

Connessione alla RTN – Piano Tecnico delle Opere Utente

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



GEOTECH S.r.l.

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

Progettista: Ing. Pietro Ricciardini

Relazione tecnica illustrativa – connessione utente



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	Giugno 2022	Geotech S.r.l	Geotech S.r.l	Edison S.p.A.

Codice commessa: G929

Codifica documento: G929_DEF_R_004_Ut_rel_tec_ill_conn_1-1_REV00



Sommario

1	PREMESSA	3
2	PROPONENTE.....	4
3	CONTESTO E SCOPO DELL’OPERA.....	5
4	UBICAZIONE DELL’INTERVENTO	6
4.1	OPERE ATTRAVERSATE.....	7
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE	8
5.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO “SE NURRI 2 - SU TACCU SA PRUNA”	8
5.1.1	Parte 1 – elettrodotto aereo 380 kV	8
5.1.2	Parte 2 – area di transizione aereo-cavo	8
5.1.3	Parte 3 – cavo interrato 380 kV	9
5.1.4	Parte 4 – cavo sub lacuale 380 kV.....	9
5.1.5	Parte 5 – cavo interrato 380 kV in galleria	9
6	CRONOPROGRAMMA	10
7	CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTO	11
8	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE AEREE.....	12
8.1	PREMESSA.....	12
8.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL’ELETTRRODOTTO	12
8.3	DISTANZA TRA I SOSTEGNI	12
8.4	CONDUTTORI E FUNI DI GUARDIA.....	12
8.5	STATO DI TENSIONE MECCANICA.....	13
8.6	CAPACITA’DI TRASPORTO	13
8.7	SOSTEGNI	14
1.1.1	Sostegni 380 kV semplice terna delta rovescio Serie tiro pieno	14
8.8	ISOLAMENTO	15
8.8.1	Caratteristiche geometriche	15
8.8.2	Caratteristiche elettriche	16
8.9	MORSETTIERA E ARMAMENTI.....	19
8.9.1	Conduttori.....	19
8.9.2	Fune di guardia	20



8.10	VALUTAZIONE DISTANZA DA ALTRE OPERE.....	20
8.11	FONDAZIONI	22
8.12	MESSA A TERRA DEI SOSTEGNI.....	23
9	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE IN CAVO	24
9.1	DATI PRINCIPALI DI SISTEMA.....	24
9.1.1	<i>DATI ELETTRICI</i>	24
9.1.2	<i>DATI AMBIENTALI</i>	25
9.2	PROGETTO DEL SISTEMA IN CAVO A 380kV	25
9.2.1	<i>PROGETTO DEI CAVI AT</i>	25
9.2.2	<i>PROGETTO DEL COLLEGAMENTO DELLE GUAINA</i>	30
9.2.3	<i>PROGETTO DEGLI ACCESSORI AT</i>	33
9.2.4	<i>PROGETTO DELL'INSTALLAZIONE</i>	35
9.2.5	<i>DIMENSIONAMENTO ELETTRICO E TERMICO</i>	42
9.2.6	<i>SISTEMI DI MONITORAGGIO</i>	43
9.2.7	<i>INSTALLAZIONE DEL SISTEMA</i>	45
9.3	PROVE E COLLAUDI	56
9.4	RIPRISTINI AMBIENTALI PER LA POSA IN CUNICOLO	56
10	RUMORE	58
11	INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE	59
12	TERRE E ROCCE DA SCAVO	60
13	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	61
13.1	SINTESI NORMATIVA.....	61
13.2	FASCE DI RISPETTO	63
13.3	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	63
14	AREE IMPEGNATE	65
15	SICUREZZA NEI CANTIERI.....	66
16	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	67
	NOTA A MARGINE	68



1 PREMESSA

Il presente documento redatto dalla Società d'Ingegneria GEOTECH S.r.l., con sede in via Nani, 7 a Morbegno (SO) costituisce la relazione tecnica illustrativa del Piano Tecnico delle Opere relativa all'elettrodotto 380 kV misto aereo/cavo interrato/sub-lacuale per la connessione alla RTN dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità per una potenza in immissione di 341,1 MW e in prelievo di 391,8 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Esterzili, nella ex Provincia del Sud Sardegna, da parte della società Edison S.p.A. in qualità di proponente.

L'elettrodotto collegherà l'impianto alla RTN partendo dalla Stazione Elettrica 380/150 kV in progetto di Nurri "SE Nurri 2" e arrivando alla Stazione Utente in caverna "SU Taccu Sa Pruna" in progetto, e prevista in costruzione in prossimità della centrale in caverna dell'impianto stesso.

L'elettrodotto "SE Nurri 2 – SU Taccu Sa Pruna" attraverserà tre comuni della ex provincia del Sud Sardegna: Esterzili, Orroli e Nurri.

Oggetto della presente relazione tecnica illustrativa è la descrizione degli aspetti tecnici specifici dell'intervento relativo all'elettrodotto di connessione tra le future "SE Nurri 2" e "SU Taccu Sa Pruna" in progetto.



2 PROPONENTE

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

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

Oggi opera in Italia, Europa e Bacino del Mediterraneo impiegando circa 5000 persone.

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

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



3 CONTESTO E SCOPO DELL'OPERA

Oggetto del presente Piano Tecnico delle Opere è la connessione utente 380 kV che parte dalla futura Stazione Elettrica RTN 380/150 kV “SE Nurri 2” e arriva fino alla futura Stazione Utente in caverna “SU Taccu Sa Pruna.

Tale opera è necessaria per il collegamento alla RTN dell'impianto di pompaggio descritto al capitolo precedente: la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), rilasciata da Terna con codice pratica 202101454 del 29/01/2022, prevede un collegamento in antenna a 380 kV su una nuova Stazione Elettrica di smistamento a 380 kV della RTN che dovrà essere a sua volta collegata, per il tramite di due nuovi elettrodotti RTN a 380 kV, con una nuova SE RTN 380 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri – Selargius”. A seguito di un tavolo di coordinamento tecnico intervenuto tra Edison, la scrivente e Terna, si è deciso di prevedere la realizzazione di una nuova stazione di trasformazione 380/150 kV a Nurri al posto di una “di solo smistamento”.

Si prevede pertanto la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica 380/150 kV nel Comune di Nurri (ex provincia SU) da collegare alla Stazione Elettrica in progetto “SE Sanluri”, mediante due elettrodotti aerei 380 kV ciascuno di lunghezza circa pari a 30 km. La “SE Nurri 2” verrà a sua volta collegata tramite un elettrodotto di utenza 380 kV misto aereo/cavo alla futura Stazione Utente in caverna “SU Taccu Sa Pruna” da realizzarsi in prossimità della centrale in caverna dell'impianto di pompaggio. Tale ultimo elettrodotto di utenza è l'oggetto del presente PTO.



4 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

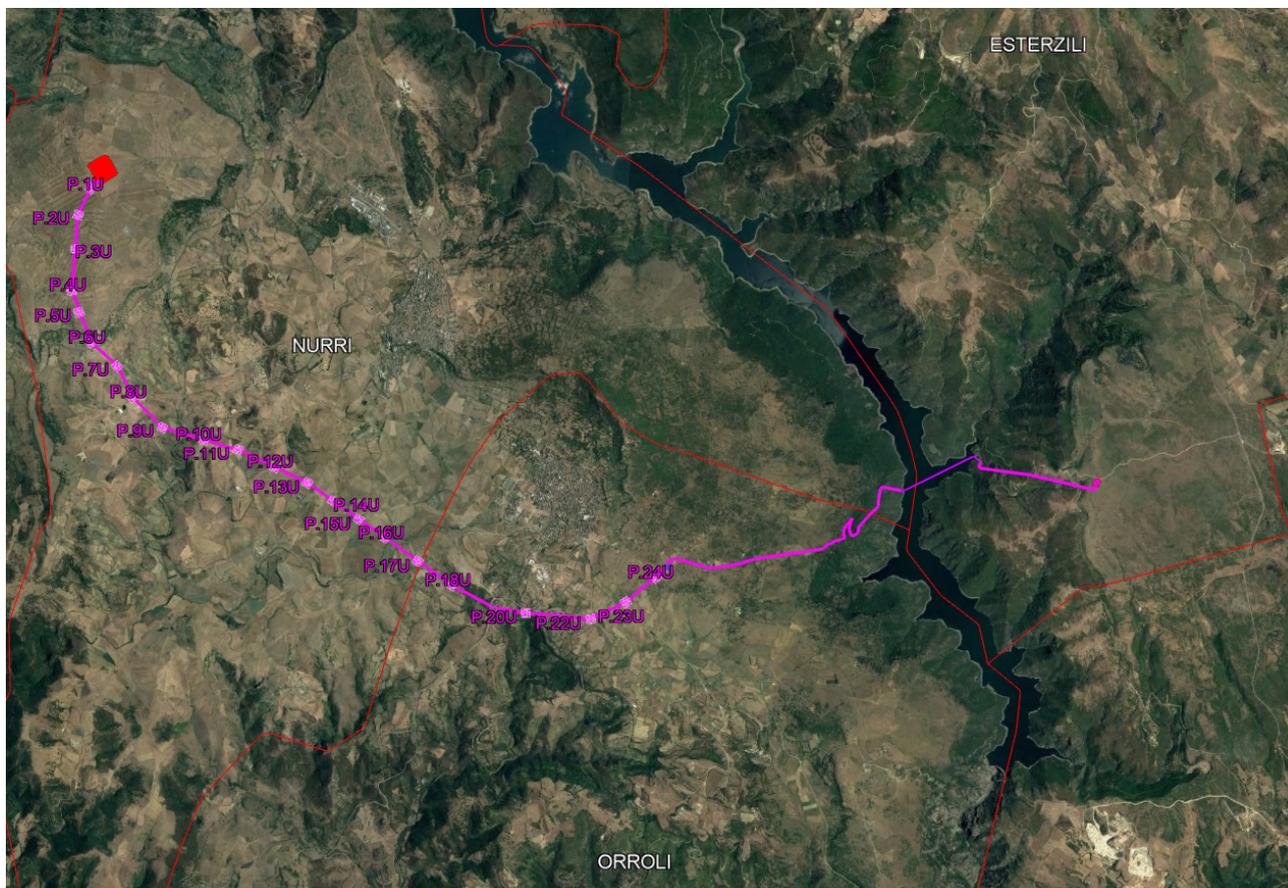
Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale, regionale e comunale vigente in materia. Il percorso dell'elettrodotto è stato studiato comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- Contenere per quanto possibili la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile del territorio;
- Minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- Recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- Evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- Assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- Permettere il regolare esercizio e manutenzione degli elettrodotti.

Nel capitolo 4 della "Relazione tecnica generale" (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV00) è esplicitato lo studio di fattibilità e le considerazioni conseguenti che hanno portato alla proposta progettuale qui presentata.

Di seguito si riporta un estratto Google Earth che identifica i territori attraversati dall'elettrodotto di utenza. Per un maggior dettaglio si rimanda alle tavole di corografia allegate:

- "Corografia di progetto - CTR" (cod. G929_DEF_T_002_Ut_coro_prog_CTR_x-3_REV00)
- "Corografia di progetto - ortofotocarta" (cod. G929_DEF_T_003_Ut_coro_prog_ortofoto_x-5_REV00).



Inquadramento dell'elettrodotto di utenza 380 kV "SU Taccu Sa Pruna – SE Nurri 2" su base Google Earth

4.1 OPERE ATTRAVERSATE

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo degli enti competenti è riportato nell'elaborato "Elenco opere attraversate" (cod. G929_DEF_E_014_Ut_elenco_op_attr_1-1_REV00). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati nella planimetria in scala 1:10.000 dell'elaborato "Corografia opere attraversate" (cod. G929_DEF_T_015_Ut_coro_op_attr_X-3_REV00).



5 DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento consiste nella realizzazione di un elettrodotto 380 kV misto aereo/interrato/sub lacuale per la connessione di utenza dell'impianto di pompaggio Edison "Taccu Sa Pruna" alla Rete di Trasmissione Nazionale.

- Parte 1: elettrodotto aereo singola terna 380 kV per uno sviluppo totale di 10,5 km e 24 sostegni, in partenza dall'area di transizione aereo-cavo e in arrivo alla futura Stazione Elettrica RTN di Nurri ("SE Nurri 2"). Tutti i sostegni sono previsti del tipo a traliccio in singola terna.
- Parte 2: area di transizione aereo-cavo che occuperà una superficie di 2.100 m² circa e che avrà la funzione tecnica di convertire l'elettrodotto di utenza da cavo ad aereo;
- Parte 3: cavo interrato singola terna 380 kV, complessivamente lunga circa 3,8 km, da posarsi lungo la strada che dall'area di transizione aereo-cavo porta al Lago Flumendosa;
- Parte 4: cavo sub-lacuale 380 kV lungo 1,1 km circa che verrà posato sul fondo del Lago Flumendosa per attraversarlo da est a ovest;
- Parte 5: cavo interrato singola terna 380 kV da posarsi lungo la viabilità di accesso alla centrale (galleria) per una lunghezza di circa 1,6 km.

5.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO "SE NURRI 2 - SU TACCU SA PRUNA"

Di seguito si riporta la descrizione, divisa per parti secondo il tipo di opera, del tracciato della connessione utente "SU Taccu Sa Pruna – SE Nurri 2". Per meglio comprendere la presente descrizione, si fa specifico riferimento all'elaborato "Corografia di progetto - ortofotocarta" (cod. G929_DEF_T_003_Ut_coro_prog_ortofoto_X-5_REV00" in scala 1:5.000.

Si rimanda inoltre agli elaborati "Corografia con opere attraversate" (cod. G929_DEF_T_015_Ut_coro_op_attr_X-3_REV00) e "Elenco opere attraversate" (cod. G929_DEF_E_014_Ut_elenco_op_attr_1-1_REV00) per il dettaglio sulle interferenze tra il tracciato in progetto e i servizi esistenti sul territorio.

5.1.1 Parte 1 – elettrodotto aereo 380 kV

L'elettrodotto aereo in singola terna 380 kV partirà dalla futura Stazione Elettrica 380/150 kV di Nurri "SE Nurri 2" in località Corti Turaci in comune di Nurri. La linea assume un andamento NNE-ONO e subito dopo le prime due campate diventa N-S fino al sostegno P.6. Tra i sostegni campate P.6 e P.19 i conduttori hanno un andamento ONO-SSE per poi diventare E-O fino al sostegno P.22. Da quest'ultimo fino all'area di transizione aereo-cavo, la linea diventa con andamento SSO-ENE.

L'unica interferenza importante in termini di viabilità è rappresentata dalla campata "P.6-P.7" che attraversa la Strada Statale 198 "di Seui e Lanusei".

Dal punto di vista amministrativo, poco dopo il sostegno P.17 la linea passa nel comune di Orroli.

In totale l'elettrodotto si sviluppa per 10,5 km e prevede la posa di 24 sostegni.

5.1.2 Parte 2 – area di transizione aereo-cavo

La parte di elettrodotto aereo termina con l'innesto dei conduttori della campata dal P.24 sul portale dell'area di transizione aereo-cavo la quale avrà la funzione tecnica di convertire l'elettrodotto da aereo a cavo interrato.

Tale area è ubicata in comune di Orroli lungo la Strada Vicinale "Funtana Spidu" e occuperà un'area di 2.100 m² alla quale vanno aggiunti circa 370 m² da adibire a mitigazione ambientale/paesaggistica e 500 m² per la



viabilità di accesso all'area. All'interno dell'area di sedime della stessa è previsto un edificio adibito a locale quadri per i servizi ausiliari e generali.

5.1.3 Parte 3 – cavo interrato 380 kV

Dal terminale cavo dell'area di transizione, partirà il cavo interrato 380 kV in singola terna previsto in posa sulla Strada Vicinale "Funtana Spidu" e sulla pista di servizio per l'accesso alla sponda Ovest del Lago Flumendosa nel comune di Orroli.

La parte prevista sulla Strada Vicinale si sviluppa per 1,8 km mentre quella sulla pista di servizio per 1,7 km circa (fino alla pk 3+500). Da qui, il cavo verrà posato in cunicolo sulla scarpata che collega l'ultimo tornante della pista di servizio alla sponda Ovest del lago (250 m di posa circa). Questa parte di cavo termina nella prima buca giunti di transizione terra-lago (BG9).

5.1.4 Parte 4 – cavo sub lacuale 380 kV

A partire dalla BG9, il cavo diventerà di tipo marittimo e sarà posato, per una lunghezza di circa 1,1 km, sul fondale del Lago Flumendosa fino a raggiungere, sulla sponda opposta, l'insenatura dove si affaccia l'accesso della galleria alla centrale in caverna dell'impianto. Qui, sulla spiaggia, è prevista una seconda buca giunti di transizione lago-terra (BG10) e contestualmente la fine del tratto di posa in cavo marittimo.

La tratta è ubicata per la prima parte nel comune di Orroli e per la seconda in quello di Esterzili.

5.1.5 Parte 5 – cavo interrato 380 kV in galleria

Terminata la tratta sub-lacuale, il cavo riprende ad essere di tipo terrestre. Come già descritto, il passaggio avviene nella buca giunti di transizione lago-terra (BG10) situata sulla spiaggia della costa Est del lago. Il posizionamento di quest'ultima, è prossimo al piazzale di accesso alla galleria della centrale in caverna. Da qui la posa del cavo che arriva fino alla Stazione Utente in caverna avviene sulla viabilità di accesso alla centrale in caverna dell'impianto e cioè nella galleria. La lunghezza totale di questo tratto è di circa 1,7 km. Tutto il tratto è nel comune di Esterzili.



6 CRONOPROGRAMMA

Il programma di massima dei lavori è riportato nel capitolo 7 dell'elaborato "Relazione tecnica generale" (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV00).



7 CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTO

Prima di descrivere le caratteristiche degli elettrodotti aerei e in cavo previsti per il collegamento dell'impianto di generazione / pompaggio Edison "Taccu Sa Pruna" alla RTN è opportuna una breve descrizione del suo funzionamento al fine di determinare le caratteristiche elettriche nominali delle opere di connessione.

Il funzionamento dell'impianto è previsto distinto in due fasi:

- Nelle ore di maggiore richiesta di energia o in cui il prezzo dell'energia sia più elevato, sarà prodotta energia elettrica, sfruttando il salto idraulico del bacino superiore e utilizzando il macchinario idraulico in funzionamento di turbina. Le due turbine trasmetteranno all'asse degli alternatori una potenza meccanica che, convertita in energia elettrica, consentirà di iniettare nella rete di terna una potenza complessiva netta di circa di 341,4 MW;
- Nelle ore in cui il prezzo dell'energia elettrica sul mercato sia basso, oppure nelle ore in cui Terna richieda all'impianto di assorbire potenza per risolvere problemi sulla rete di trasmissione nazionale, l'impianto passerà alla modalità di funzionamento in pompaggio dell'acqua dal bacino a quota inferiore a quello superiore. Ciò consentirà, in aggiunta ai benefici per il sistema elettrico nazionale, di ripristinare i livelli idrostatici atti a garantire la riserva per la fase successiva di produzione. I due motori sincroni dovranno erogare alle pompe una potenza meccanica netta complessiva di 380 MW. Stimando, indicativamente, auto-consumi e perdite per un valore pari al 3%, saranno assorbiti dalla rete terna 391,8 MW.

Durante il funzionamento in pompaggio, le macchine sincrone potranno comunque garantire produzione/assorbimento di potenza reattiva, nei limiti consentiti dalla propria curva di capability, ovvero la partecipazione al servizio di regolazione della tensione.

I collegamenti verranno dimensionati in prima battuta considerando i 190MW di potenza assorbita dalla pompa, stimando poi le perdite e considerando il caso di macchina in sovraeccitazione con fattore di potenza pari a 0,91. La potenza assorbita dall'impianto nel caso peggiore risulta essere 230MVA.

La corrente d'impiego risulta pertanto pari a:

$$I = \frac{A}{\sqrt{3} \cdot V} = 700 \text{ A}$$

Con tale valore di corrente d'impiego si sceglie di prevedere che la linea aerea sia armata con due conduttori per fase (fascio binato) in alluminio-acciaio del diametro di 31,5mm (Conduttore unificato TERNA LC 2/1), mentre per il cavo interrato e il cavo sub lacuale si è scelto un cavo con conduttore in rame avente sezione pari a 1.200 mm².



8 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE AEREE

8.1 PREMESSA

Come indicato al paragrafo 8 la linea aerea si prevede essere armata, per ciascuna fase, con conduttore ACSR Ø31,5mm in fascio binato al fine di garantire le portate richieste.

In fase di redazione del PTO sono stati presi a riferimento per la palificazione della linea sostegni a delta rovescio della serie unificata Terna per linee a 380 kV in semplice terna con fascio binato di conduttori ACSR Ø31,5mm. Tali sostegni sono dimensionati prevedendo, con riferimento alla zona A in cui si opera, un tiro applicato in EDS pari al 21% del c.d.r. del conduttore.

Nello studio della distribuzione dei sostegni si sono considerati i valori di tiro in condizione EDS sopra citati, va da se che avendo previsto un fascio binato di conduttori i sostegni unificati risultano ampliamenti verificati.

I sostegni, come dettagliato nei paragrafi di seguito e negli altri documenti di progetto, saranno equipaggiati con armamenti previsti per fascio binato.

I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/88; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi anche al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

Il progetto dell'opera è stato redatto in conformità al Progetto Unificato Terna per gli elettrodotti aerei, dove sono riportati tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.

Per le caratteristiche tecniche degli elementi di impianto descritti nei paragrafi seguenti si rimanda all'elaborato "Relazione elementi tecnici d'impianto" (cod. G929_DEF_R_020_Ut_rel_tecnici_conn_1-1_REV00).

8.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto aereo di utenza sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	380 kV
Portata in servizio normale	1.970 A

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

8.3 DISTANZA TRA I SOSTEGNI

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati. Mediamente in condizioni normali, si attesta intorno ai 400 m.

8.4 CONDUTTORI E FUNI DI GUARDIA

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da un fascio di 2 conduttori (binato) collegati fra loro da distanziatori. Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm² composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm.

Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16.852 daN (secondo quanto previsto dalla norma CEI 7-11).



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

In ogni caso i conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 10 arrotondamento per eccesso di quella minima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con due corde di guardia destinate, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. Entrambe le funi di guardia sono con 48 fibre ottiche del diametro di 17,9 mm.

8.5 STATO DI TENSIONE MECCANICA

E' stato fissato il tiro dei conduttori e delle corde di guardia in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS – "every day stress") ciò assicura una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

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

Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nello schema seguente:

- EDS - Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- MSA - Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h;
- MPA – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- MFA – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio,
- CVS1 – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C, vento a 26 km/h;
- CVS2 – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h;
- MFE – Condizione eccezionale: +55°C, in assenza di vento e ghiaccio e conduttore a 75°C.

La linea in oggetto è situata in "ZONA A".

Nel seguente prospetto sono riportati i valori dei tiri in EDS per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura.

- TIRO EDS = 3.400 daN - 21% c.d.r. per il conduttore tipo L_C2/1 conduttore ACSR Φ 31,50 mm. Il corrispondente valore di EDS per la corda di guardia è stato fissato con il criterio di avere un parametro del 12% più elevato, rispetto a quello del conduttore, nella stessa condizione di EDS, come riportato di seguito:

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

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

8.6 CAPACITA' DI TRASPORTO

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase. Il conduttore in oggetto corrisponde al "conduttore standard" preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo. Il progetto dell'elettrodotto in oggetto è stato sviluppato



nell'osservanza delle distanze di rispetto previste dalle Norme vigenti, sopra richiamate, pertanto le portate in corrente da considerare sono le stesse indicate nella Norma CEI 11-60.

Per l'elettrodotto il valore di portata da considerare a pari a 1.970A.

8.7 SOSTEGNI

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

Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra sarà inferiore a 61 m e pertanto, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, non risulta necessaria la verniciatura del terzo superiore dei sostegni e l'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

La tipologia dei sostegni con testa a delta rovesciato, proprio in virtù della disposizione orizzontale dei conduttori, consente una drastica riduzione dell'ingombro verticale e quindi dell'impatto visivo.

Ciascun sostegno si può considerare composto dagli elementi strutturali: mensole, parte comune, tronchi, base e piedi. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

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

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

I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali, con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio Φ 31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti:

1.1.1 Sostegni 380 kV semplice terna delta rovescio Serie tiro pieno

EDS 21% – ZONA A

Tipo	Altezza	Campata media	Angolo deviazione	Costante altimetrica
"N" Normale	15 ÷ 42 m	400 m	4°	0,2183
"M" Medio	15 ÷ 54 m	400 m	8°	0,2762
"P" Pesante	15 ÷ 42 m	400 m	16°	0,3849



“V” Vertice	15 ÷ 57 m	400 m	32°	0,3849
“C” Capolinea	18 ÷ 42 m	400 m	60°	0,3849
“E” Eccezionale impiegato come capolinea	15 ÷ 42 m	400 m	50°	0,3849

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media), trasversali (angolo di deviazione) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio:

- Partendo dai valori di C_m , δ e K relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all’armamento;
- Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media, si vanno a determinare i valori di δ e K che determinano azioni di pari intensità.

In ragione di tale criterio, all’aumentare della campata media diminuisce sia il valore dell’angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

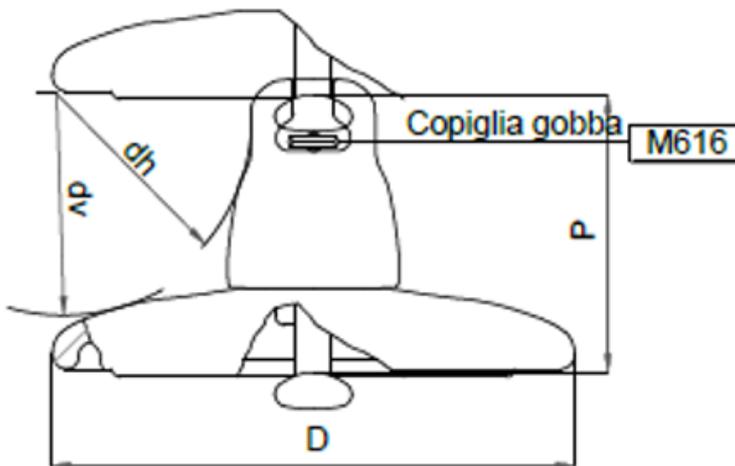
La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevola la progettazione, in quanto consente di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l’altezza utile, e quindi i valori a picchetto di C_m , δ e K , ricade o meno all’interno dell’area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

8.8 ISOLAMENTO

L’isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 420 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 160 e 210 kN del tipo “antisale”, connessi tra loro a formare catene di almeno 18 elementi negli amari e 21 nelle sospensioni, come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo. Le catene di sospensione saranno del tipo a V o ad L (semplici o doppie per ciascuno dei rami) mentre le catene in amarro saranno tre in parallelo.

8.8.1 Caratteristiche geometriche

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



8.8.2 Caratteristiche elettriche

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

Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle di seguito sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

Nella tabella che segue è poi indicato il criterio per individuare il tipo di isolatore ed il numero di elementi da impiegare con riferimento ad una scala empirica dei livelli di inquinamento.

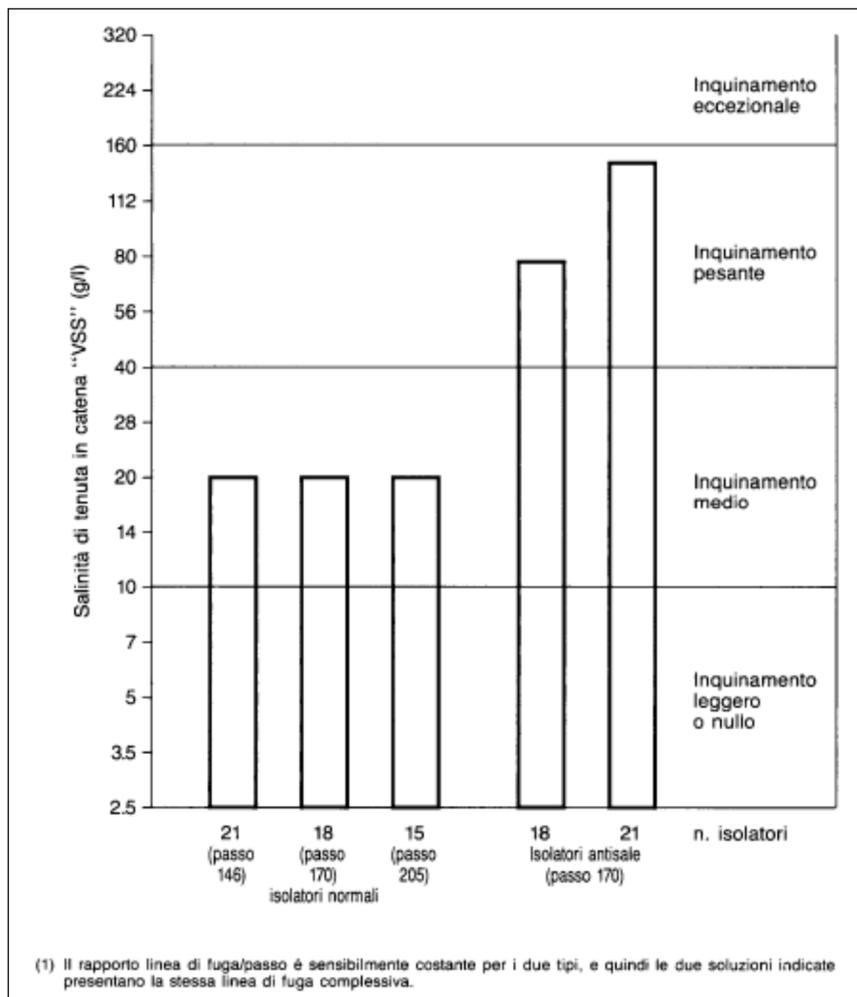
LIVELLO DI INQUINAMENTO	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA' DI TENUTA (kg/m ²)
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none">• Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento;• Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti;• Zone agricole(2);• Zone montagnose; Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)	10
II – Medio	<ul style="list-style-type: none">• Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento;	40



	<ul style="list-style-type: none">• Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti;• Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri (3)).	
III – Pesante	<ul style="list-style-type: none">• Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostante inquinanti;• Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte.	160
IV - Eccezionale	<ul style="list-style-type: none">• Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi;• Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti;• Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, soggetta a intensi fenomeni di condensazione.	(*)

- (1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.
- (2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti.
- (3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona e dalle condizioni di vento più severe
- (4) (*) per tale livello di inquinamento non viene dato un livello di salinità di tenuta in quanto risulterebbe più elevato del massimo valore ottenibile in prove di salinità in laboratorio. Si rammenta inoltre che l'utilizzo di catene di isolatori antisale di lunghezze superiori a quelle indicate nelle tabelle di unificazione (criteri per la scelta del numero e del tipo degli isolatori) implicherebbe una linea di fuga specifica superiore a 33 mm/kV fase-fase oltre la quale interviene una non linearità del comportamento in ambiente inquinato.

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotta in esame sono di inquinamento atmosferico leggero o nullo ma date le prescrizioni per gli elettrodotti RTN in Sardegna, si è scelto l'utilizzo di isolatori a cappa e perno del tipo antisale (LIN_000000J2) per tutti gli armamenti in sospensione e per gli armamenti in amarro.



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

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

- Gli armamenti VDD, LSS, LDS presentano prestazioni inferiori di mezzo gradino della scala di salinità;
- Gli armamenti LSD, LDD (di impiego molto eccezionale) presentano prestazioni inferiori di 1 gradino della scala di salinità;
- Gli armamenti di amarro, invece, presentano le stesse prestazioni dei VSS.

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



8.9 MORSETTIERA E ARMAMENTI

8.9.1 Conduttori

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

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

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

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

Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

Per le linee a 380 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente.

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

La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nel Progetto Unificato, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

A seguito delle verifiche di dettaglio, degli armamenti in sospensione, potranno essere utilizzati dei contrappesi agganciati sotto il morsetto di sospensione al fine di rendere stabile la struttura ai fini delle distanze elettriche



8.9.2 Fune di guardia

Gli equipaggiamenti per la fune di guardia sono dettagliati graficamente nel documento di progetto “Relazione elementi tecnici d’impianto” (cod. G929_DEF_R_020_Ut_rel_tecnici_conn_1-1_REV00).

Nello specifico, essendo prevista l’installazione di una fune di guardia incorporante fibre ottiche, sono previsti quattro tipi di equipaggiamento riassunti nella tabella di seguito sia per i sostegni di amarro che per quelli in sospensione.

In particolare, essendo le pezzature della fune di guardia sul mercato pari a 4.000 m si prevederà l’installazione di giunti lungo la tratta. Su questi pali verranno installate, ad un’altezza di circa 4m da terra delle apposite cassette in cui verrà effettuata la giunzione del cavo ottico.

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA (kN)	SIGLA
AMARR	Equipaggiamento di amarro	106	LM213
A_PASS	Equipaggiamento di amarro passante	106	LM215
A_SOSP	Equipaggiamento di amarro in sospensione	106	LM216
SOSP	Equipaggiamento di sospensione	72,5	LM212

8.10 VALUTAZIONE DISTANZA DA ALTRE OPERE

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

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

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

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



Legenda:

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

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

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

CONDIZIONE	TEMPERATURA	VENTO TRASV.	GHIACCIO
MFA	55°C	0	0

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

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

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

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



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

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

- Angoli di incrocio (DM 88 art- 2.1.10)

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

8.11 FONDAZIONI

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

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

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

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

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

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

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



8.12 MESSA A TERRA DEI SOSTEGNI

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

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

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



9 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE IN CAVO

Nei paragrafi seguenti, verranno descritte le caratteristiche generali dell'elettrodotto in cavo a 380 kV "SE Nurri 2 – SU Taccu Sa Pruna". Nello specifico, vengono descritte le caratteristiche generali delle seguenti tratte:

TRATTA	TIPO DI POSA	LUNGHEZZA
Area di transizione aereo/cavo - Giunto di transizione terra/acqua (lato Ovest lago Flumendosa)	Posa direttamente interrata	3,8 km
Attraversamento Lago Flumendosa	Posa sub-lacuale	1,1 km
Giunto di transizione terra/acqua (lato Est lago Flumendosa) - Terminali Trasformatore Stazione Utente "SU Taccu Sa Pruna"	Posa in cunicolo in galleria	1,7 km

Per ciascuna tratta è stata eseguita una progettazione di massima, ipotizzando diverse soluzioni tecniche al fine di stabilire le caratteristiche principali dell'impianto, i vincoli tecnici e ambientali, tracciati e corridoi di posa a fini autorizzativi. La progettazione è stata eseguita con gli elementi resi a disposizione come descritto nei paragrafi seguenti, e sarà successivamente sottoposta ad ulteriore verifica durante la progettazione esecutiva di dettaglio.

9.1 DATI PRINCIPALI DI SISTEMA

9.1.1 DATI ELETTRICI

Il sistema in cavo è stato progettato nel rispetto dei seguenti parametri elettrici di esercizio e coordinamento dei livelli di isolamento:

Tensione concatenata di esercizio	U_n	380	kV
Tensione di fase nominale	U_0	220	kV
Tensione massima del sistema	U_m	420	kV
Isolamento ad impulso	B.I.L.	1425	kV
Frequenza	f	50	Hz
Corrente di guasto monofase a terra e durata	I_{cc}	63/0.5	kA/s



Potenza trasmessa	P_n	460	MVA
Corrente richiesta alla tensione nominale	I_n	700	A

9.1.2 DATI AMBIENTALI

I cavi verranno posati lungo il tracciato di posa in diverse configurazioni di installazione, i cui dati ambientali di progetto sono riassunti nel seguito.

Temperatura massima del terreno (roccia)	20	°C
Temperatura massima dell'aria	32	°C
Temperatura massima in galleria	35	°C
Temperatura massima dell'acqua	25	°C
Temperatura massima dell'acqua ammasso roccioso	18	°C
Resistività termica del suolo	1.2	K.m/W

9.2 PROGETTO DEL SISTEMA IN CAVO A 380kV

Il progetto del sistema in cavo per ciascuna tratta costituisce la sintesi del dimensionamento elettrico, termico e meccanico del sistema nel suo complesso. La progettazione in questa fase autorizzativa è stata eseguita con lo scopo di definire i tracciati di posa, incluse le modalità principali di posa, e le prestazioni elettriche del sistema. Le caratteristiche dei materiali di impianto, in particolare dei cavi e degli accessori di potenza, dovranno essere definite in fase realizzativa dai fornitori degli stessi, sulla base delle linee guida indicate in questo studio.

Per le caratteristiche tecniche degli elementi di impianto descritti nei paragrafi seguenti si rimanda all'elaborato "Relazione elementi tecnici d'impianto" (cod. G929_DEF_R_020_Ut_rel_tecnici_conn_1-1_REV00).

9.2.1 PROGETTO DEI CAVI AT

9.2.1.1 Generalità

I cavi con isolamento in XLPE a 380kV saranno diversi per ciascuna delle tre tratte sopra indicate, per rispondere alle specifiche condizioni di posa e di esercizio.

Una criticità comune alle due tratte terrestri, è che il tracciato di posa si presenta impervio e non raggiungibile attraverso strade asfaltate adatte al trasporto di carichi eccezionali. A tal fine, la progettazione del cavo AT dovrà avere l'obiettivo di contenere le dimensioni e i pesi delle bobine.

Nella tratta in galleria, il cavo dovrà essere equipaggiato con una guaina resistente alla fiamma e ignifuga, al fine di limitare il rischio di propagazione degli incendi.

Nella tratta sub-lacuale, il cavo dovrà essere progettato per sopportare gli sforzi meccanici a cui sarà sottoposto sia durante la posa, che durante l'esercizio. Il cavo sub-lacuale dovrà essere prodotto in pezzatura unica senza l'utilizzo di giunti intermedi. Le bobine verranno caricate su pontoni galleggianti nel punto più



adatto al trasporto, e rimorchiate fino all'area di installazione. Il cavo dovrà essere equipaggiato con una armatura in grado di sostenere il peso dello stesso durante la posa, e di offrire protezione meccanica contro danneggiamenti esterni una volta posato sul fondo del lago.

9.2.1.2 Cavo 380kV – Tratta direttamente interrata

Per la tratta direttamente interrata si prevede un cavo con la seguente costruzione:

9.2.1.2.1 Conduttore

Il conduttore in rame sarà rotondo, a segmenti (costruzione di tipo Milliken) con sezione elettrica pari a 1200mm² in accordo alle norme IEC 60228.

9.2.1.2.2 Strati semi-conduttivo sopra il conduttore e sopra l'isolante

Sopra il conduttore e sopra l'isolante, verranno applicati degli strati semiconduttivi estrusi al fine di garantire la geometria regolare del campo elettrico ed evitare gradienti che possano superare i valori di tenuta dell'isolamento. Gli strati semiconduttivi dovranno essere applicati per estrusione in contemporanea all'isolamento principale (tripla estrusione).

9.2.1.2.3 Isolamento in XLPE

L'isolamento sarà in polietilene reticolato (XLPE). L'isolamento verrà applicato con tripla estrusione in contemporanea agli strati semiconduttivi interno ed esterno. Il conduttore isolato dovrà poi passare all'interno di un tubo di vulcanizzazione per completare la reticolazione del materiale ed assicurarne le proprietà dielettriche. Alla fine del processo di vulcanizzazione e di raffreddamento, il conduttore isolato dovrà essere sottoposto a degasaggio per rimuovere i residui gassosi prodotti durante le fasi precedenti.

Lo spessore dell'isolante viene determinato da ciascun produttore nel rispetto dei gradienti massimi registrati durante le prove di tipo e di prequalifica in accordo alle norme internazionali IEC 62067.

L'isolamento in XLPE è in grado di conservare le sue proprietà dielettriche per la temperatura massima consentita in regime permanente di 90 °C. Il calcolo delle portate di corrente viene effettuato come dimensionamento termico nel rispetto di questo limite.

9.2.1.2.4 Protezione longitudinale contro la penetrazione d'acqua

Il conduttore isolato sarà avvolto con nastri igroespandenti. Questi nastri reagiscono all'acqua espandendosi, creando quindi una barriera alla penetrazione longitudinale d'acqua nel caso di perforazione della guaina metallica sovrastante.

9.2.1.2.5 Guaina metallica

Il cavo dovrà avere una guaina metallica in alluminio liscia per garantire la protezione contro la penetrazione radiale d'acqua, e per costituire una via di ritorno adeguata per la corrente di corto circuito.

La guaina di alluminio liscia rappresenta la soluzione consigliata per questo impianto, in quanto garantisce le proprietà elettriche e meccaniche del cavo, riducendone il peso e il diametro. In fase di progettazione esecutiva, i fornitori potranno proporre altre soluzioni, come guaine di piombo estruse o guaine di alluminio corrugate. Queste soluzioni, anche se non consigliate, possono essere valutate a patto di non costituire un aggravio di costi e di rischi per la realizzazione dell'impianto. Dato il livello elevato di tensione, le guaine metalliche dovranno in ogni caso essere applicate per estrusione o per saldature longitudinale. L'uso di guaine metalliche incollate è fortemente sconsigliato per questo impianto.

Lo spessore della guaina metallica dovrà essere sufficiente a portare la corrente di guasto nella durata specificata in questo documento, senza oltrepassare i limiti di temperatura massimi per l'isolamento e la guaina plastica esterna. I limiti di temperatura per il dimensionamento della guaina metallica in caso di corto circuito



dovranno essere quelli indicati nella norma internazionale IEC 60229 e IEC 61443. Valori più alti di temperatura potranno essere proposti se supportati da certificati di prove di laboratorio certificate da parti terze.

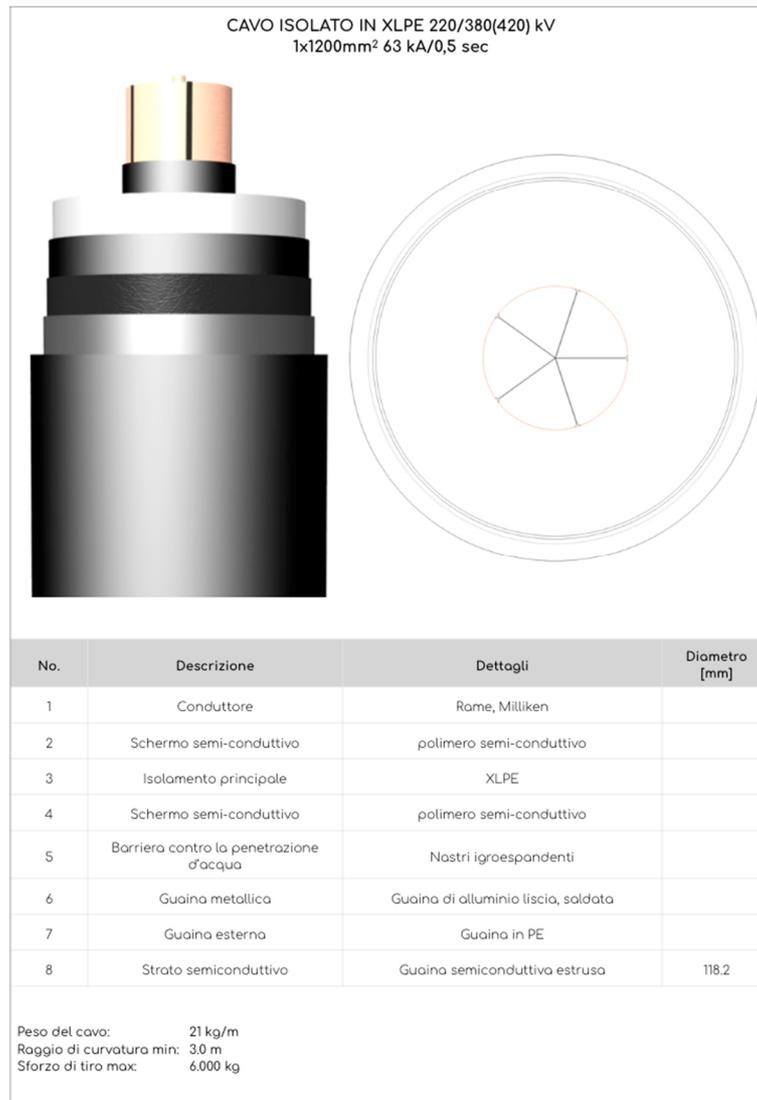
Nel caso in cui fosse necessario, sarà possibile prevedere l'aggiunta di uno schermo a fili di rame o di alluminio sotto la guaina metallica al fine di aumentare la sezione elettrica per il passaggio della corrente di guasto.

9.2.1.2.6 Guaina plastica esterna

Il cavo sarà quindi completato con l'applicazione per estrusione di una guaina plastica in PE. La guaina esterna avrà la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione, di fornire protezione meccanica, e di isolare elettricamente gli strati metallici del cavo.

Lo spessore della guaina plastica dovrà essere dimensionato per la tenuta elettrica per la prova in corrente continua dopo la posa e durante le verifiche periodiche, e per le tensioni indotte che si possono generare sul cavo durante l'esercizio, sia in condizioni nominali che di corto circuito.

Al fine di effettuare la prova in tensione per verificare l'integrità della guaina dopo posa, dovrà essere applicato uno strato plastico semi-conduttivo sopra la guaina esterna.



Cavo 380kV per tratta direttamente interrata
Disegno di massima

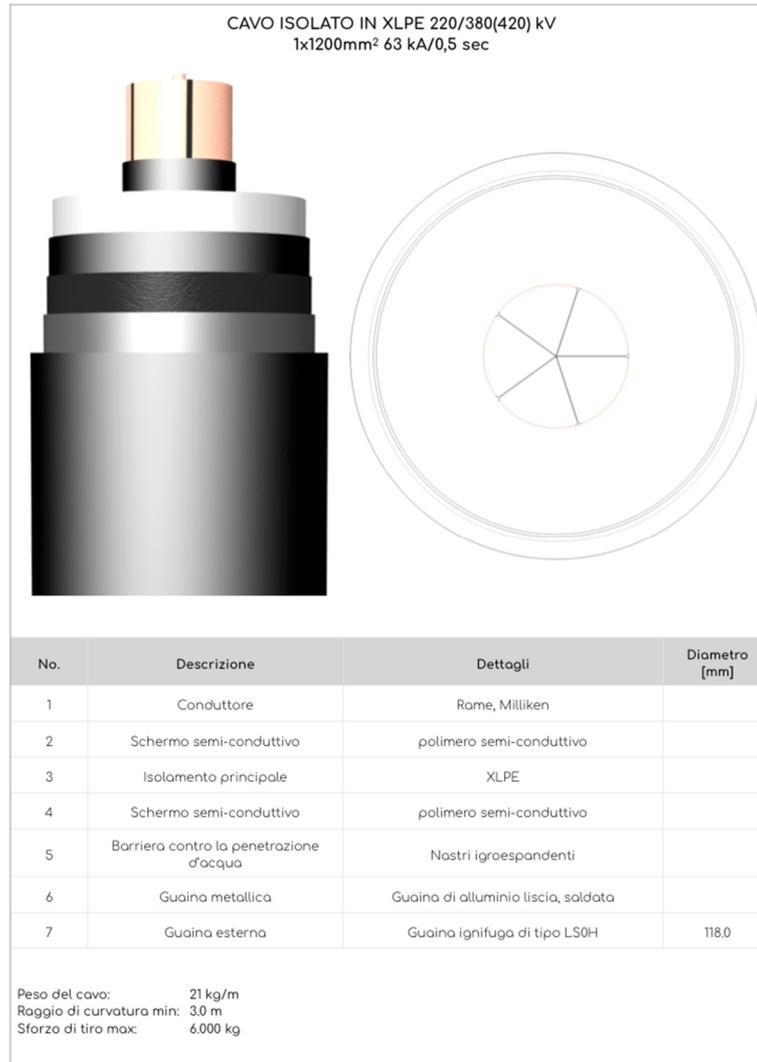
9.2.1.3 Cavo 380kV – Tratta in galleria

Il cavo in galleria dovrà essere conforme agli stessi requisiti esposti per la tratta direttamente interrata, ad eccezione della guaina esterna.

I cavi verranno installati in un cunicolo dedicato all'interno del tunnel di servizio di accesso alla centrale. L'installazione dei cavi in aria, può costituire un elemento di rischio di propagazione della fiamma, se non opportunamente protetti.

A tal fine, i cavi nella tratta in galleria dovranno essere equipaggiati con una guaina ignifuga, non propagante la fiamma, e che non sviluppi gas nocivi per effetto della combustione. Sarà cura del fornitore proporre una guaina di caratteristiche adeguate, in accordo alle norme internazionali IEC60332.

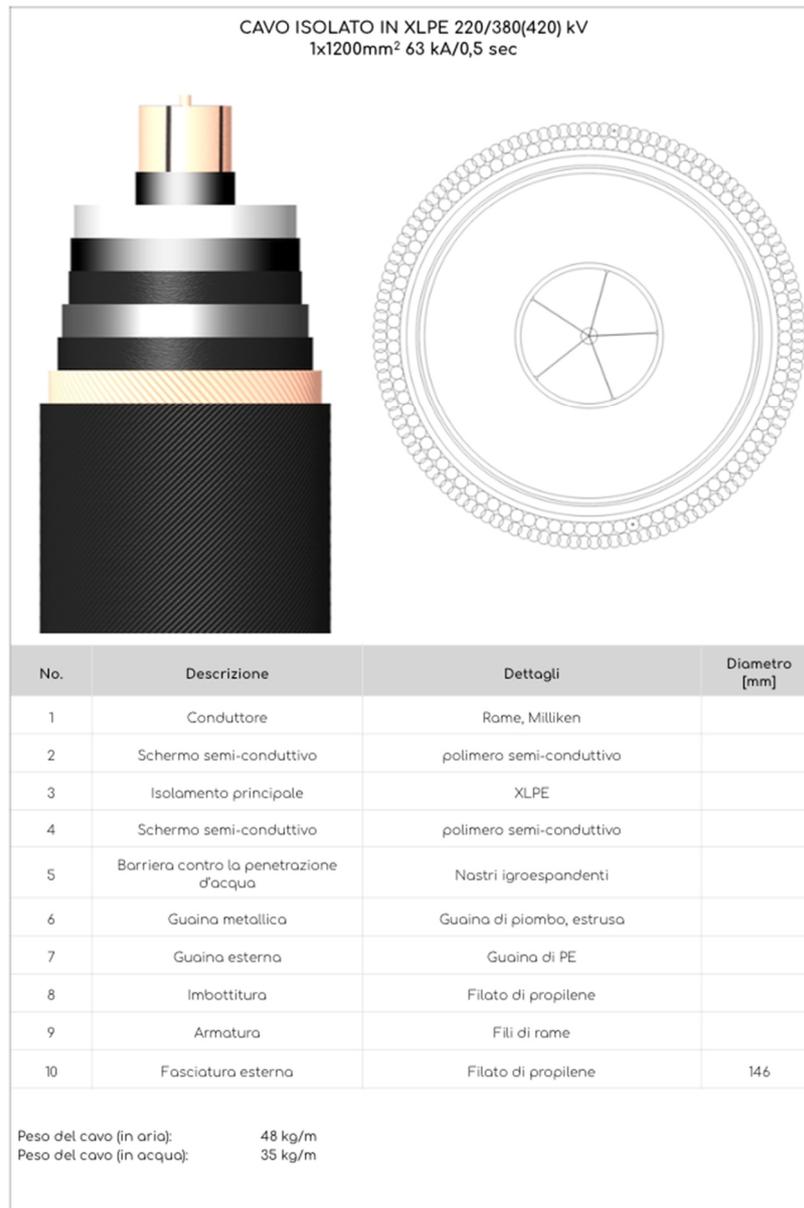
Il cavo inoltre non dovrà avere lo strato semiconduttivo esterno.



Cavo 380kV per tratta in galleria
Disegno di massima

9.2.1.4 Cavo 380kV – Tratta sub-lacuale

Il cavo nella tratta sub-lacuale, dovrà essere conforme agli stessi requisiti dettagliati nei paragrafi precedenti, con le seguenti variazioni. Sopra i nastri igroespandenti verrà estrusa una guaina in piombo ricoperta con una imbottitura in filato di propilene. Al di sopra di questo strato verrà apposta una armatura a fili di rame, ricoperta con una fasciatura esterna in filato di propilene. L'armatura a fili di rame dovrà essere dimensionata per sostenere il peso del cavo durante la posa in combinazione con il conduttore, in funzione della lunghezza di cavo sospesa dalla superficie dell'acqua fino al fondale. Alla fine della posa il cavo verrà ancorato agli approdi, avendo cura che le sollecitazioni meccaniche siano tutte a carico dell'armatura e non degli strati sottostanti.



Cavo 380kV per tratta sublacuale
Disegno di massima

9.2.2 PROGETTO DEL COLLEGAMENTO DELLE GUAINE

9.2.2.1 Generalità

Tutti gli strati metallici esterni dei cavi dovranno essere opportunamente collegati al fine di:

- Garantire un percorso elettrico a bassa impedenza per le correnti di guasto a terra
- Limitare le correnti di ricircolo indotte nei cavi, che costituiscono un limite termico per le portate dei cavi

A tal fine, le guaine metalliche dei cavi per ciascuna tratta verranno collegate come segue:



TRATTA	COLLEGAMENTO DELLE GUAINE
Area di transizione aereo/cavo - Giunto di transizione terra/acqua (lato Ovest lago Flumendosa)	Trasposte (sistema di tipo Cross Bonding) 9 Pezzature 3 Tratte maggiori di Cross Bonding
Attraversamento Lago Flumendosa	A terra ad entrambe le estremità (sistema di tipo Solid Bonding) 1 Pezzatura
Giunto di transizione terra/acqua (lato Est lago Flumendosa) - Terminali Trasformatore Stazione Utente "SU Taccu Sa Pruna"	Trasposte (sistema di tipo Cross Bonding) 3 pezzature 1 Tratta maggiore di Cross Bonding

9.2.2.1.1 Sistema con guaine trasposte (Cross Bonding)

Le guaine metalliche dei cavi in questa saranno collegate con trasposizione per formare un sistema di tipo cross bonding. Le guaine metalliche verranno elettricamente trasposte ad ogni buca giunti, in modo che la risultante delle somme vettoriali delle tensioni indotte sia vicina allo zero, e quindi limitare le correnti di ricircolo.

Ogni tre pezzature, le guaine verranno collegate solidamente a terra. L'insieme delle tre pezzature che realizza un sistema completo di Cross Bonding, viene indicato come "tratta maggiore di Cross Bonding".

I giunti sono realizzati in modo da isolare elettricamente le guaine dei cavi ad essi collegati. All'interno del giunto, le guaine di ciascuna tratta di cavo saranno collegate ai due poli di un cavo coassiale, che verrà terminato all'interno di una cassetta di sezionamento, dove avverrà la trasposizione.

Al fine di proteggere il cavo da sovratensioni impulsive che possono svilupparsi lungo le guaine, all'interno delle cassette sono installati degli scaricatori di taglia adeguata per resistere alle tensioni indotte durante il corto circuito.

Ai fini di questo studio, è stato verificato che con diverse tipologie di cavo, e con la lunghezza delle pezzature previste, le tensioni indotte massime in caso di guasto sono inferiori ai 10kV, ovvero il livello di tenuta di tensione della guaina esterna.

9.2.2.1.2 Sistema con guaine collegate a terra ad entrambe le estremità (Solid Bonding)

Nella tratta sublacuale, le guaine saranno collegate a terra ad entrambe le estremità. Questo sistema, genererà delle correnti di ricircolo all'interno delle guaine metalliche dei cavi. È stato verificato che queste correnti di ricircolo non sono tali da richiedere un aumento della sezione del conduttore.

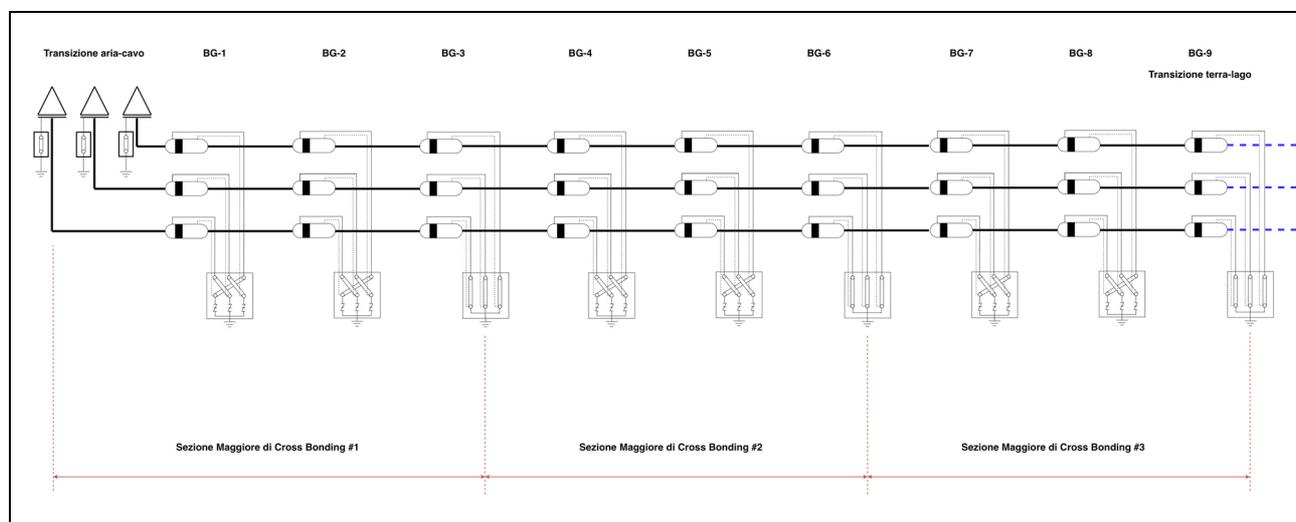


9.2.2.2 Tratta transizione aria-terra – transizione terra-lago

Il sistema adottato è di tipo Cross Bonding, con 3 sezioni maggiori ed un totale di 9 pezzature. Le pezzature all'interno di ciascuna sezione maggiore di Cross Bonding avranno lunghezze simili, per limitare lo sbilanciamento del sistema e generare correnti di ricircolo.

Il circuito verrà terminato con terminali per esterno in corrispondenza della transizione aria/cavo. In questa posizione le guaine verranno collegate a terra direttamente, per mezzo di cassette unipolari di sezionamento.

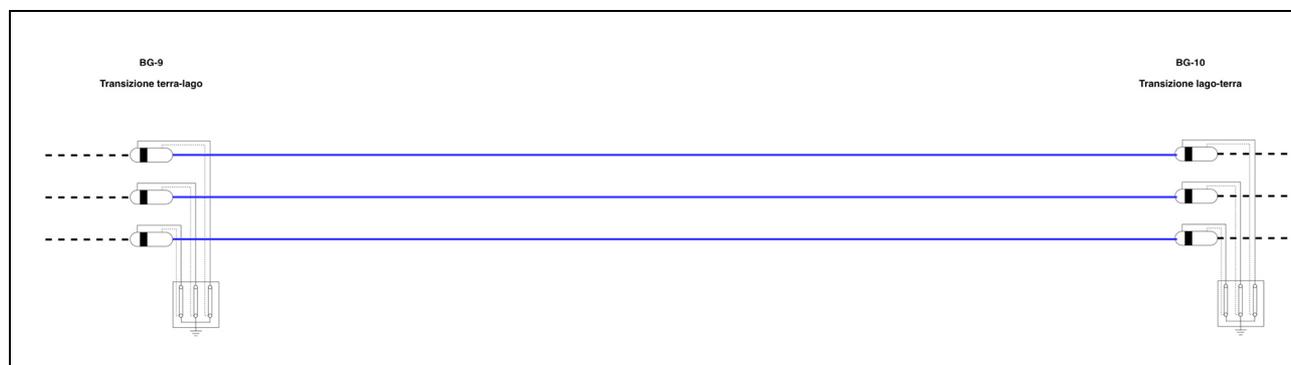
All'altro capo della tratta, il circuito verrà connesso alla tratta sub-lacuale per mezzo di giunti di transizione terra-acqua. In questa posizione le guaine dei cavi che si attestano ai giunti verranno collegate direttamente a terra per mezzo di cassette tripolari di sezionamento.



Sistema di connessione delle guaine
Tratta Area di transizione aereo/cavo - Giunto di transizione terra/acqua (lato Ovest lago Flumendosa)

9.2.2.3 Tratta sub-lacuale

Nella tratta sub-lacuale, le guaine metalliche verranno collegate direttamente a terra in corrispondenza dei giunti di transizione acqua-terra, per mezzo di cassette tripolari di sezionamento.



Sistema di connessione delle guaine
Tratta attraversamento lago Flumendosa

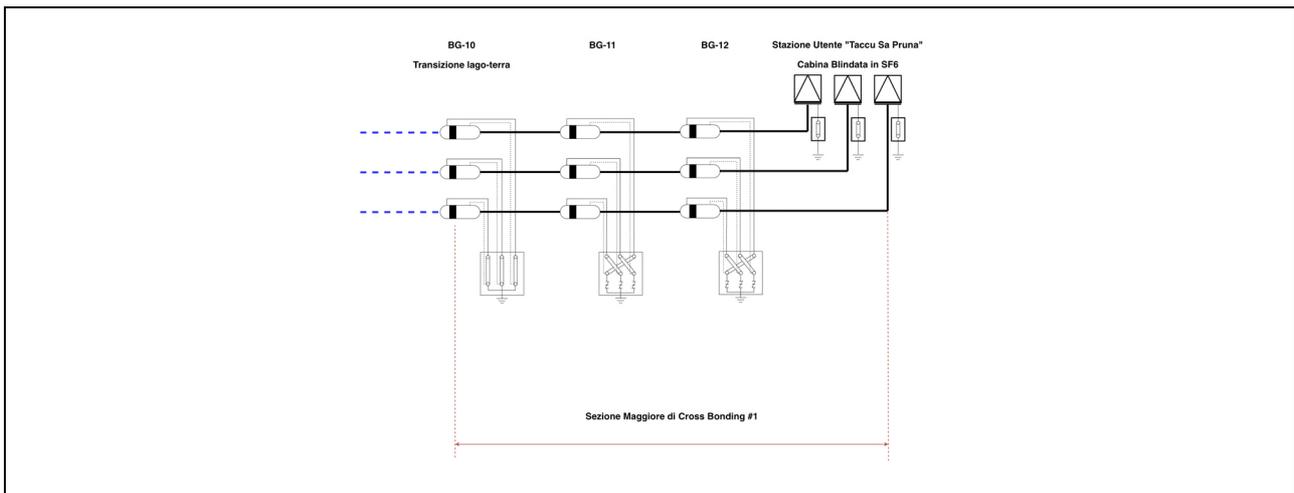
9.2.2.4 Tratta transizione acqua-terra – SU "Taccu Sa Pruna"

Le guaine verranno collegate in modo da formare un sistema di tipo Cross Bonding con una sezione maggiore.



Le guaine saranno collegate direttamente a terra in corrispondenza dei giunti di transizione acqua-terra, per mezzo di cassette tripolari di sezionamento.

All'altro capo del circuito, i cavi verranno terminati per mezzo di terminali per entrata in cabina blindata con isolamento in SF6. Le guaine in questa posizione verranno collegate direttamente a terra per mezzo di cassette unipolari di sezionamento.



Sistema di connessione delle guaine

Tratta Giunto di transizione terra/acqua (lato Est lago Flumendosa) - Terminali Trasformatore Stazione Utente "SU Taccu Sa Pruna"

9.2.3 PROGETTO DEGLI ACCESSORI AT

Gli accessori dovranno essere compatibili con i cavi proposti. I fornitori dovranno dimostrare di avere eseguito le prove di tipo e di prequalifica sul sistema cavo/accessori on accordo alla norma internazionale IEC 62067.

9.2.3.1 Terminali cavo/aria

I terminali cavo/aria saranno costituiti da un cono deflettore del campo elettrico, e da un isolatore in materiale composito. L'isolatore esterno sarà opportunamente sagomato al fine di raggiungere la linea di fuga adeguata per la classe di tensione specificata.

9.2.3.2 Terminali per entrata in cabina blindata

I terminali per entrata in cabina blindata con isolamento in SF6 saranno costituiti da un cono deflettore del campo elettrico e da un isolatore in resina per l'entrata nel vano terminale della cabina blindata con isolamento in SF6..

9.2.3.3 Giunti sezionati per posa direttamente interrata

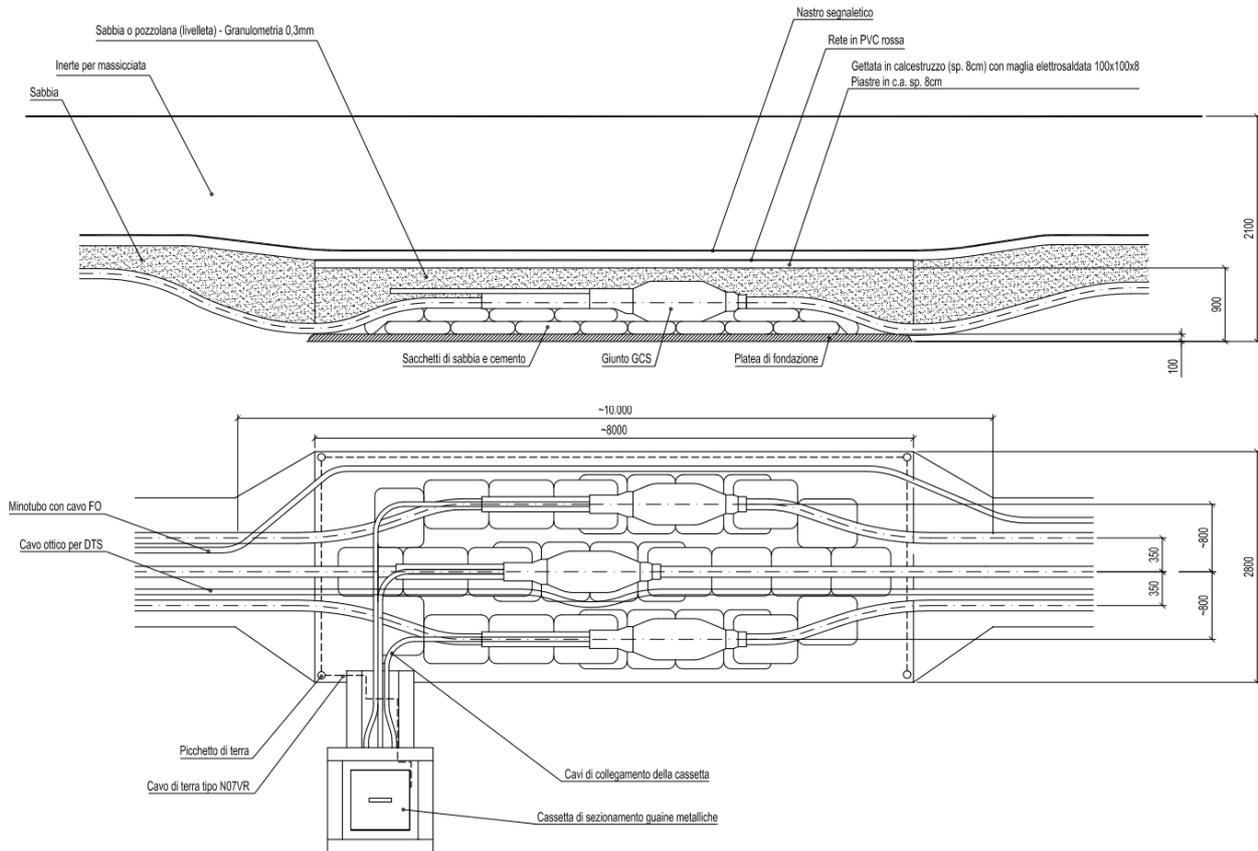
Per la posa direttamente interrata nella parte terrestre, i giunti saranno di tipo sezionato, ovvero dovranno realizzare il sezionamento elettrico delle guaine dei cavi che si attesteranno al giunto stesso.

Il giunto sarà costituito da un manicotto isolante prestampato e monoblocco, con inserti semiconduttivi per contenere i gradienti elettrici entro i limiti di tenuta del materiale.

Per la posa direttamente interrata si consiglia di equipaggiare il giunto con un involucro adatto ad impedire la penetrazione d'acqua.



Camera giunti



Esempio tipico buca giunti terrestre

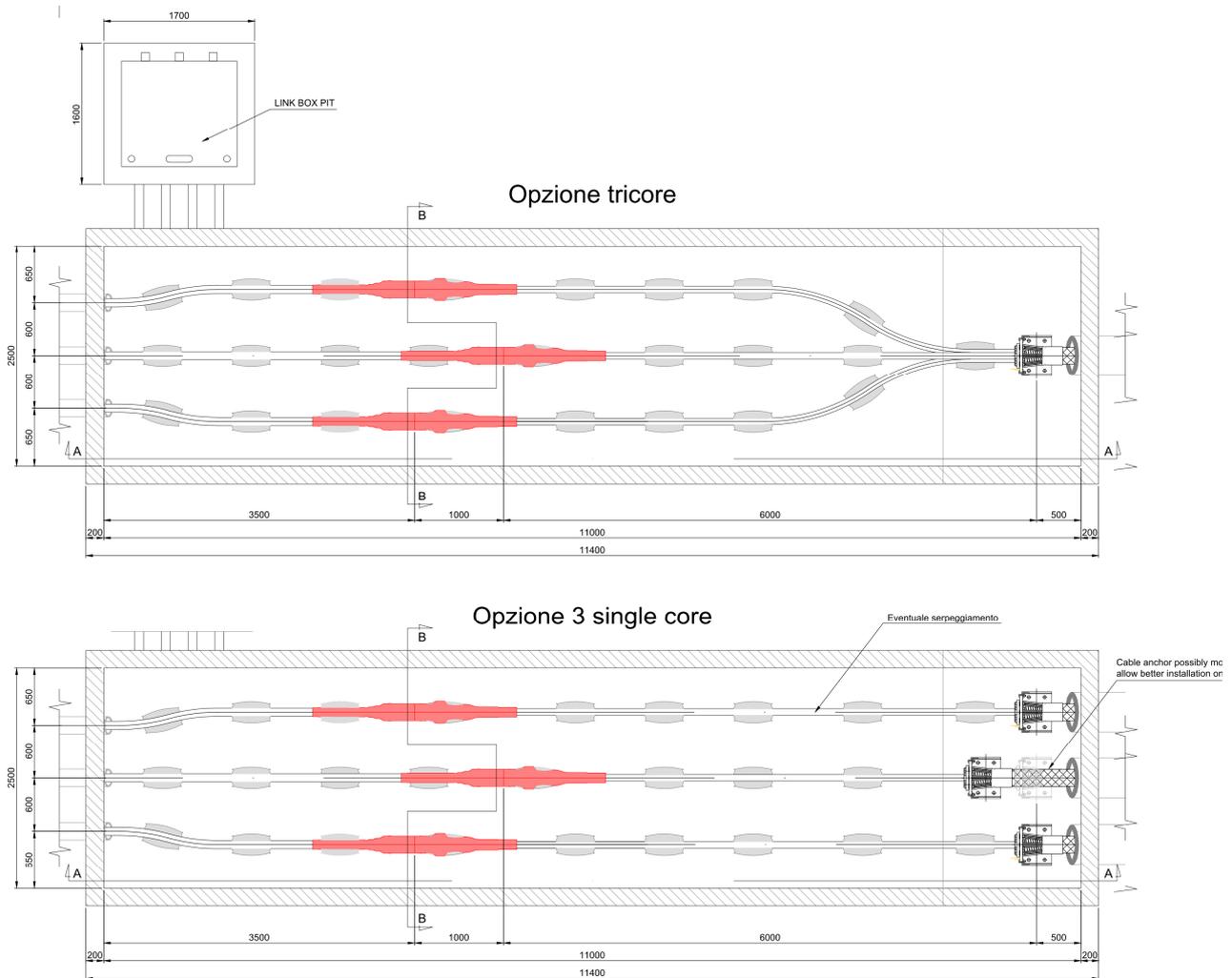
9.2.3.4 Giunti sezionati per posa direttamente in aria

Nella posa in galleria il giunto dovrà assolvere alle stesse funzioni elettriche della posa direttamente interrata. In fase di progettazione esecutiva, il fornitore dovrà dimostrare che il giunto non rappresenti un punto caldo per il sistema. In tal caso, il giunto dovrà avere un involucro esterno che consenta la dissipazione del calore, e quindi che non costituisca un punto di rischio per il sistema.

9.2.3.5 Giunti di transizione terra/acqua

Nella tratta sub-lacuale, i cavi delle due tratte terrestri dovranno essere giuntati al cavo sub-lacuale. I giunti dovranno permettere la giunzione di cavi con differenze degli spessori e dei diametri di ciascun strato. La progettazione dei cavi e degli accessori dovrà essere fatta in stretto coordinamento, al fine di evitare differenze troppo marcate, in particolare sul diametro sopra l'isolante.

Il giunto di transizione dovrà essere di tipo sezionato, in modo che le guaine metalliche siano elettricamente isolate.



Esempio tipico buca giunti terra/acqua

9.2.4 PROGETTO DELL'INSTALLAZIONE

Per definire le modalità di installazione, ovvero le sezioni di posa e le metodologie di tiro, si è tenuto conto di diversi aspetti:

Aspetti termici	Influenza della posa sulla portata di corrente.
Aspetti elettrici	Tensioni indotte massime sulle guaine.
Aspetti meccanici	Rispetto dei tiri massimi sul cavo.
Aspetti logistici	Accesso all'area di cantiere.



Considerando tutti questi aspetti sono state definite delle modalità di posa riassunte nel seguito.

Posa direttamente interrata	Cavi interrati in trincea. Cavi in piano – S = 350mm. Profondità al fondo dei cavi – H = 1500mm
Posa sub-lacuale	Cavi appoggiati al fondo del lago Distanza interassiale – S = 50m
Posa in galleria	Cavi in cunicolo dedicato. Cavi in piano – S = 350mm.

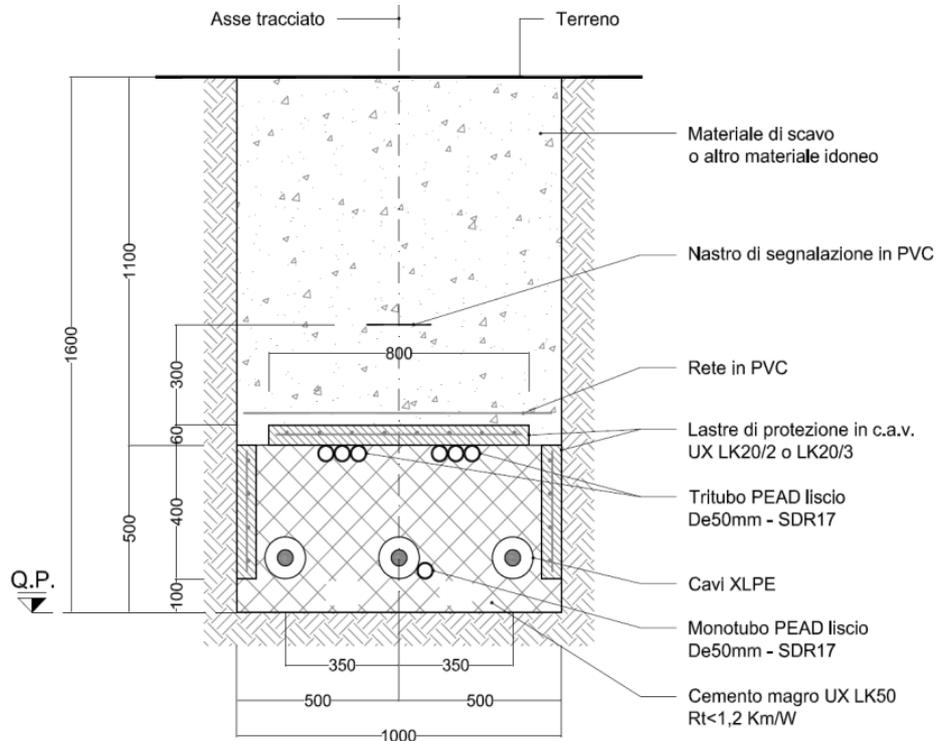
9.2.4.1 Posa direttamente interrata

È stata prevista una posa in trincea con i cavi disposti in piano, con distanza interassiale di 350mm e profondità di posa al piano di appoggio dei cavi di 1.5m. Questa tipologia di posa dovrà essere mantenuta lungo tutto il percorso dei cavi.

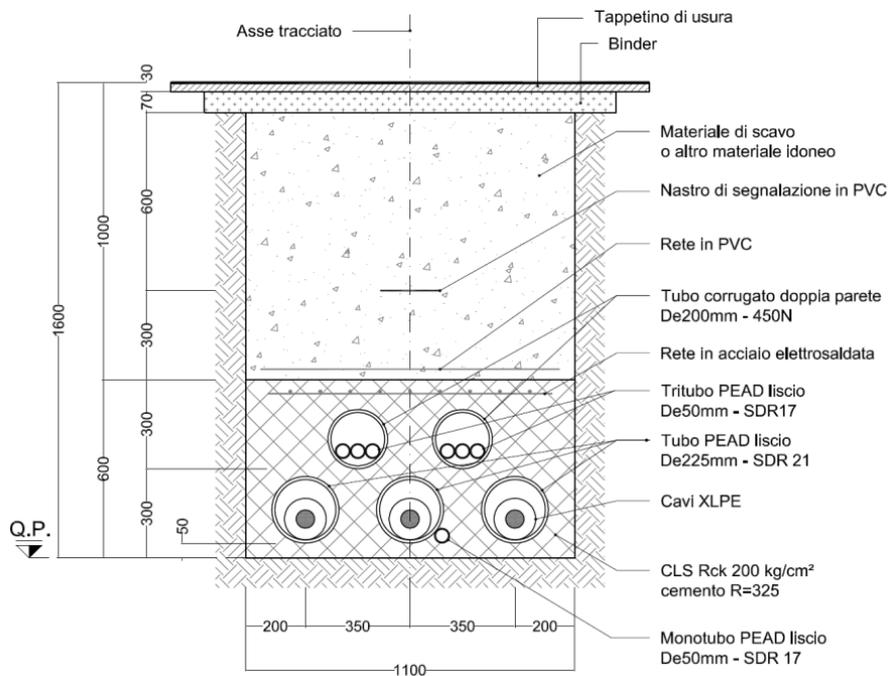
La lunghezza delle pezzature, e le relative posizioni delle buche giunti sono state determinate al fine di rendere possibile la posa entro i limiti del tiro massimo sul conduttore e di avere accesso alla zona di cantiere con bobine di dimensioni e peso contenute.

Lo sforzo di tiro verrà applicato direttamente sul conduttore. In fase di progettazione esecutiva potrà essere valutata la necessità di sussidi al tiro, come l'impiego di rulli motorizzati e caterpillar, nel rispetto dei limiti di pressione radiale massima per il cavo.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità stimata mediamente in 1,6 m con disposizione delle fasi in piano. I cavi verranno alloggiati in un bauletto di cemento "mortar" di resistività termica controllata. I conduttori verranno posati in tubiere. Negli stessi scavi, al di sopra dei conduttori e a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, saranno posati cavi con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. I cavi saranno segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, mentre all'interno del bauletto è prevista una rete metallica. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto secondo le eventuali prescrizioni dell'ente proprietario della strada.



Posa in terreno agricolo – cavo 245 kV e 420 kV in piano



NOTA: le tubazioni rappresentate in figura sono utilizzabili per cavi con diametro esterno fino a 135 mm. Per cavi AT con diametro superiore si dovranno impiegare tubazioni PEAD con diametro esterno 250 mm (idonea a contenere cavi con diametro esterno fino a 150 mm).

Posa in tubiera su strade urbane ed extraurbane – cavo 245 kV e 420 kV in piano



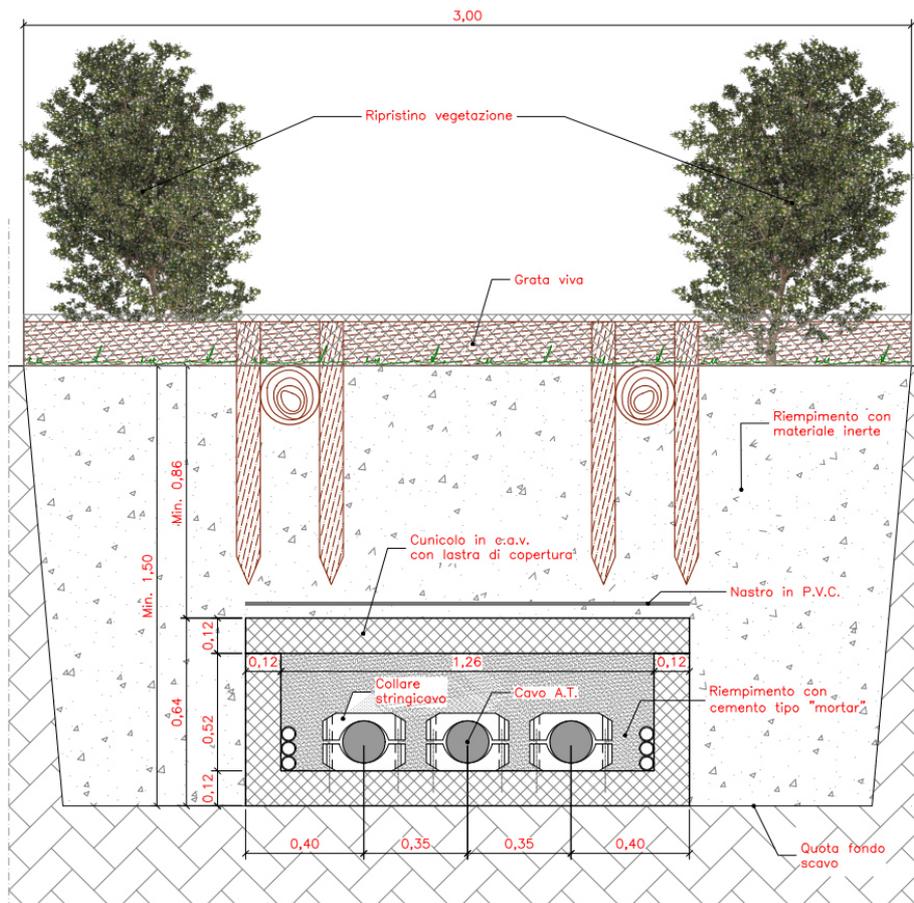
Esempio di posa in trincea



Esempio di bauletto di protezione

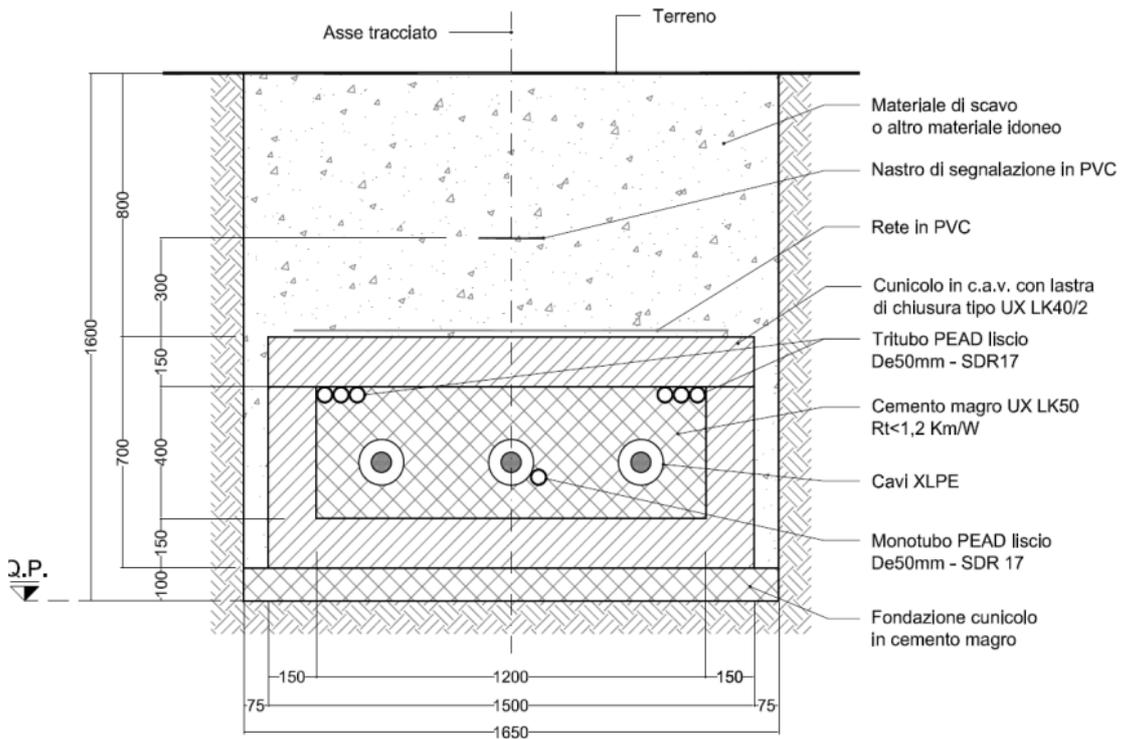
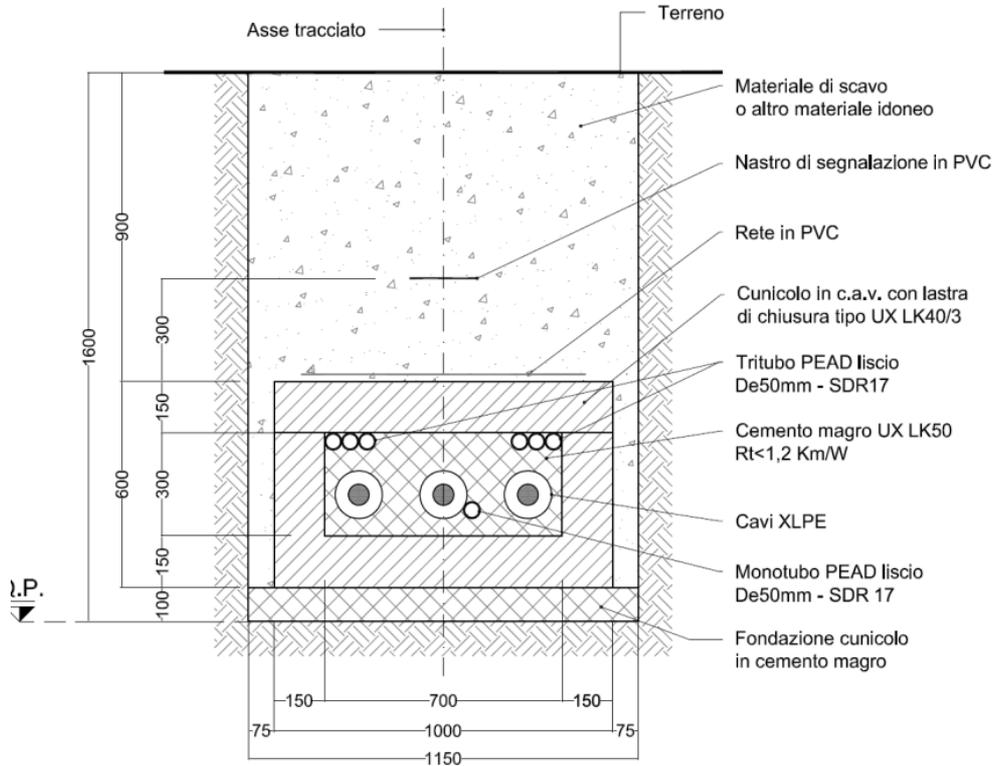


Per il tratto sul pendio nei pressi del lago, è presente una situazione di posa particolare. I cavi verranno posati e staffati con apposito collare unipolare all'interno di cunicoli prefabbricati, assieme ai tritubi per le fibre e i segnali; a completamento, il cunicolo verrà intasato all'interno con cemento tipo "mortar". A conclusione della posa, verrà ripristinato il terreno esistente mediante la realizzazione di una grata viva, intervallata da gabbioni in legno ancorati con micropali, per creare una sorta di terrazzamento naturale. A conclusione, verrà ripristinata la vegetazione con specie arbustive locali.



Posa in cunicolo staffato – sezione trasversale

Per maggiori dettagli, si rimanda alla tavola "Particolari posa in cunicolo" (cod. G929_DEF_T_006_Ut_cunicolo_1-1_REV00), e allo specifico paragrafo della presente relazione.



Posa in cunicolo in c.a. – cavo 245 kV e 420 kV in piano



9.2.4.2 Posa sub-lacuale

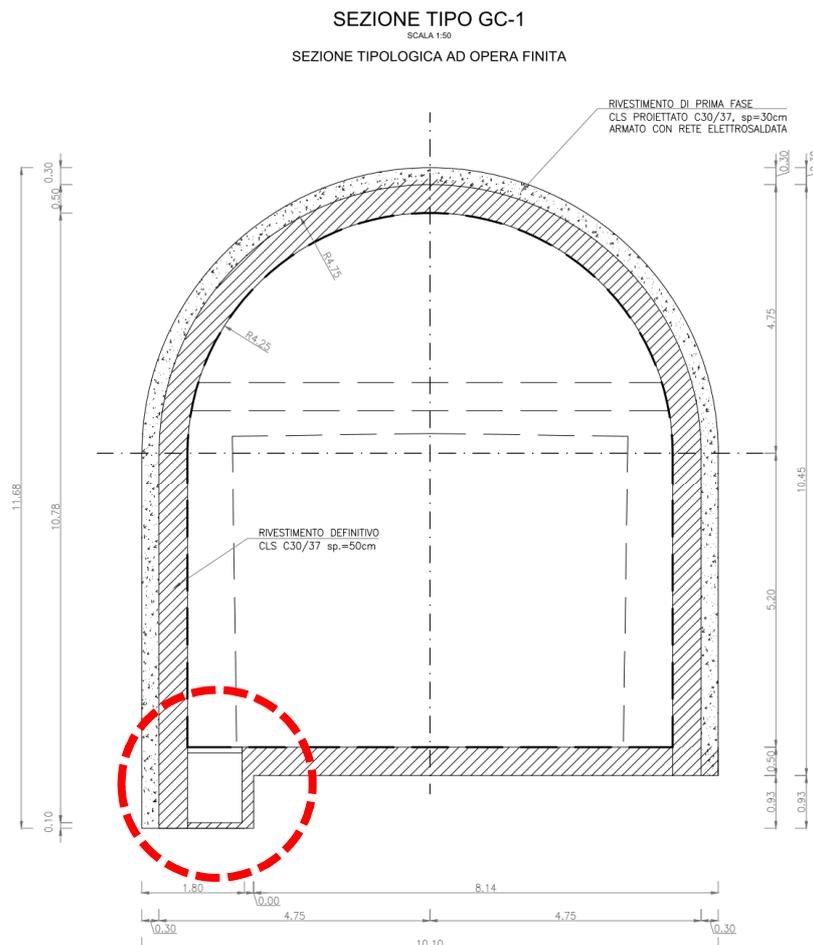
I cavi verranno adagiati sul fondo del lago, disposti in piano, con distanza interassiale di 50m. Questa distanza garantisce che la posa possa essere effettuata in sicurezza, secondo le modalità espone nel seguito. Lungo il percorso dei cavi, verranno anche installati i cavi ottici per telecomunicazioni e per il monitoraggio del sistema, posati separatamente e poi fasciati ai cavi energia.

I tre cavi unipolari di potenza verranno installati separatamente e posati lungo tracciati paralleli ad una distanza di 50m e il più possibile ortogonali alle curve batimetriche del fondale.

Non si prevede una protezione completa dei cavi tramite interrimento ma una semplice protezione in basso fondale in prossimità dell'attraversamento delle rive. La protezione consisterà di un minimo interrimento, conchigliatura e materassi in bitume/cemento.

9.2.4.3 Posa in galleria

Infine, come accennato nei paragrafi precedenti, è prevista la posa del cavo all'interno della galleria di accesso alla centrale in caverna. All'interno del tunnel, (opere non comprese nel presente progetto), è stato ricavato un cunicolo, all'interno del quale verranno posati e staffati i cavi AT. Il cunicolo sarà poi coperto da un grigliato carrabile.

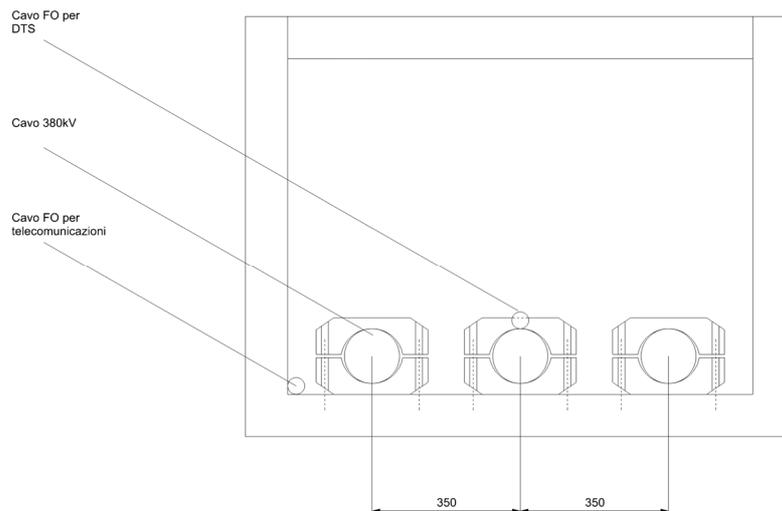


Sezione tipologica galleria di accesso alla centrale in caverna con indicato il cunicolo per i cavi AT



I cavi verranno posati all'interno di un cunicolo dedicato, e coperto con una griglia metallica che consentirà lo scambio di aria con l'ambiente esterno.

I cavi verranno fissati al fondo del cunicolo, disposti in piano con distanza interassiale di 350mm. I cavi verranno ancorati solidamente al fondo del cunicolo per mezzo di staffe unipolari posizionate ogni 1.5m.



Sezione tipica di posa per cavi in galleria all'interno di cunicolo

I giunti verranno installati in sequenza, ed in linea, al fine di mantenere ridotte le dimensioni del cunicolo e di garantire spazio sufficiente per le operazioni di montaggio.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in manufatti speciali o in tubazioni protettive, potranno essere adottate per attraversamenti specifici o in situazioni particolari.

9.2.5 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO E TERMICO

9.2.5.1 Portate di corrente

Le portate di corrente sono state verificate per ogni condizione di posa. Il conduttore risulta idonea a trasmettere la potenza apparente di 460 MVA richiesta per l'impianto.

9.2.5.2 Tensioni indotte

Durante l'esercizio della linea in cavo, verranno indotte sulle guaine metalliche delle tensioni indotte per effetto delle correnti di fase e delle correnti di corto circuito di sistema. Queste tensioni indotte saranno funzione del sistema di collegamento delle guaine, della lunghezza delle pezzature, delle correnti e della geometria della condizione di posa.

Al fine di proteggere cavi e accessori da queste tensioni indotte, è necessario eseguire una verifica del loro valore massimo, che dovrà essere inferiore ai livelli di tenuta in tensione della guaina plastica esterna del cavo, degli anelli di sezionamento di terminali e giunti, e degli scaricatori presenti all'interno delle cassette di sezionamento.

Le tensioni indotte sono state verificate per ogni tratta di posa. In condizioni di guasto, le tensioni indotte massime risultano essere inferiori a 10kV. Gli scaricatori all'interno delle cassette di sezionamento dovranno essere quindi dimensionati per questa taglia di tensione.



9.2.5.3 Sovratensioni

Nel caso di sovratensioni impulsive di origine atmosferica, le onde di tensione si propagheranno all'interno del cavo dando luogo ad onde riflesse. Nell'ipotesi che l'onda incidente proveniente dalla linea aerea abbia valore di cresta massimo pari al valore di tenuta all'impulso, la linea in cavo può considerarsi autoprotetta: la sommatoria delle onde riflesse non supera il valore di tenuta all'impulso.

Si suggerisce in ogni caso l'installazione di scaricatori di linea in corrispondenza della transizione aereo/cavo, dato che il valore economico di questi componenti è trascurabile rispetto al valore totale dell'impianto, e rende minimo il rischio di danneggiamento del sistema in cavo.

9.2.6 **SISTEMI DI MONITORAGGIO**

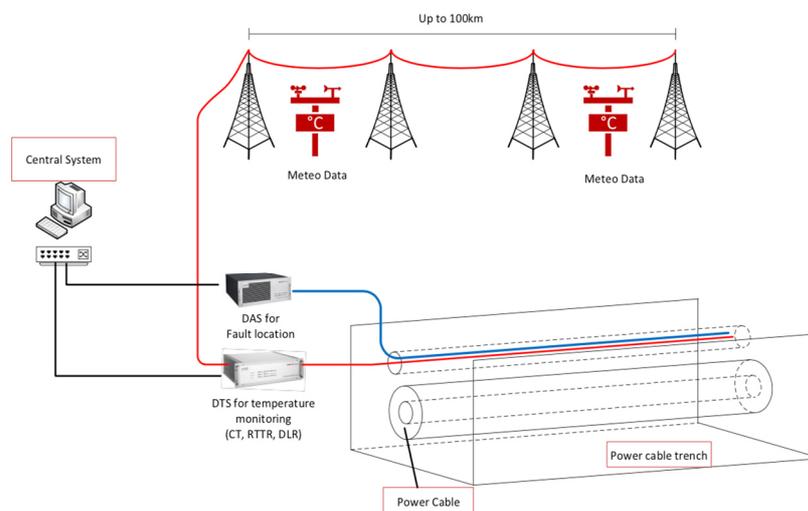
Data la criticità del collegamento, le tratte in cavo dovranno essere equipaggiate con i seguenti sistemi di monitoraggio permanenti, in grado di rilevare in tempo reale, il deterioramento delle condizioni termiche e meccaniche dei cavi durante il funzionamento. I sistemi proposti consistono in un cavo a fibra ottica posato a contatto con i cavi AT, che svolge funzioni di sensore per la temperatura e per il suono. Questi sistemi sfruttano l'analisi in frequenza della rifrazione della luce all'interno di una fibra ottica per rilevare grandezze fisiche come temperatura e suono lungo tutta la lunghezza della fibra.

9.2.6.1 Sistema di monitoraggio della temperatura

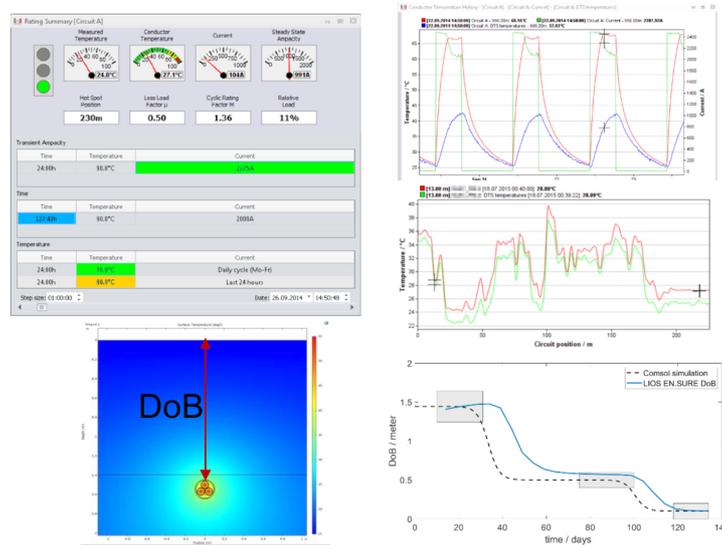
Il circuito è equipaggiato con un sistema di misura della temperatura permanente ed in tempo reale di tipo DTS (Distributed Temperature Sensing). Questo sistema usa un cavo a fibra ottica posato in prossimità dei cavi AT come sensore per la misura della temperatura lungo tutta la lunghezza del circuito.

Il sistema di basa sulle proprietà di rifrazione e riflessione della luce all'interno di una fibra ottica in funzione della temperatura. Il cavo a fibra ottica verrà terminato e collegato ad un controller, dotato di laser e opportuna strumentazione elettronica in grado di leggere il valore della temperatura, e di trasmetterlo come segnale attraverso la rete di telecomunicazioni dell'utente.

La fibra costituisce il sensore lineare continuo di temperatura e consente, tramite modellizzazione dell'ambiente circostante il cavo energia, il calcolo in tempo reale di grandezze quali tra le altre la temperatura del conduttore che può essere misurata in pochi minuti raggiungendo elevati livelli di accuratezza. In aggiunta, il sistema è anche in grado di determinare eventuali variazioni della profondità di posa, soprattutto per le parti interrate della tratta sub-lacuale.



Esempio di sistema per monitoraggio della sezione in cavo tramite DTS/DAS per cavi interrati o sotto acqua

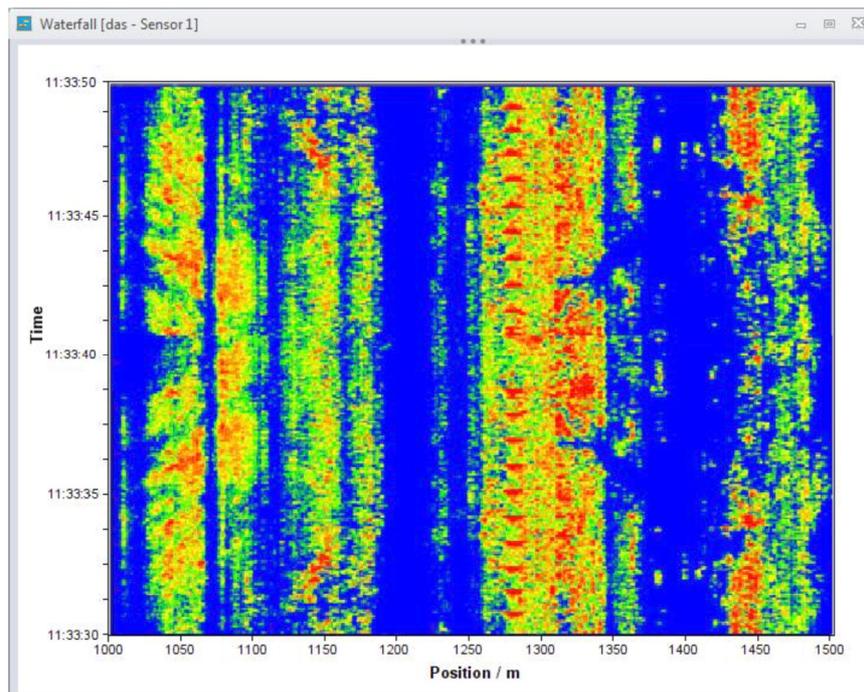


Esempio di visualizzazione dei profili della temperatura lungo il tracciato dei cavi, in funzione del tempo, e della profondità di posa (DoB)

9.2.6.2 Sistema di monitoraggio di danneggiamenti esterni

Il circuito è equipaggiato con un sistema di misura della temperatura permanente ed in tempo reale di tipo DAS (Distributed Acoustic Sensing). La rilevazione del suono in prossimità dei cavi, consente di rilevare in tempo reale possibili scavi in prossimità degli stessi nella parte terrestre, o variazioni del fondo del lago, sia naturali che esterne, che possono danneggiare o modificare l'assetto dei cavi.

La rilevazione di situazioni che possono degenerare in un danno esterno dei cavi, consente il pronto intervento per l'ispezione dell'elettrodotto al fine di garantire interventi programmati con il minimo fuori servizio della linea.



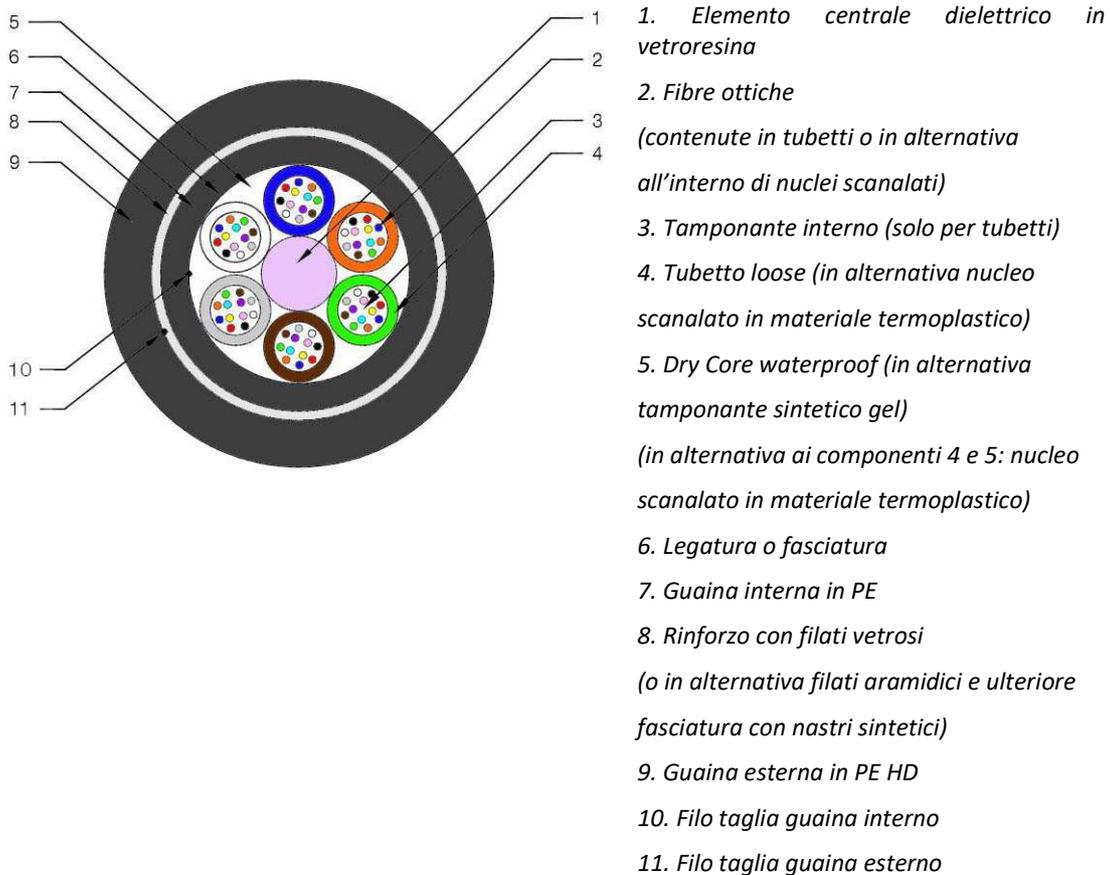
Esempio di visualizzazione delle attività sul fondale lungo il tracciato dei cavi tramite DAS



9.2.6.3 Sistemi di telecomunicazione

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

Esso sarà costituito da un cavo con 48 fibre ottiche, illustrato nella figura seguente:



Numero fibre	12 fibre x n. 4 tubetti
Diametro esterno	13 mm
Peso cavo	0,13 kg/m

9.2.7 **INSTALLAZIONE DEL SISTEMA**

9.2.7.1 Installazione delle tratte terrestri

Durante la posa, i cavi verranno tirati applicando lo sforzo di tiro direttamente sul conduttore. Per agevolare la posa, i cavi verranno adagiati su rulli, che consentiranno di diminuire l'attrito, ed evitare danneggiamento



meccanico dei cavi. Le sollecitazioni meccaniche dei cavi dovranno essere valutate in fase di progettazione esecutiva nel rispetto dei seguenti parametri:

Raggio minimo di curvatura		
<i>Durante la posa (condizioni dinamiche)</i>	3.500	mm
Tiro massimo applicabile sul conduttore	58	kN
Massima forza radiale	10	kN/m

9.2.7.2 Installazione della tratta sub-lacuale

9.2.7.2.1 Generalità

Le bobine di cavo dovranno essere caricate su pontoni galleggianti nelle zone limitrofe al tracciato di posa e rimorchiate verso il punto di approdo (sponda Est).

La posa dovrà essere preparata allestendo dei campi-boe lungo il percorso dei cavi, posizionando dei pesi sul fondo del lago a cui potersi agganciare per il tiro, in modo da avere due punti di tiro ad intervalli regolari, lungo tutto il percorso. Il cavo verrà adagiato sul fondo del lago partendo dalla sponda Est, e poi svolto tirando il pontone galleggiante su cui è fissata la bobina, fino al raggiungimento della sponda Ovest.

9.2.7.2.2 Fasi operative

La posa dei cavi avverrà attraverso le seguenti fasi operative:

- Trasporto ed assemblaggio pontone e attrezzature
- Realizzazione campo boe per ormeggio
- Imbarco bobine di cavo
- Posa cavi
- Smontaggio e demobilizzazione mezzi e attrezzature

9.2.7.2.2.1 Trasporto ed assemblaggio pontone e attrezzature

Il trasporto dei natanti e delle attrezzature sarà eseguito con l'impiego di camion. Le attrezzature all'arrivo saranno assemblate in loco con assistenza di una gru carrata. In particolare, il pontone galleggiante verrà assemblato in loco, con l'unione di moduli galleggianti come indicato nelle seguenti immagini.



Trasporto dei moduli galleggianti



Movimentazione dei moduli galleggianti



Assemblaggio dei moduli galleggianti

9.2.7.2.2 Realizzazione campo boe per ormeggio

Per poter garantire al pontone di posa di avanzare lungo una traiettoria prestabilita, sarà necessaria la realizzazione di un campo boe collegate a corpi morti posizionati sul fondo del lago. Il campo boe consentirà di ancorare il pontone galleggiante in quattro punti, in modo da permetterne il posizionamento e l'avanzamento lungo l'asse di tiro. Verranno posizionati dei corpi morti per il tonneggio e dei corpi morti per il tiro "avanzamento" del natante.

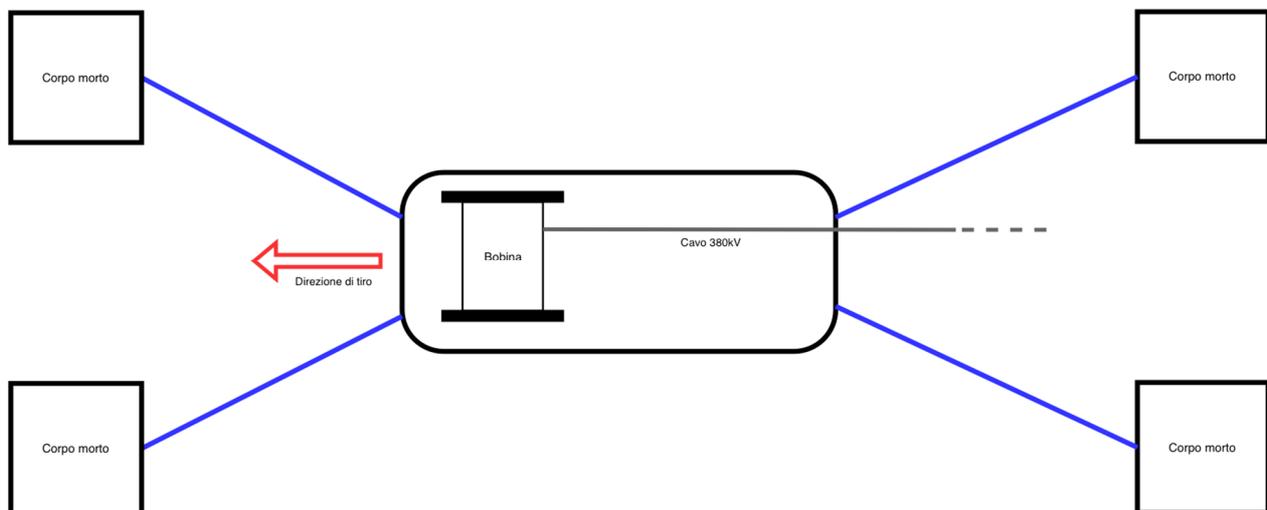
Il pontone sarà provvisto di n°4 argani con funi in polipropilene o metalliche sui 4 angoli, e avanzerà mantenendo la traiettoria richiesta ammainando e tirando contemporaneamente le due funi posizionate a poppa e le due funi di prua.

Il numero e la posizione dei corpi morti lungo la traiettoria di tiro verranno decisi in base alla linea di posa e all'avanzamento giornaliero.

9.2.7.2.2.3 Imbarco bobina di cavo

Al completamento dell'assemblaggio del pontone galleggiante e del campo boe, verrà imbarcata la bobina sul pontone, per poi essere trainato verso la zona di posa.

L'imbarco della bobina avverrà mediante l'impiego di gru a funi carrate. La bobina verrà posizionata all'interno del "porta bobine" già saldato alla coperta del pontone galleggiante. Il porta-bobine permetterà alla bobina di ruotare, rilasciando il cavo con la stessa velocità di avanzamento del pontone di posa.



Schematizzazione del posizionamento del pontone tramite campo boe

9.2.7.2.2.4 Posa cavi

Una volta completato il carico del cavo a bordo il natante di posa si dirigerà, con impiego del rimorchiatore/spintore verso il punto di partenza lungo il tracciato, attualmente ipotizzato nei pressi della zona di approdo ad Est del lago. In questa posizione, la cima del cavo verrà tirata per raggiungere il punto di partenza (approdo) in corrispondenza della buca giunti.

Una volta completato il tiro del cavo a terra, quest'ultimo sarà ancorato in modo da evitare che lo stesso scivoli verso il lago quando inizieranno le operazioni di stesa in acqua.

Terminata la messa in sicurezza del cavo a terra inizieranno le operazioni di posa.

L'argano di tiro verrà posizionato sulla coperta del natante di posa, sul lato opposto al punto di stesa del cavo (settore di posa) e verrà sistemato in posizione fissa. La fune metallica di tiro sarà assicurata sul lato opposto ad un corpo morto affondato sul fondo del lago.

La velocità di posa e l'avanzamento del convoglio avverrà mediante il recupero della fune metallica di tiro da parte del dell'argano.



Vista del cavo di tiro per avanzamento del pontone di posa



Particolare dell'argano di tiro

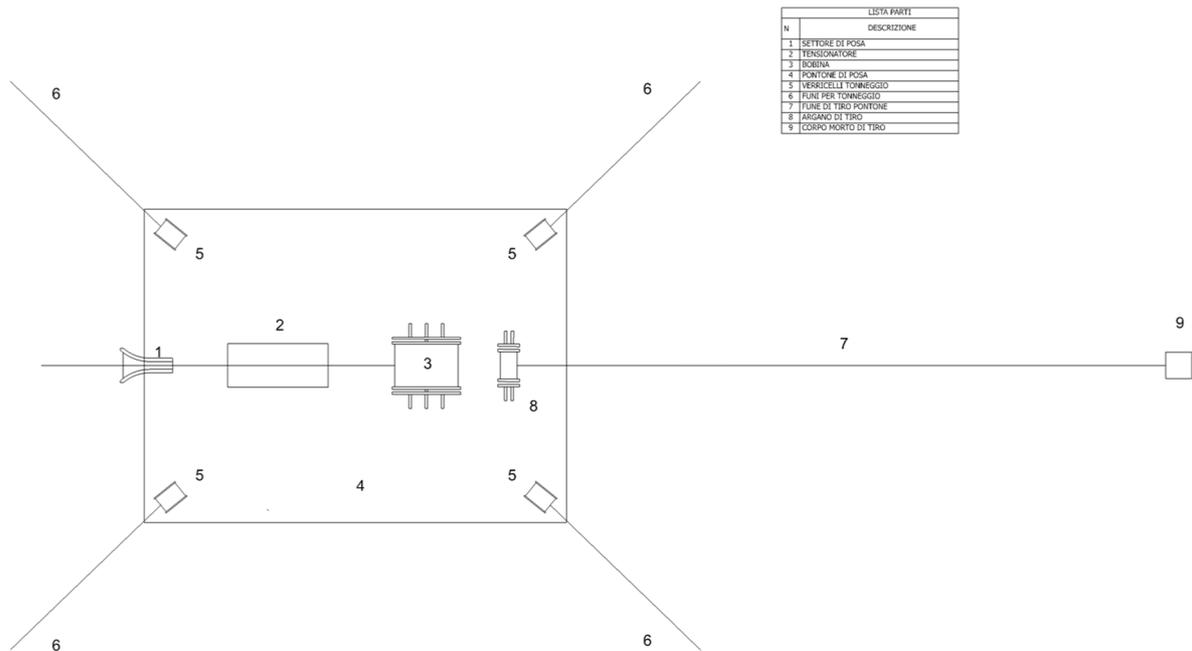
Completato il recupero dell'intera fune di tiro, si procederà con l'assicurare le funi di tonteggio ai corpi morti successivi, all'allungamento della fune di tiro e relativo fissaggio ad altro corpo morto in modo da poter procedere con l'avanzamento del natante di posa.

Per assicurare la posa in sicurezza del cavo, la linea di posa sul pontone sarà organizzata come segue:

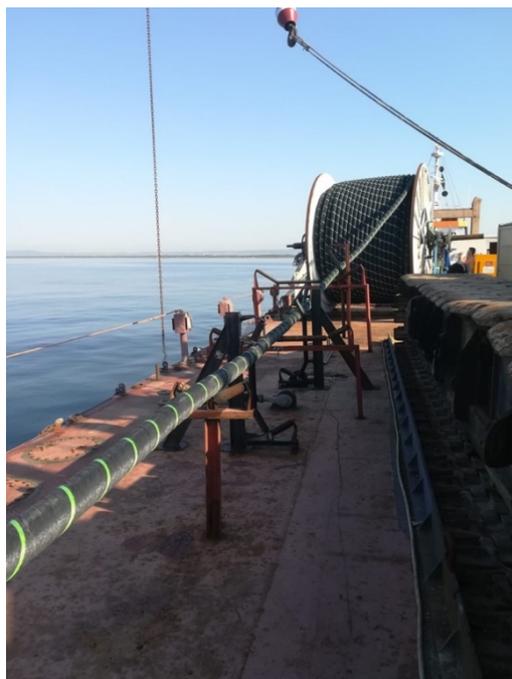
- sulla coperta del pontone in linea con la bobina, verrà posizionato il tensionatore e il settore di posa. Quest'ultimo sarà posizionato a prua del natante e garantirà lo scivolamento del cavo evitando abrasioni o danneggiamenti dovuti allo strofinamento con la coperta del pontone.



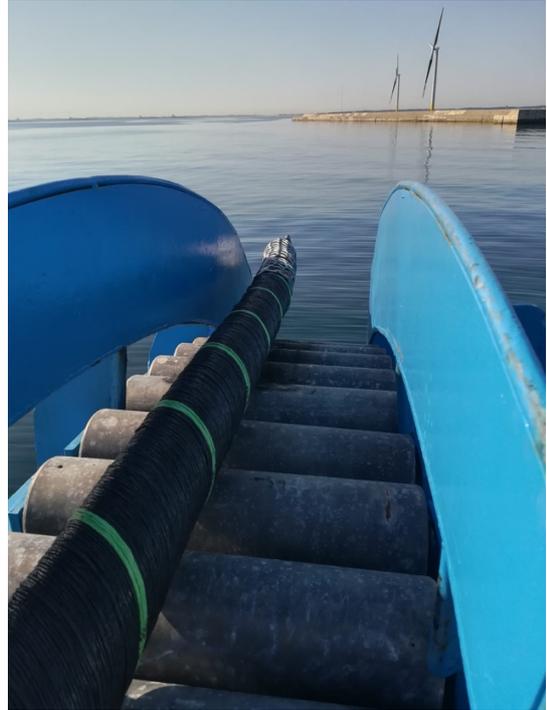
- Lungo tutto il tragitto dalla bobina al settore di posa verrà posizionata una via rulli per facilitare lo scorrimento del cavo ed evitare danneggiamenti.



Disposizione delle attrezzature di posa e tiro sul pontone



Particolare della bobina e della via rulli



Particolari del settore di posa



Particolare del tensionatore



Durante la posa, il peso del cavo sarà sostenuto dall'armatura a fili di rame in combinazione con il conduttore. Alla fine della posa, l'armatura verrà ancorata alle estremità in corrispondenza degli approdi.

In questa fase non è previsto l'interro dei cavi, o la loro copertura se non nei tratti iniziali in corrispondenza dell'attraversamento delle rive, ipotizzando l'assenza di correnti e il limitato traffico navale, rappresentato esclusivamente da barche di piccolo cabotaggio e da un battello turistico, che possa causare dei danni al cavo durante l'esercizio.

9.2.7.2.5 *Smontaggio e demobilizzazione mezzi e attrezzature*

Alla fine delle operazioni di posa, il pontone galleggiante verrà riportato alla zona di assemblaggio, per essere smontato recuperando le attrezzature di posa.

9.2.7.2.3 Mezzi ed attrezzature

9.2.7.2.3.1 *Pontone galleggiante composto da moduli trasportabili*

La dimensione del pontone dovrà essere calcolata in base ai carichi in coperta da trasportare, si prevede di impiegare un pontone con dimensione di almeno 24 x 18 x 2 m.



Esempio di pontone galleggiante

9.2.7.2.3.2 *Rimorchiatore/Spintore trasportabile*

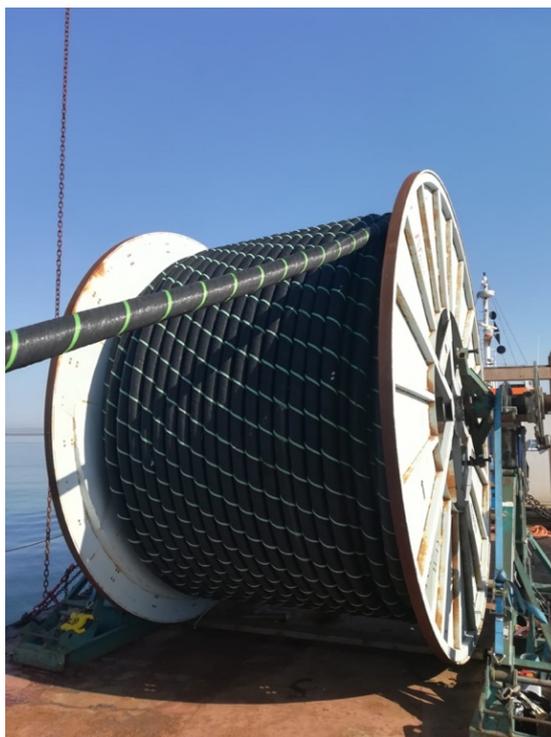
Per movimentare il pontone galleggiante dalla zona di assemblaggio alla zona di posa, si farà uso di un rimorchiatore/spingitore.



Esempio di rimorchiatore/spingitore trasportabile

9.2.7.2.3.3 Supporto porta-bobine

Sul pontone galleggiante verrà installato un supporto porta bobine, per il posizionamento della bobina nella corretta posizione di posa.



Porta-bobine su pontone galleggiante



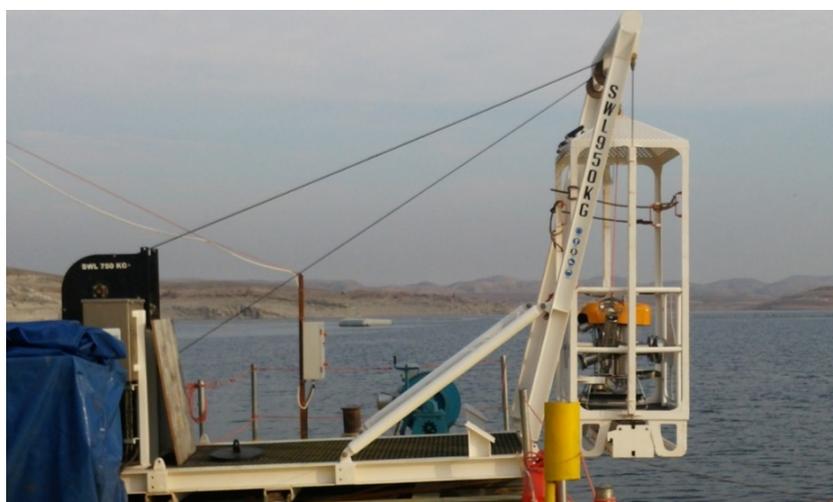
9.2.7.2.3.4 *Gru per sollevamento e movimentazione bobine e attrezzature*

La bobina di cavo dovrà avere dimensioni e pesi considerevoli. Per la movimentazione della stessa, saranno necessarie attrezzature di sollevamento pesi di adeguata taglia, assicurandosi che sia presente una via carrabile adatta ai trasporti eccezionali. La posizione della zona di assemblaggio e carico dovrà essere stabilita anche in funzione della disponibilità della via di accesso delle gru.



9.2.7.2.3.5 *Attrezzature per operazioni subacquee*

Al fine di permettere al personale sommozzatore di accedere alla zona di tiro, si dovranno approntare le necessarie attrezzature ed equipaggiamento, come motoscafi, sistema per salita/discesa in acqua, control room, ecc.



Sistema LARS per discesa e risalita sommozzatori



Attrezzatura per immersione e control room

9.3 PROVE E COLLAUDI

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

In particolare, la prova di tensione dell'isolamento principale può essere eseguita secondo due modalità:

- Prova alla tensione nominale per 24h (soak test)
- Prova alla tensione di 260kV per 1h

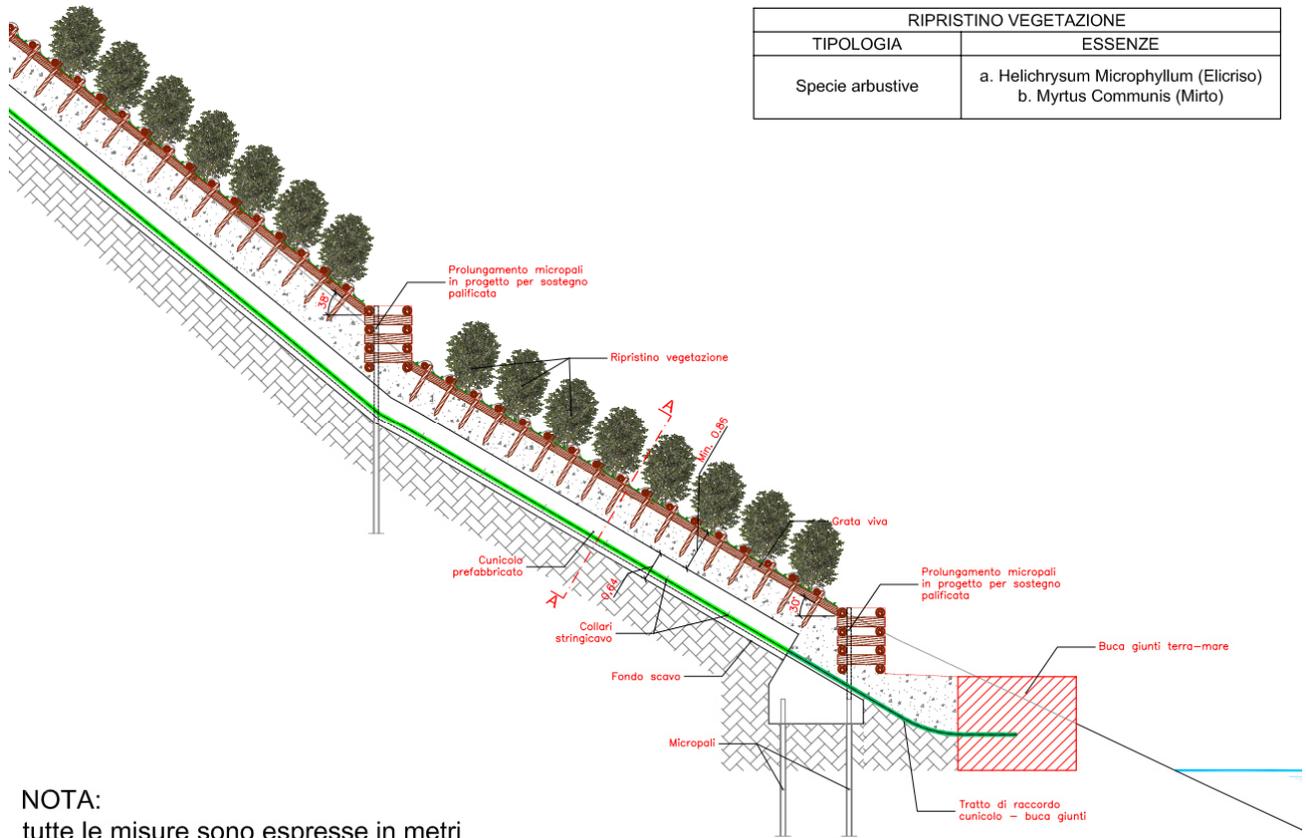
Nel primo caso, la tensione verrà applicata lato utente o lato rete, inserendo in linea il circuito in cavo senza carico. Nel secondo caso, la tensione verrà applicata per mezzo di generatori risonanti mobili che dovranno essere portati nell'area di cantiere e collegati ai terminali per esterno nella stazione di transizione aria/cavo.

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

9.4 RIPRISTINI AMBIENTALI PER LA POSA IN CUNICOLO

La tratta prevista con posa in cunicolo (scarpata tra l'ultimo tornante della strada di servizi e accesso alla sponda Ovest del lago e la spiaggia del lago), passa in una area attualmente boscata e con arbusti di taglia da piccola a medio – grande. Al fine di inserire al meglio dal punto di vista paesaggistico e ambientale questo tipo di posa, sono previsti interventi di ripristino della vegetazione esistente, che consistono nella realizzazione di un sistema di graticciate e muretti in legname sostenuti da micropali, per permettere la messa a dimora di specie arbustive lungo la fascia interessata dalla posa del cavo interrato.

Di seguito si riporta un estratto (non in scala) dello schema previsto per i ripristini appena descritti. Per ulteriori dettagli si rimanda alla tavola "Particolari posa cunicolo" (cod. G929_DEF_T_006_Ut_cunicolo_1-1_REV00).



NOTA:
tutte le misure sono espresse in metri

Profilo per il ripristino ambientale del tratto di posa in cunicolo – estratto non in scala



10 RUMORE

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

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

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

Gli elettrodotti in cavo interrato non costituiscono fonte di rumore. La situazione attuale rimarrà pertanto invariata.



11 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE

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

- “Relazione geologica preliminare” (cod. G929_DEF_R_029_Ut_rel_geo_prel_1-1_REV00);
- “Carta geologica-litologica” (cod. G929_DEF_T_030_Ut_carta_geo_lito_X-2_REV00);
- “Carta della dinamica geomorfologica (PAI)” (cod. G929_DEF_T_031_Ut_carta_din_geomorf (PAI)_X-2_REV00).



12 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il piano di gestione delle terre e rocce da scavo è riportato nell'elaborato "Piano preliminare gestione TRS" (cod. G929_DEF_R_032_Ut_piano_prel_TRS_1-1_REV00).



13 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

13.1 SINTESI NORMATIVA

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti).

Il 12/07/1999 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente, nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla UE di continuare ad adottare tali linee guida.

Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia, attraverso la Legge Quadro 36/2001 che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- Limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- Valore di attenzione come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- Obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

La Legge Quadro 36/2001, come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12/07/1999 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge quadro è stato infatti emanato il DPCM 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", che è stato utilizzato a riferimento per la presente analisi tecnica.

I parametri di riferimento adottati nella progettazione sono stati precisamente:

- Limite di esposizione: tale limite, inteso come valore efficace, e pari a:
- 100 μ T per l'induzione magnetica;
- 5 kV/m per il campo elettrico;

non deve essere mai superato.

- Obiettivo di qualità: tale valore, inteso come valore efficace, e pari a:
 - 3 μ T per l'induzione magnetica;

è da considerare nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore, ai fini della



progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz.

- Fascia di rispetto: si intende lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. La Legge 22/02/2001, n°36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", stabilisce che lo Stato esercita le funzioni relative: "... alla determinazione dei parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti; all'interno di tali fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore". Il decreto attuativo della Legge n°36, DPCM 08/07/2003, stabilisce all'Art. 6- Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti: ". Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti". La norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" fornisce una metodologia generale per il calcolo dell'ampiezza delle fasce di rispetto degli elettrodotti, in riferimento all'obiettivo di qualità di 3 μ T e alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto dichiarata dal gestore. Tale metodologia è stata definitivamente approvata dal Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29/05/2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti". Dopo alcuni mesi dalla pubblicazione di questi decreti si è reso necessario il chiarimento di alcuni aspetti. A tale scopo l'ISPRa (ex APAT) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ha istituito dei tavoli tecnici che hanno elaborato un documento ("Disposizioni Integrative/Interpretative - Vers. 7.4") con l'obiettivo di andare incontro a tale necessità, fornendo alcune delucidazioni e suggerimenti sugli aspetti normativi ed applicativi.

E' infine opportuno osservare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata, sull'intero territorio nazionale, esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal DPCM 08/07/2003 al quale soltanto può farsi utile riferimento. In tal senso, con sentenza n.307 del 07/10/2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione¹. Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in melius.

¹ Nella sentenza (pagg. 51 e segg.) si legge testualmente:

"L'esame di alcune delle censure proposte nei ricorsi presuppone che si risponda all'interrogativo se i valori-soglia (limiti di esposizione, valori di attenzione, obiettivi di qualità definiti come valori di campo), la cui fissazione è rimessa allo Stato, possano essere modificati dalla Regione, fissando valori-soglia più bassi, o regole più rigorose o tempi più ravvicinati per la loro adozione. La risposta richiede che si chiarisca la ratio di tale fissazione. Se essa consistesse esclusivamente nella tutela della salute dai rischi dell'inquinamento elettromagnetico, potrebbe invero essere lecito considerare ammissibile un intervento delle Regioni che stabilisse limiti più rigorosi rispetto a quelli fissati dallo Stato, in coerenza con il principio, proprio anche del diritto comunitario, che ammette deroghe alla disciplina comune, in specifici territori, con effetti di maggiore protezione dei valori tutelati (cfr. sentenze n. 382 del 1999 e n. 407 del 2002). Ma in realtà, nella specie, la fissazione di valori-soglia risponde ad una ratio più complessa e articolata. Da un lato, infatti, si tratta effettivamente di proteggere la salute della popolazione dagli effetti negativi delle emissioni elettromagnetiche (e da questo punto di vista la determinazione delle soglie deve risultare fondata sulle conoscenze scientifiche ed essere tale da non pregiudicare il valore protetto); dall'altro, si tratta di consentire, anche attraverso la



13.2 FASCE DI RISPETTO

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

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

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

13.3 CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

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

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

- “Relazione CEM” (cod. G929_DEF_R_022_Ut_rel_CEM_1-1_REV00);
- “Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione (cod. G929_DEF_T_023_Ut_coro_DPA_X-3_REV00);
-

fissazione di soglie diverse in relazione ai tipi di esposizione, ma uniformi sul territorio nazionale, e la graduazione nel tempo degli obiettivi di qualità espressi come valori di campo, la realizzazione degli impianti e delle reti rispondenti a rilevanti interessi nazionali, sottesi alle competenze concorrenti di cui all’art. 117, terzo comma, della Costituzione, come quelli che fanno capo alla distribuzione dell’energia e allo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione. Tali interessi, ancorché non resi espliciti nel dettato della legge quadro in esame, sono indubbiamente sottesi alla considerazione del “preminente interesse nazionale alla definizione di criteri unitari e di normative omogenee” che, secondo l’art. 4, comma 1, lettera a, della legge quadro, fonda l’attribuzione allo Stato della funzione di determinare detti valori-soglia. In sostanza, la fissazione a livello nazionale dei valori-soglia, non derogabili dalle Regioni nemmeno in senso più restrittivo, rappresenta il punto di equilibrio fra le esigenze contrapposte di evitare al massimo l’impatto delle emissioni elettromagnetiche, e di realizzare impianti necessari al paese, nella logica per cui la competenza delle Regioni in materia di trasporto dell’energia e di ordinamento della comunicazione è di tipo concorrente, vincolata ai principi fondamentali stabiliti dalle leggi dello Stato. Tutt’altro discorso è a farsi circa le discipline localizzative e territoriali. A questo proposito è logico che riprenda pieno vigore l’autonoma capacità delle Regioni e degli enti locali di regolare l’uso del proprio territorio, purché, ovviamente, criteri localizzativi e standard urbanistici rispettino le esigenze della pianificazione nazionale degli impianti e non siano, nel merito, tali da impedire od ostacolare ingiustificatamente l’insediamento degli stessi”.



- “Corografia di progetto su ortofoto con Distanza di Prima Approssimazione (cod. G929_DEF_T_024_Ut_coro_DPA_X-5_REV00);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione – Comune di Nurri” (cod. G929_DEF_T_025_Ut_plan_cat_DPA_Nurri_1-7_REV00);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione – Comune di Orroli” (cod. G929_DEF_T_026_Ut_plan_cat_DPA_Oorroli_1-5_REV00);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione – Comune di Esterzili” (cod. G929_DEF_T_027_Ut_plan_cat_DPA_Esterzili_1-1_REV00).



14 AREE IMPEGNATE

In merito all'attraversamento di aree da parte degli elettrodotti, si possono individuare, con riferimento al Testo Unico 327/01, le aree impegnate, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto. Tali aree, vengono di norma definite in fase di progettazione esecutiva.

Il vincolo preordinato all'asservimento coattivo (per gli elettrodotti) e all'esproprio (per l'area di transizione aereo-cavo) saranno invece apposti sulle "Aree Potenzialmente Impegnate" (previste dalla Legge 239/2004). L'estensione delle aree potenzialmente impegnate sarà mediamente di circa:

- 50 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 380 kV in semplice terna.
- 10 m dall'asse linea per parte per elettrodotti in cavo interrato a 380 kV in semplice terna e fino a 20 m per i tratti di cavo con curvatura, modalità di posa in TOC e per le buche giunti;
- 10 m dall'asse linea per parte per elettrodotti in cavo sub-lacuale a 380 kV in semplice terna.

L'area potenzialmente impegnata del tratto di cavo compreso tra la buca giunti 10 (acqua/terra) sulla sponda est del lago e l'arrivo in stazione utente non è stata individuata nel presente PTO in quanto l'opera è considerata parte integrante dell'impianto di pompaggio, e pertanto si rimanda al relativo progetto per la sovrapposizione con la planimetria catastale.

Al fine di poter garantire la corretta esecuzione dei lavori, sono state inoltre individuate le aree destinate ad essere occupate temporaneamente ai sensi dell'art. 49 del D.P.R. 327/10; dette aree interessano in particolar modo le piste di accesso alle aree di cantiere degli elettrodotti e le superfici necessari al cantiere per la realizzazione della stazione elettrica.

Le planimetrie catastali allegate al presente PTO in scala 1:2000 riportano graficamente l'asse dei tracciati con il posizionamento dei sostegni e la fascia costituente l'Area Potenzialmente Impegnata sulla quali sarà apposto il vincolo preordinato all'imposizione della servitù di elettrodotto.

In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà alla delimitazione delle aree effettivamente impegnate, con conseguente riduzione delle porzioni di territorio soggette a vincolo preordinato all'esproprio e all'imposizione in via coattiva della servitù di elettrodotto.

I proprietari dei terreni interessati dalle Aree Potenzialmente Impegnate o destinate ad essere occupate temporaneamente (ed aventi causa delle stesse) e relativi numeri di foglio e particella sono riportati, come desunti dal catasto, nell'elenco incluso nell'elaborato "Elenco dei beni soggetti all'apposizione del vincolo preordinato all'asservimento coattivo o all'esproprio" (cod. G929_DEF_E_010_Ut_elenco_beni_1-3_REV00).



GEOTECH S.r.l.

Sede : via T. Nani, 7 23017 Morbegno (SO) Tel 0342 6107 74 – mail: info@geotech-srl.it – Sito web: www.geotech-srl.it

15 SICUREZZA NEI CANTIERI

Si faccia riferimento al capitolo 15 della “Relazione tecnica generale” (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV00).



GEOTECH S.r.l.

Sede : via T. Nani, 7 23017 Morbegno (SO) Tel 0342 6107 74 – mail: info@geotech-srl.it – Sito web: www.geotech-srl.it

16 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si faccia riferimento al capitolo 16 della “Relazione tecnica generale” (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV00).



NOTA A MARGINE

Con la nuova riforma degli enti locali sardi del 2021 (Legge regionale 12 aprile 2021, n. 7 – Buras N.24 del 15 aprile 2021), la provincia del Sud Sardegna è in via di soppressione a favore delle istituende province del Medio Campidano e del Sulcis Iglesiente.

La città metropolitana di Cagliari andrà a gestire il restante territorio del Sud Sardegna.

I Comuni interessati direttamente dagli interventi sono:

- Nurri, Orroli, e Esterzili ricadenti nella Istitueda Città Metropolitana di Cagliari (Ex Provincia Sud Sardegna)

Si sottolinea che all'interno degli elaborati cartografici e testuali prodotti può talvolta trovarsi, come riferimento amministrativo, una indicazione alla Provincia Sud Sardegna (oggi ex Provincia Sud Sardegna). Tali riferimenti sono frutto di analisi effettuate su dati istituzionali che non hanno ancora avuto modo di allinearsi con le recenti riforme amministrative (Come ad esempio i dati cartografici dei confini amministrativi pubblicati sul geoportale regionale istituzionale).